

Diş Çürüklerinin Erken Teşhisi ve Teşhiste Yeni Yöntemler: QLF, Diagnodent, Elektriksel İletkenlik ve Ultrasonik Sistem

Early Diagnosis of Dental Caries and New Diagnostic Methods: QLF, Diagnodent, Electrical Conductance and Ultrasonic System

Bora KORKUT

Dilek Arslantunalı TAĞTEKİN

Funda Çalışkan YANIKOĞLU

Marmara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Diş Hastalıkları ve Tedavisi AD, İSTANBUL

Özet

Minimal invaziv yaklaşım günümüz diş hekimliğinde giderek önem kazanmaktadır. Bunu başarmanın yolu da erken teşhisten geçer. Diş hekimliğinde; zamanında, kesin ve doğru yapılan bir teşhis, başarılı bir tedavi uygulamasının ilk adımınıdır. Günümüzde minimal invaziv yaklaşım çerçevesinde, çürük riski altındaki bireylerde, enfeksiyon durdurularak çürük kavitesi olmayan demineralize mine ve dentin dokularının remineralizasyonunun sağlanması, bunların zamanla kontrol edilerek gereken önlemlerin alınması amaçlanmaktadır. Bu durumun gerçekleşebilmesi, ancak lezyonların kavite oluşmadan önce tanısı mümkün olduğunda söz konusu olabilir. Bu amaçla günümüzde kullanılan ve yeni gelişen birçok diagnostik yöntem vardır. Bu derlemede, diagnostik yöntemlerden; lazer floresans prensibine dayanan QLF ve DIAGNodent, elektriksel iletkenlik prensibine dayanan ECM ve ultrasonik sistemden bahsedilmektedir. Bu sistemlerle ilgili yapılmış çeşitli çalışmalar ve sonuçları karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Anahtar sözcükler: QLF, Diagnodent, ECM, Ultrasonik Sistem

Abstract

Minimal invasive therapy has been becoming more important day by day in dentistry. To achieve that, an early diagnosis must be made. In minimal invasive therapy the aim for the patients that have caries potential is; stopping the infection and providing the demineralized enamel and dentin tissues, that have no cavities, to be remineralized and preventing those tissues by controlling them periodically. That can only be achieved by diagnosing them before the cavities form. In order to do that, many diagnostic methods are being used and some new methods are being studied. The review is about some of those diagnostic methods that are; QLF and DIAGNodent that depend on the laser fluorescence principle, ECM that depends on the electrical conductance principle and ultrasonic system. Some studies about the methods and the results of them are given comparatively.

Keywords: QLF, DIAGNodent, ECM, Ultrasonic System

Minimal invaziv yaklaşım günümüz diş hekimliğinde giderek önem kazanmaktadır. Bu yaklaşım çürük kavitesi bulunmayan demineralize mine ve dentin dokularının maksimum düzeyde korunması ilkesi üzerine kuruludur. Bu amaçla çürük riski altındaki bireylerde demineralize lezyonlar kontrol edilerek zaman içerisinde gereken önlemler alınmalıdır. Bu nedenle de lezyonların kavite oluşturmadan önce tanılarının konması önemlidir. Klinik olarak çürük diagnozu, çürüğün belirlenmesi, riskin belirlenmesi, koruyucu stratejilerin belirlenmesi gibi kavramları içinde barındıran ve

kliniğe karar verebilmeyi kolaylaştıran önemli bir anahtardır.¹

Diş hekimliğinde; zamanında, kesin ve doğru yapılan bir tanı başarılı bir tedavi uygulamasının ilk adımınıdır. Pitts 1997 yılında çürük diagnozunda ideal metodun; non-invaziv, basit, güvenilir, geçerli, sensitif (hastalıklıyı doğru teşhis edebilme) ve spesifik (sağlıklıyı doğru tespit edebilme), olması gerektiğini bildirmiştir.²

Konservatif diş tedavisinde, "minimal madde kaybı maksimum restorasyon" görüşü bugün bir adım daha ileri giderek yerini "minimal invaziv

tedaviye" bırakmıştır. Koruyucu diş hekimliği; çürük diağnozunu, diş çürüğü profilaksisini ve başlangıç çürüklerinin mikroskobik düzeyde tedavi edilmesini kapsar. Günümüzde minimal invaziv yaklaşım çerçevesinde, çürük riski altındaki bireylerde, enfeksiyon durdurularak çürük kavitesi olmayan demineralize mine ve dentin dokularının remineralizasyonunun sağlanması, bunların zamanla kontrol edilerek gereken önlemlerin alınması amaçlanmaktadır. Bu durumun gerçekleşebilmesi, ancak lezyonların kavite oluşmadan önce tanısı mümkün olduğunda söz konusu olabilir. Çürük diağnozunda, lezyonun aktif, hızlı veya pasif, yavaş ilerleyen veya duraklamış olduğu gözlenebilir. Bu bilgiler olmadan ideal bir tedavi planlaması yapmak mümkün değildir.³

Diş çürüğünün, fissürlerden dentin derinliklerine doğru ilerledikçe klinikte saptanması güçleşir. Başlangıç safhasında sub-klinik düzeydeki mine çürüklerinin, kavite oluşmamış dentin çürüklerinin, restorasyon çevresindeki rekürent veya sekonder ve subgingival kök çürüklerinin klinikte belirlenmesi güç olabilir. Çoğunlukla yardımcı ekipmanlara gereksinim duyulmaktadır.

Diagnostik yöntem, diş hekimleri ve hastalar tarafından kabul edilebilir olup, gerek klinik çalışmalarda gerekse araştırmalar için kullanılabilir. Ancak ne yazık ki bu kriterlerin tümünü içeren bir yöntem mevcut değildir.

Diagnostik yöntemler:

- 1) Geleneksel yöntem: görsel, ayna-sond uygulaması, radyografi.
- 2) Kullanımdaki teknolojiler: Dijital radyografi, lazer floresans (QLF, DIAGNOdent), elektriksel iletkenlik (ECM), Fiber optik transilluminasyon.
- 3) Yeni geliştirilen teknolojiler: Alternating current impedance spectroscopy, ultrasonik sistem.

Lazer floresans prensibine dayanan iki önemli çürük teşhis metodunu anlamak için floresansı iyi anlamak gereklidir. Floresans, herhangi dalga boyundaki bir ışığın (uyarıcı dalga boyu) doku tarafından absorbe edilmesinin ardından

daha uzun bir dalga boyuyla (yayıma dalga boyu) yayılmasıdır. Floresans oluşabilmesi için belirli bir maddenin belirli bir dalga boyuyla uyarılması gerekir.

Üç farklı tip floresans vardır: 1) Ultraviyoleye yakın mavi floresans, 2) Mavi ve yeşil ile oluşan sarı-turuncu floresans, 3) Kırmızıdan uzak ve infrarede yakın floresans. Mavi floresansa di-tyrosine sebep olur. Sarı floresansın protein kaynaklı kromoforlardan oluştuğu düşünülmektedir. Kırmızı floresansın oluşum sebebi ise protoporfirin' dir (Bakteri yıkım ürünleri arasında bulunur).⁴

Floresansın prensibi şöyle özetlenebilir: Çürük lezyon içinde, ışık yayılma katsayısı sağlıklı mineye oranla oldukça yüksektir. Bu da lezyon içindeki ışığın yolunun kısa olmasına ve bu alanda emilim ve floresansın daha az olmasına sebep olur. Floresans daha çok dentin dokusundan kaynaklanır. Kromoforların moleküler yapısındaki değişimler floresans oluşumunu engeller. Çürük gelişimi sağlıklı minedeki kromoforları uzaklaştırır. Bu konudaki ilk çalışma, 1911 yılında Stubell'in dişlere ultraviyole ışığı uygulamasıdır.⁵ Daha sonra 1933 yılında Eisenberg mavi ışıkla uyarılan dişlerde floresans oluştuğunu belirtmiştir. İnsan dişlerinin organik komponentlerinin floresans özellik göstermeleri konusuna ilk değinen Benedict'tir. Benedict çalışmalarında sağlam ve çürük minenin floresans özellikleri arasındaki farka da değinmiştir.⁶

Sağlıklı mine ve dentin, demineralize dokularla kıyaslandığında farklı floresans özellik gösterir. Çünkü demineralize dokular ışığı daha az absorbe ederek daha az floresans özelliği gösterirler.⁷ Bu özellik Hafström-Björkman ve arkadaşları tarafından denenmiş ve longitudinal mikroradyografiyle kıyaslandığında mineral kaybının gösterilmesinde lazer floresans tekniğinin doğruluğu kanıtlanmıştır.⁸

Lazer floresans yöntemi diş dokusunun ışık uygulanması sonrası, sağlıklı ve çürük mine arasındaki floresans farkının ölçümü esasına dayanır. Minenin mineral içeriği düşük bölgeleri, düşük floresansa sahiptir. Dolayısıyla mineral kaybıyla floresans radians arasında ilişki vardır. Bu prensip ile klinik olarak en yaygın kullanılan

markalar DIAGNOdent (KaVo Dental Corporation, Biberach, Germany) ve QLF'tir (Inspector Research Systems, bv, Netherlands).

DIAGNOdent (KaVo Dental Corporation)

Lazer floresans yöntemi ilk olarak, 1981 yılında Bjakhagen tarafından, 488 nm lik mavi yeşil argon lazer ışığıyla, sağlam ve çürük insan minesi karşılaştırılarak denenmiştir⁹ (Resim 1). Araştırmacılar, bu yöntemle sağlam ve çürük mine arasındaki farkların kolaylıkla izlenebileceğini göstermişlerdir.⁹ Vaarkamp ve ark.'ları, helyum-neon lazer kullandıkları çalışmada; mineden yansıyan ışığın sebebinin hidroksiapatit kristalleri, dentinden yansıyan ışığın sebebinin dentin tübülleri olduğunu belirtmişlerdir.¹⁰



Resim 1. KaVo DIAGNOdent çürük teşhis cihazı

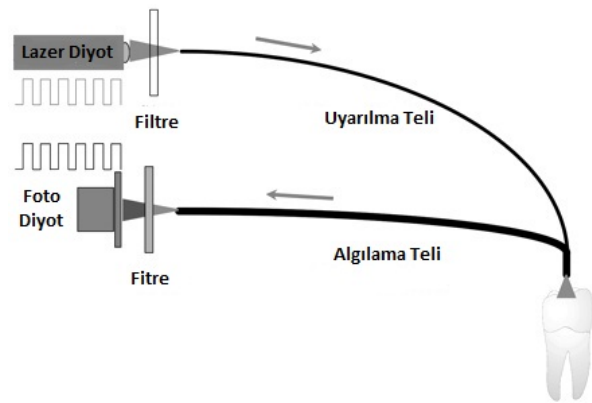
Ayrıca, yoğun ışık kaynağı kullanımı ile floresans boylarının daha yüksek floresans oluşturacağı düşüncesi ile lazer floresans metodunda boya da kullanılmıştır. Buna boya katkılı lazer floresans yöntemi (Dye-enhanced laser fluorescence, DELF) denir.¹¹

Cihazın temel çalışma prensibi, çürük lezyonunun çevre sağlam dokuya göre lazer ışını farklı absorbe etmesi ve saçmasıdır. Amaç okluzal çürüklerin saptanması ve nicel olarak ölçülmesidir. Cihaz pek çok avrupa ülkesinde, Brezilya'da ve Amerika'da 2000 yılından itibaren kullanılmaktadır (Resim 2).



Resim 2. Fiber optik ucun diş yüzeyine uygulanması

Mekanizmasında; çürüğün diş dokusunda neden olduğu değişiklikler, uyarılmış dalga boyunda floresans özelliğinin azalmasına neden olur (Resim 3). Cihazda 655 nm dalga boyundaki kırmızı diod lazer ışını, fiber demetinden geçerek özel uç ile dişin okluzal yüzeyine taşınır. Diş tarafından absorbe edilen ışın, floresans fotonları olarak geri yansır. Filtreden geçen floresans sinyalleri aynı uçtaki farklı fiber demeti tarafından toplanır ve bir fotodiyot tarafından sayısal olarak ölçülür ve monitöre ulaştırılır. Geri toplanan floresans ışınının yoğunluğu lezyon derinliği ile doğru orantılıdır.⁵

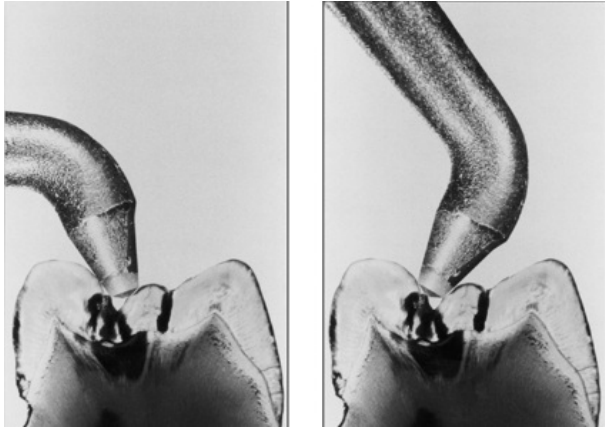


Resim 3. Cihaz tarafından diş yüzeyine gönderilen ve devamında geri yansarak algılanan fotonlar

Bu sistem, sağlıklı standart mine göz önüne alınarak kalibre edilmiştir. Toplanan sinyal 0-99 arasında sayısal bir değerle cihazın göstergesinde izlenir. Sayısal değer arttıkça çürük

olasılığı artmaktadır. İmalatçı firma tarafından üretilen ölçüm sıkalası şöyledir: 5-25 arası değerler başlangıç lezyonu, 26-35 arası değerler erken dentin çürüğü, 35' ten büyük değerler ise ilerlemiş dentin çürüğünü belirtir.

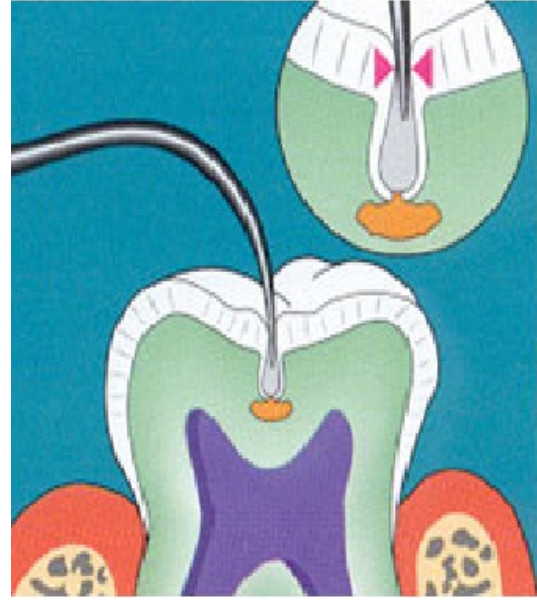
Lussi ve ark.'ları 2001 yılında yaptıkları çalışmada 322 dişin okluzal yüzeylerinin incelendiği bir çalışmada DIAGNOdent okumalarında 0-13 değerini: çürük yok, 14-20 değerini mine çürüğü ve >20 değeri ise dentin çürüğü olmak üzere gold standart olarak belirlemiştir. Sonuçlarda 20 değerine kadar olan değerler pratikte restoratif bir müdahale gereği hissetmediğimiz değerler olarak saptanmıştır. 20'den büyük dentin çürüğü olarak belirlenenlerde ise ancak hastanın genel çürük durumu, flor ve diyet durumu olumsuz olarak bulguyu destekliyorsa konservatif bir tedaviye gereksinim var demektir. Ayrıca bu çalışma göstermiştir ki, DIAGNOdent, 2. yöntem olarak da teşhise önemli katkılar yapabilmektedir. 322 okluzal yüzeyin 100 tanesinde görsel inceleme, bite-wing radyografi ve DIAGNOdent kullanılarak dentin çürüğü tespit edilmiştir. Bu 100 dişin 29 tanesi sadece görsel inceleme ile belirlenmiştir. 2. Yöntem olarak bite-wing radyografi kullanıldığında belirlenen sayı 71'e çıkmış; DIAGNOdent de kullanıldığında ise 92 dentin lezyonu belirlenmiştir⁷ (Resim 4).



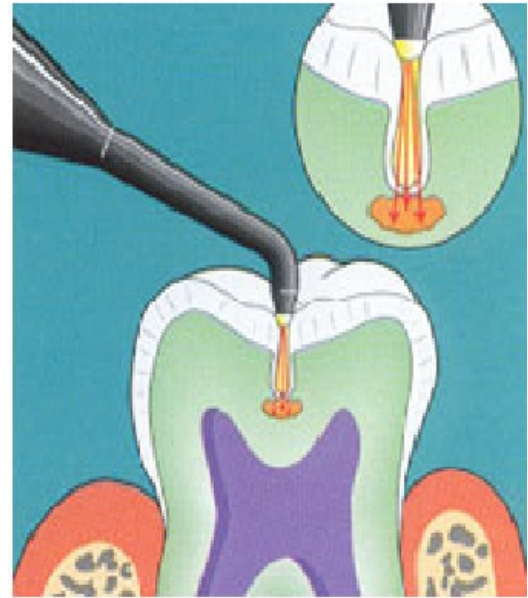
Resim 4. Farklı bölgelere uygulanan fiber optik uç

Diagnodent kullanırken diş yüzeyinin temizlenmesi önemlidir. Diş dokusu yüzeyindeki tartar ve renkleşmeler hatalı değer oluşmasına neden

olabilir. Kurutma dekalsifikasyonları daha belirgin hale getirir. Bu, kristaller arası boşlukların refraktif indeksini, nemli demineralize yüzeylerde olan 1.33 değerinden, kuru demineralize yüzeylerde olan 1.0 değerine düşürür ki bu da çürük yüzeyin opak olarak net bir biçimde görünmesine olanak verir¹² (Resim 5, 6).



Resim 5. Sondalama ile klinik çürük teşhisinde pit ve fisürlerin derinliklerine ulaşım sınırlıdır



Resim 6. DIAGNOdent fiber optik uç ile ışık penetrasyonu 2 mm derinliğe ulaşır.

DIAGNOdentte 655 nm dalga boyunda ve 1W gücünde laser diod ışık ve 680 nm'lik filtreler kullanıldığında, ışık penetrasyonu 2 mm derinliğe ulaşmaktadır.⁵ DIAGNOdent sisteminde iki tip fiber optik uç kullanılır. Bunlar fissür ve aproksimal yüzeyler için konik şekilli A ucu ve bukkal ve lingual yüzeyler için geniş B ucudur. Uç kalibrasyonu seramik ile yapılır. Düz yüzeylerde A ucu, ve okluzal yüzeylerde B ucu daha etkilidir. Aproksimal yüzeylerdeki uygulanımı ise ucun boyutları nedeniyle sınırlıdır.³

X ışını içermemesi, klinik ve radyografik olarak teşhisi zor olan fissür sahalarında erken çürük tespitine imkan vermesi, lazer gücü düşük olduğu için nondestrüktiftir ve tekrarlanabilme özelliği olması, ağrısız teşhisin hastanın hekime güvenini artırması sistemin avantajlarıdır.³ DIAGNOdent'in olumsuz yanları da vardır. Pahalı olması, ekspozite pulpalı ileri dentin çürüklerinde ayırıcı tanı yapamaması, restorasyonlu ve restorasyona komşu dişlerde ve sekonder çürük teşhisinde başarısız olması, plak ya da diş taşı varlığına oldukça hassas olup dikkat edilmezse mine veya dentin yapısında değişiklik varmış gibi sinyal verebilmesi (yani yanlış pozitif değer) dezavantajlarıdır. Ayrıca çürük doku dışındaki renklemelerin de floresans sinyaline sebep olması çözüm bekleyen bir sorundur.^{7,13,14}

Shi ve arkadaşları 2000'de, cihazın lezyon derinliğinden çok lezyon hacmine duyarlı olduğunu belirtmişlerdir. Fakat yine de lezyon derinliğinin saptanmasında, mineral kaybından daha etkili olduğunu ve bu nedenle minör çürük değişikliklerinin belirlenmesinde yetersiz kaldığını bildirmişlerdir.¹⁴

Sheehy ve ark.'ları 2001'de yaptıkları bir çalışmada, yüksek DIAGNOdent değeri aldıkları 7 diş yüzeyinden ikisinin hipomineralizasyon gösterdiğini rapor etmişlerdir. Bu veri çürükle ayırt edilemediğinden pratik kullanımda bir dezavantaj olarak gösterilmiştir.¹⁵

Tağtekin ve arkadaşları 2008'de, Diagnodent ve Ultrason metodlarının tekrarlanabilirliklerini ve geçerliliğini proksimal çürüklerde bildirirken A tipi ucun daha doğru sonuç verdiğini göstermişlerdir.¹⁶

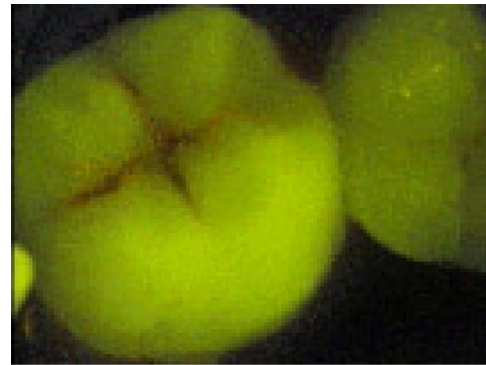
Kantitatif Işık Ölçümlü Floresans (QLF)

Lazer Floresans yönteminin, lazer yerine ışık kullanılan şeklidir (Resim 7). Diş çürükleri, dental plak, bakteri aktivitesi, diş taşı, renklenme ve diş beyazlatması ile ilgili *in vivo* ve *in vitro* olarak kantitatif değerlendirme imkanı sağlayan teşhis cihazıdır. Işığın dağıtılması, saçılması prensibinin mineral kaybıyla ilişkisini kullanarak, çürük lezyonunun ölçümünde kullanılır.



Resim 7. QLF cihazının ağız içi uygulaması

Diş sert dokusunun autofloresans adı verilen kendi doğal floresansı vardır. QLF ile dişin sert dokularından kaynaklanan yeşil floresans ve diş kaynaklı olan kırmızı floresans meydana gelir. Diş mavi ışığa maruz kaldığında yapısındaki floresans uyarılır ve yeşil floresans meydana gelir. Diş yapısında bulunan floresans, demineralizasyon ile azalır. Bu yüzden QLF ile görülen çürük lezyonu floresansı, diş sağlam dokularındaki değerlerden daha düşüktür. Bu yüzden de demineralize sahalar QLF ile karanlık bölgeler olarak görünür (Resim 8).

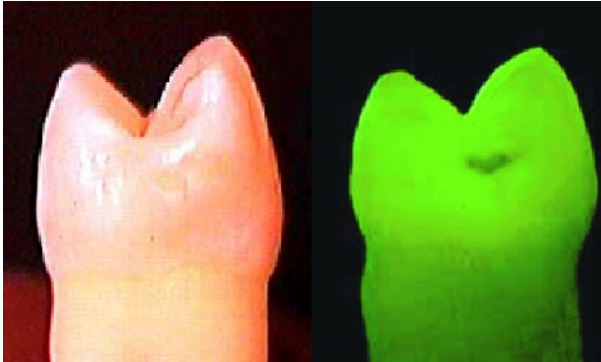


Resim 8. QLF ile karanlık sahalar olarak görülen okluzal pit ve fissür çürüğü

Demineralize alanlarda floresans kaybının olabileceği 2 açıklaması şöyledir:

- 1) Lezyondan geri gelen ışık, sağlam yüzeyden geri saçıldan daha güçlüdür. Bu da lezyonda ışık yolunun daha kısa olması sebebidir. Bu nedenle lezyonda birim hacme düşen emilim daha az olması nedeniyle floresans daha az oluşur.¹⁷
- 2) Lezyondan geri yansıyan ışık, alttaki floresanslı, sağlam yüzeye ışığın tamamının ilerlemesini bir bariyer gibi önler. Bu sebeple lezyon altındaki lezyonsuz yüzeyin floresansı yukarı gelemez ve sonuçta o bölgede daha az bir floresans oluşur.¹⁷

Minedeki florozisde de QLF ile aynı demineralize alanlarda olduğu gibi koyu renkte görülür. Bunun sebebi porözlü yapı göstermesidir. QLF ile bazen kırmızı floresans görülür. Bunun sebebi dış kaynaklı olan diş taşı, plak ya da enfekte çürük lezyonlarındaki bakteriler tarafından metabolize edilmiş porfirinlerdir¹⁸ (Resim 9)



Resim 9. Klinik olarak gözlemlenemeyen fakat QLF ile karanlık saha olarak belirlenen aproksimal çürük

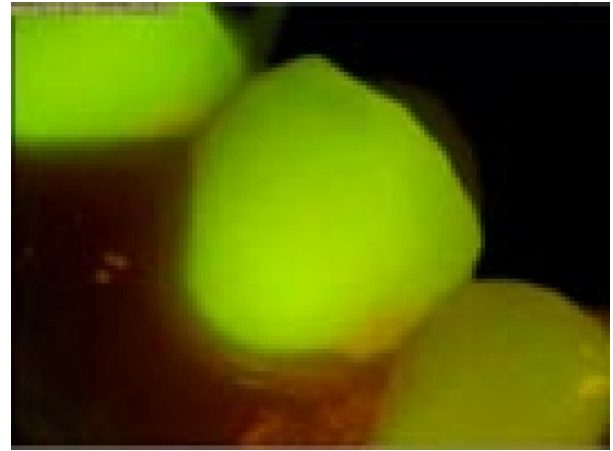
Sistem, hardware (el aleti ve kontrol paneli), bilgisayar ve QLF softwareından oluşur. Hardware kısmı; lezyonları *in vivo* olarak lingual, bukkal ve okluzal yüzlerinden, derinlik ve boyutu da kapsayarak sayısal olarak ölçen, bilgisayara bağlı bir intraoral el aletinden oluşur. Bu el aletinden üretilen 50W'lık zenon ışık, mavi filtreden geçer ve yol gösterici likit sayesinde dişe ulaşır. Cihazdaki intra-oral kameralı ayna homojen bir ışık yayılmasını sağlamak amaçlıdır. Dişten tekrar yayılan floresans ışığı, video

kameralı ayna ile toplanır. Yüksek geçirgen sarı filtre dalga boyu 520nm' den düşük ışıkları elimine eder. Mavi ve sarı filtreler sayesinde yansımalar minimuma indirilerek birçok hata en aza indirilir. Görüntü dijitalize edilir ve bilgisayarda QLF softwarede inceleme için hazır hale gelir (Resim 10).

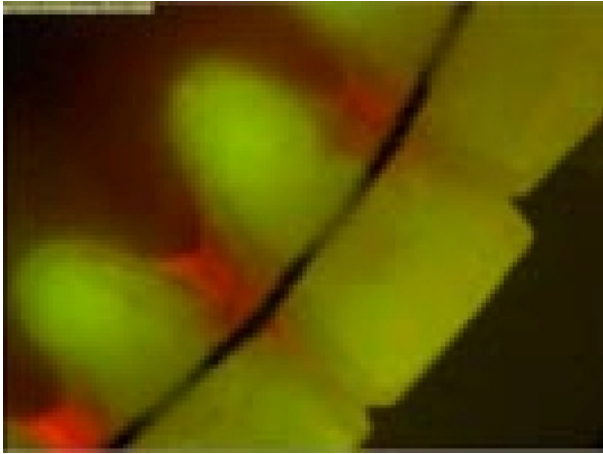


Resim 10. QLF cihazının bilgisayara bağlı intraoral el aleti

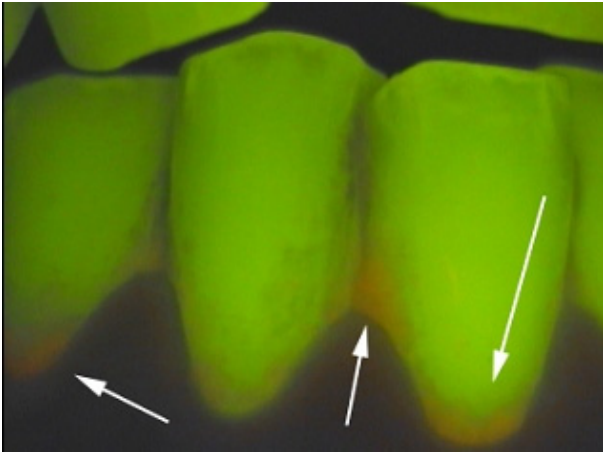
QLF sayesinde eş zamanlı olarak floresans görüntüleri kaydedilip bilgisayarda arşivlenebilmektedir. Farklı zamanlarda lezyonun boyutundaki mineral içeriğindeki değişiklikleri de saptayabilmektedir. Bilgisayar ortamı ve kantitatif analiz araçları sayesinde floresans kaybı, mineral kaybı, lezyon genişliği gibi parametreler belirlenebilmektedir (Resim 11-13).



Resim 11. 35 numaralı dişin mesiobukkal yüzeyinde QLF ile belirlenen dental plak



Resim 12. 41 numaralı dişin lingual yüzeyinde QLF ile belirlenen dental plak



Resim 13. 46 numaralı dişin kole bölgesinde QLF ile belirlenen plak ve diş taşı

1994 yılında Øgaard ve ten Bosch'un 4 hafta boyunca ortodontik bant takılmış, bukkal çürükleri olan vital premolarların kullanıldığı *in vivo* çalışma yapmışlardır. Bantların çıkarılmasından itibaren 4 hafta boyunca haftada bir görüntüleme yapılarak çürük gelişimi gözlenmiştir. Mikrop etkeninin ortadan kaldırılmasından sonra erken lezyonların hızlı bir biçimde gerilediği gözlemlenmiş ve non-destrüktif kantitatif metodların çürük geleceğinin belirlenmesinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.¹⁹

1997 yılında Al-Khateeb ve ark. mine lezyonlarının flor tedavisi ile remineralizasyonunu izlemişlerdir. 12 kişinin maksiller 1. Molar dişlerinin bukkal yüzlerinden hazırlanan lezyonlu mine

örnekleri 35 gün süren ve 3 farklı yol ile uygulanan flora tabii tutulmuştur. Örnekler her hafta görüntüleme amaçlı alınmıştır. Lazer floresans yönteminin her hafta remineralizasyonun izlenmesine olanak verdiği ve sonuçların mikroradyografi ile örtüştüğü görülmüştür.^{20, 21}

1998'de Al-Khateeb ve ark. 7 ortodonti hastasından toplam 15 dişte bukkal yüzdeki çürük lezyonlarını 1 senelik bir sürede 1 aylık periodlarla izlemişlerdir. Hastaların diyetine ve ağız hijyenine dikkat edilmişler ve günde 2 kez florlu pat kullanmışlardır. Sonuçlar göstermiştir ki, lezyonlu alanlar zamanla azalmış, floresans kaybı kısmen geri kazanılmış, bir miktar remineralizasyonun gerçekleştiği saptanmıştır. QLF'in çürük potansiyeli yüksek bireylerde çürük önleyici yaklaşımların başarısının ölçümünde kullanılabilirliği belirtilmiştir.²²

1999 yılında Stookey ve ark. 9-12 yaşlarında 150 çocukta pilot bir çalışma yapmışlardır. Hastalar florlu macun kullanmış, ağız hijyen eğitimi verilmiş ve 4., 8. ve 12. aylarda QLF, electrical conductance meter (ECM) ve konvansiyonel yöntemlerle (klinik muayene, dijital radyografi ya da bitewing) incelenmişlerdir. Sonuçlarda çürük alanların giderek arttığı saptanmıştır ve bu QLF ve sonuçlar konvansiyonel inceleme sonucu elde edilen DMFS (decayed, missing or filled surfaces) ile uyumlu bulunmuştur. Bu çalışma sonuçlarının olumsuzluğuna rağmen QLF'in okluzal yüzeylerde çürük teşhisinde denendiği ilk çalışma olması açısından önemlidir. Okluzal yüzeylerde de en az bukkal ve lingual yüzeylerdeki kadar başarılı sonuçlar alınmıştır. Ayrıca QLF'in mutlaka klinik muayene ile desteklenmesi gerekliliği belirtilmiştir. Çünkü QLF gelişimsel hipokalsifiye alanları da belirleyebildiği için bu alanların çürük lezyonlarından göz ile ayrılması gerekmektedir.²³

Fontana, Yanıkoğlu, Öztürk ve arkadaşları 1999'da yaptıkları çalışmada; 50 mikronluk yüzeysel çürüklerde (mikrobiyal modelle oluşturulmuş) QLF ve ultrasound, demineralizasyonu belirlemediği.²⁴

2000'de Van der Veen ve de Josselin de Jong ve 2001'de Angmar-Mansson and ten Bosch da QLF'in çürük durdurulması ve remineralizasyon

yonunun izlenmesinde etkili bir yol olduğunu belirtmişlerdir.^{25,26}

Ayrıca 1998'de Ferreira Zandaona ve ark., 1999'da Ando ve ark. laboratuvar çalışmalarıyla, 1999'da ten Cate ve ark., 2000 ve 2001'de Tranaeus ve ark. ağız içi çalışmalarıyla bunu desteklemiştir.²⁷⁻³³

2001'de de Ando ve ark. bu başarının süt dişlerinde ve daimi dişlerde benzer olduğunu söylemiştir.³⁴

2001'de Tranaeus ve ark. 6 aylık klinik çalışmada, white-spot lezyonların flor verniği etkisi ile remineralizasyonunu QLF ile incelemiştir. Premolarlar ya da molarlarda en az 2 bukkal yüzey white-spot lezyon olmasını baz almıştır. Hastaların bir kısmına 6 haftalık aralıklarla profesyonel diş temizliği, bir kısmına da temizlik ardından florlu vernik uygulanmıştır. 6 haftalık aralıklarla QLF ile dişler incelenmiştir. Sonuçlarda florlu vernik uygulamasının, tek başına profesyonel diş temizlemesine göre remineralizasyonda çok daha etkili olduğu gözlenmiştir.^{35,36}

Elektriksel İletkenlik

Genel olarak sağlıklı ve çürük diş dokularındaki elektriksel iletkenlik farklılığı esasına dayanır. Elektriksel iletkenlik farklılığı prensibi ile çalışan 3 cihaz üretilmiştir.³⁷

- 1) Caries Meter L (G-C International Corp., Leuven, Belgium)
- 2) Vanguard Elektronik Caries Detektör (Massachusetts Manufacturing Corp. Cambridge, Mass., USA)
- 3) Elektronik Caries Monitör (LODE Diagnostic, Groningen, The Netherlands)

Üç cihaz da elektriksel iletkenliği, fissüre yerleştirilmiş bir sond ve yüksek iletkenliğe sahip olan dişeti veya deri gibi bir bölgeye bağlanmış bir konnektörle ölçerler.³⁷

Diş dokusunun elektriksel iletkenliği demineralizasyonun olduğu ancak yüzeyde herhangi bir madde kaybı olmadığı durumda bile değişkenlik göstermektedir. Yani sağlam mine yüzeyleri çok sınırlı veya hiç iletkenliğe sahip değilken, çürüklü ve demineralize mine yüzeyleri ölçülebilir

iletkenliğe sahiptir ve bu iletkenlik demineralizasyonun artması ile artış gösterir. Cihazda yüksek değerli ölçümler gözlenir. Bu da lezyonların zaman içinde takip edilerek remineralize olduğunun belirlenmesine olanak tanır.³⁸ Ancak, Vanguard Elektronik Caries Detektör ve Caries Meter L günümüzde üretilmemektedirler.³⁷

Elektronik Caries Monitör (ECM)

Vanguard Elektronik Caries Detektörden farklı olarak Ohms cinsinden devam eden ölçüm skalası, hava akım hacim kontrolü ve farklı ölçüm seçenekleri (devamlı, ardışık ya da biriken ölçüm) bulundurulur.

ECM okumasındaki sayısal değerlendirme şu şekildedir:

1.0-3.00: sağlıklı mine veya erken çürük başlangıcı, 3.01-6.00: mine-dentin sınırına kadar ilerlemiş mine çürüğü, 6.01 - 8.00: dentin çürüğü, 8.01-13.00: derin dentin çürüğü göstergesidir.

ECM okuzal ve aproksimal çürüklerin teşhisinde *in vivo* ve *in vitro* çalışmalarda oldukça iyi sonuçlar göstermiştir. Ashley, posterior dişlerde kaviteasyon göstermeyen oklüzal lezyonların *in vitro* teşhisinde ECM'nin; görsel muayene, FOTI, konvansiyonel ve dijital bitewing radyograflarla kıyaslandığında daha kesin sonuçlar verdiğini belirtmiştir.³⁹

ECM'nin bu çalışmada oklüzal yüzeyde de kısmen başarılı bulunmasına rağmen genel olarak oklüzal yüzeylerde sınırlı kapasitesi olduğu kabul edilmektedir. ECM daha çok düzgün yüzeyler ve aproksimal yüzeylerde başarılı bulunmuştur. Ayrıca ECM ölçümlerinin klinik görsel metodlarla karşılaştırıldığında yüksek sensitiviteye sahip olmasına rağmen, düşük spesifisiteye sahip olduğu belirtilmiştir.⁴⁰

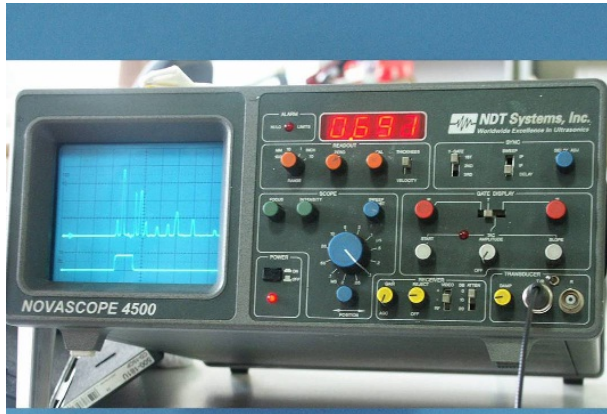
ECM ile ilgili çalışmalar özellikle posterior dişlerin oklüzal yüzeylerinde mine ve dentin çürüklerinin belirlenmesine yönelik halen devam etmektedir.

Ultrasonik Görüntüleme

Ses dalgalarının frekansları insan kulağının duyabildiği (20-20000 döngü/sn) elastik dalga-

lardır. Bu durum en kolay suya taş atma örneği ile açıklanabilir. Burada oluşan ses dalgaları birbirlerinin aynısıdır. Hiçbir su kütlesi bir yerden başka bir yere taşınmaz. İçlerinden ses dalgaları geçer. Bu dalgalar suya bir basınç uygulanarak oluşturulmuştur. Bu sebeplerle ses dalgasına, elastik dalga ya da basınç dalgası da denir.⁴¹ Ultrasonik dalgalar ise, duyulanın ötesindeki yüksek frekanslardaki (> 20000 döngü/sn) elastik titreşimlerdir. Ses dalgaları iki farklı yapı arasında yayılırken, birinden diğerine geçişte bir hava boşluğu olması sonucu kayıp olabilir. Bu noktadan geriye yansıyan ses dalgaları olacaktır. Bu dalgalara eko denir. Ya da bir miktarı absorbe edilip ısı enerjisine dönüşmesi sonucu kayba uğrayabilirler. Buna da zayıflama denir.

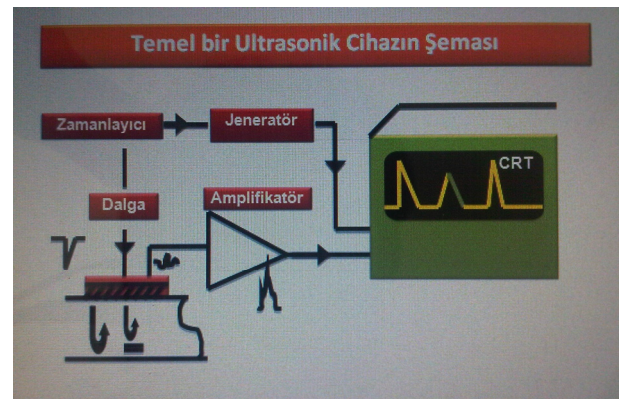
Ultrasonik görüntülemenin temel prensibi, probe tarafından oluşturulan yüksek frekanslı dalgaların (1-20 m Hz) test edilecek materyale veya biyolojik dokuya uygulanması, geriye dönen dalgaların probe tarafından emilip elektriksel impulslara çevrilmesi ve eko olarak saptanmasıdır.^{41,42} Günümüzde görüntüyü yaratmak için: gri ölçekli görüntüleme cihazı kullanılmaktadır. Çoğu cihaz hemen hemen aynı tip üretim devresini kullanmaktadır: Pulser, transdüsör (prob) tarama jeneratörü, zamanlayıcı, amplifikatör, ekran (A modu, B modu, M modu) (Resim 14).



Resim 14. Pratikte kullanılan bir ultrasonik görüntüleme cihazı

Sistemin çalışması sırasında, jeneratör elektriği ekrandan çeker ve sonografi için kullanılan pulser, transdüsör tarafından ultra yüksek frekanslı

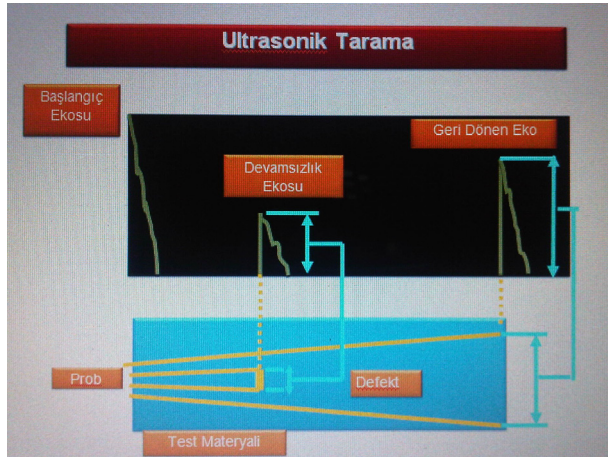
ses dalgalarına çevirilen elektrik impulslarını üretir. Dönüştürücü (Transducer), bir enerji formunu bir diğerine çeviren cihazdır. Burada elektrik enerjisini ultrasonik enerjiye (ultra yüksek enerjili ses dalgalarına) çevirir ve dokuya/materyale iletir. Tıbbi cihazlarda dönüştürücünün önüne coupling jeli konulur. Aradaki hava tabakası elimine edilir ve ultrasonik dalgalar herhangi bir kesintiye uğramadan vücuda giren enerjinin maksimum olması sağlanır. Enerji tamamen zayıflayana dek iletmeye devam eder. Görüntüleme ise materyal/dokudan dönen (yansıyan) dalgaların (eko) transdüsöre dönerek burada bir elektrik sinyali (radyofrekans sinyali) oluşturması ve işlemden geçirilerek monitöre göndermesi ile olur. Bu sinyal değişik görüntüleme modlarında elde edilebilir. A modu, algılanan ekoların grafiksel gösterimidir. Bu mod çoğunlukla endüstri ve tıpta (beyin cerrahisi, oftalmoloji) kullanılır. Bu modda incelenen kesim görülmez, kantitatif değerlendirme yapılır. B modu, doku kesitini, yansıyan ekoların katod ışın tüpünde değişik parlaklıkta noktalardan oluşan görüntü halinde verir. Diagnostik radyolojide kullanılır. M modu fonksiyondaki içeriklerin amplitüdünü gösterir Kalbin inceleme yöntemidir. Genellikle Lazer Doppler EKG' de kullanılır.^{41,42} (Şekil 1).



Şekil 1. Temel bir ultrasonik cihazın çalışma mekanizması

Ultrasonik dalga her dokuya özel olarak dokudan geçtikçe, emilim, yansıma, refraksiyon, difüzyon ve saçılma gibi olayların kombinasyonu ile zayıflar. Ultrasonun frekans seçimi gerekli penetrasyon derinliğine ve oluşabilecek zayıflama miktarına göre seçilir.⁴¹ Her doku ayrı bir

iç eko düzeyine sahiptir. Böylece dokunun eko düzeyinde kaydedilen değişiklikler, dokuda patolojik değişimlerin meydana geldiğini ifade eder.^{41,42} Prob akustik dalgaları yolladığında başlangıç ekosu ekranın en solunda belirir. Eğer dokuda herhangi bir devamsızlık var ise ekolar dokunun o bölgesinden geri yansır ve monitörde defekt düşük amplitüd görünür. Devam eden ekolar ise materyalin sonundan geri yansır ve geri dönen ekolar olarak monitörde görünürler (Şekil 2).



Şekil 2. Ultrasonik probdan çıkan ses dalgalarının bir defekt ile karşılaştıklarında oluşan ekolar ve ekranda görünümleri

Ultrason tıp ve diş hekimliğinde de, endüstride olduğu gibi teşhis amaçlı olarak kullanılmaktadır. Medikal teşhise yönelik çalışmalar ilk olarak 1942'de Avusturya'da Dussik tarafından başlatılmıştır.⁴³ Çalışmada beyin tümörleri ultrasonik dalgalanmaların değişimi ile tespit edilmiştir. Tıpta kullanılan başlıca alanlar; doğum, jinekoloji, cerrahi, sinir cerrahisi, kardiyoloji, pediatri, baş ve boyun taramaları ve özellikle kan akım hızı ölçümlerinde (Laser Doppler Flowmetre). Ultrasonik sistem diş hekimliğinde; kalkulus uzaklaştırımı, kök kanallarının irrigasyonu ve aletlerin mekanik temizliğinde rutin olarak kullanılmaktadır. Fakat diagnostik ultrason tıpta kullanımının aksine diş hekimliğinde tanı açısından çok az ilgi görmüş olup son yıllarda bu konuda çalışmalar artmaktadır. Bu çalışmalar ışığında kavitasyon oluşturmamış mine çürüklerinin tanısında, iki ayrı ortamda ses

dalgalarının kat etme zamanı farklı olduğu için sağlam ve demineralize mine dokularının kolaylıkla ayırt edilebileceği kabul edilmektedir. Ayrıca ultrasonik dalgalar yüzeye dik şekilde uygulanırsa dokuda bulunan defekt daha kolay bir şekilde saptanabilir.^{41,42}

Ng ve arkadaşları yüksek frekanslı pulse-eko ultrason dalgaların (18 MHz) sağlam ve demineralize mineyi farkedebildiğini bildirmişlerdir.⁴⁴

Bab ve arkadaşları ve Ziv ve ark.'ları ultrasonik sistemin proksimal mine ve dentin çürüğünü tespit edebildiğini belirtmişlerdir. Bab ve ark.'ları (1997) 'Ultrasonik Çürük Tarama Sistemini' (UCD) tanıtmışlardır. Burada yüzey dalgalarını kullanmış ve proksimal çürüklerde denemişlerdir. Fakat sadece derin dentin lezyonlarında başarı sağlanmıştır.⁴⁵ Aynı cihazı Ziv ve ark.'ları ve Gazit ve ark.'ları, %100 sensitivite ve %91.9 spesifisite ile derin mine, sıg dentin ve derin dentin lezyonlarında, histolojiyi altın standart olarak kullanarak, başarılı bulduklarını belirtmişlerdir. Araştırmacıların tanıttığı UCD sistemi hala dental markete sunulmamıştır.^{46,47}

Yanıkoğlu ve ark.'ları, ultrasonun remineralizasyonu da belirleyebildiğini, mine çürüklerinin ve remineralizasyon derecelerinin ultrasonik sistemle erken teşhisinin araştırıldığı bir pilot çalışma ile bildirmişlerdir. Çalışmada, 60-70 mikron derinlikte yapay lezyonlar oluşturulmuştur. Bu lezyonlara florür uygulaması yapılmıştır. Sonuçta ultrasonik sistemle yapay mine lezyonlarının ve farklı derecelerdeki remineralizasyonların belirlenebildiği gösterilmiştir.⁴⁸

Fontana ve ark.'ları tarafından, mikrobiyal çürük metodu ile *in vitro* olarak oluşturulan yaklaşık 20 mikron derinlikteki lezyonlarda QLF ve konfokal mikroskop kontrol olarak kullanılmıştır. Ancak demineralizasyon sadece konfokal mikroskop tarafından belirlenirken, QLF ve ultrasonik sistem negatif sonuç vermiştir. Diğer taraftan remineralizasyon ise ultrasonik sistem tarafından belirlenmiştir.²⁴

Yanıkoğlu ve ark.'ları, ultrasonik sistemi kullanarak proksimal yüzeydeki doğal white spot lezyonlarının teşhisi konusunda çalışma yapmışlardır. Çalışmada bite-wing radyografi ve histo-

loji, gold standard olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak ultrasonik sistem ile diş minesindeki white spot (subsurface) çürük lezyonlarının tespit edilebildiği belirtilmiştir.⁴²

Ultrasonun ilk kez klinik olarak çürük teşhisinde kullanılarak minenin *in vivo* remineralizasyon ve demineralizasyonunun incelendiği bir klinik çalışmada ultrasonik sistem, minedeki 50-86 mikron derinlikteki lezyonlarda remineralizasyon ve demineralizasyon değişikliklerini belirleyememiştir.⁴⁹

Yine bir başka çalışmada, proksimal çürük lezyonları ultrason ve DIAGNOdent cihazları ile değerlendirildiğinde, her iki metot da tekrarlanabilirlik ve geçerlilik özelliklerini göstermiştir.¹⁶

Tüm bu çalışmaların ışığında; ultrasonik sistemin tekrarlanabilir, yüksek sensitivitesi ve spesifitesi olan bir sistem olduğu belirtilirken, çürük lezyonlarının teşhisinde ultrasonun kullanımını için daha çok klinik çalışmalara gerekeceği düşünülmektedir.^{42,45,49} Düz yüzey ve arayüzlerde QLF klinikte en etkin metot olarak görünürken, okluzal yüzeyler için şimdilik DIAGNOdent kısmen ihtiyaçlara cevap verir niteliktedir.¹ Çürük lezyonu yeterince erken teşhis edilebilirse, dişteki lokalizasyonu neresi olursa olsun lezyonun ilerleme sürecine müdahale mümkündür. Çürük lezyonun farklı anatomik bölgelerde lokalize olması, bir restorasyonun yanında gelişmesi, teşhiste yanılmaları neden olabilmektedir.^{1,31,32,40} Bu farklar herhangi bir diagnostik modelin farklı tüm yüzeylerdeki çürüğü saptayabilecek yeterli sensitivite ve spesivitesinin olmamasına neden olmaktadır. Çok sayıda diagnostik testin bir arada uygulanması çürük diaognozunda etkinliği arttıracak bir girişimdir.¹

Kaynaklar

- Gündüz K, Çelenk P. Çürük tanısında kullanılan yeni yöntemler. Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi 2003; 6/1: 43-49.
- Pitts NB. Diagnostic tools and measurements - impact on appropriate care. *Community Dent Oral Epidemiol* 1997; 25: 24-35.
- Lussi A, Hibst R, Paulus R. DIAGNOdent: An optical method for caries detection. *J Dent Res* 2004; 83: 80-83.
- König K, Hibst R, Meyer G, Flemming G, Schneckenburger H. Laser-induced autofluorescence of carious regions of human teeth and caries-involved bacteria. *SPIE* 1993; 1880: 125-131.
- Kühnisch J, Heinrich-Weltzien R, Tranæus S, Angmar-Mansson B, Stöber L. Quantitative light-induced fluorescence measurement - a future method for the dentist? *Quintessence, USA*, 2002; 53/2: 131-141
- Benedict HC. A note on the fluorescence of teeth in ultra-violet rays. *Science* 1928; 67/1739: 442.
- Lussi A, Megert B, Longbottom C, Reich E, Francescut P. Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *Eur J Oral Sci* 2001; 109: 14-19.
- 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* 1992; 26: 241-247.
- Bjelkhagen H, Sundström F. A clinically applicable laser luminescence method for the early detection of dental caries. *IEEE J Quantum Electron* 1981; 17: 266-268.
- Vaarkamp J, ten Bosch JJ, Verdonschot EH. Propagation of light through human dental enamel and dentine. *Caries Res* 1995; 29: 8-13.
- Bader JD, Shugars DA. A systematic review of the performance of a laser fluorescence device for detecting caries. *JADA* 2004; 135/10: 1413-1426.
- Basting RT, Serra MC. Occlusal caries: diagnosis and non-invasive treatments. *Quintessence, USA*, 1999; 30: 174-178.
- Lussi A, Imwinkelried S, Pitts NB, Longbottom C, Reich E. Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries *in vitro*. *Caries Res* 1999; 33: 261-266.
- Shi X-Q, Welander U, Angmar-Månsson B. Occlusal caries detection with KaVo DIAGNOdent and radiography: an *in vitro* comparison. *Caries Res* 2000; 24: 152-258.
- Sheehy EC, Brailsford SR, Kidd EAM, Beighton D, Zoitopoulos L. Comparison between visual examination and a laser fluorescence system for *in vivo* diagnosis of occlusal caries. *Caries Res* 2001; 35: 421-426
- Taştekin DA, Özyoney G, Baseren M, et al. Caries detection with DIAGNOdent and ultrasound. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008; 106/5: 729-735
- Stookey GK. Optical Methods - Quantitative Light Fluorescence. *J Dent Res* 2004; 83: 84-88.

18. Sailer R, Paulus R, Hibst R. Analysis of carious lesions and subgingival calculi by fluorescence spectroscopy. *Caries Res* 2001; 35: 267.
19. Øgaard B, ten Bosch JJ. Regression of white spot enamel lesions. A new optical method for quantitative longitudinal evaluation *in vivo*. *Am J Orthod Dent Orthop* 1994; 8: 238–242.
20. Al-Khateeb S, Oliveby A, de Josselin de Jong E, Angmar-Månsson B. Laser fluorescence quantification of remineralisation *in situ* of incipient enamel lesions: influence of fluoride supplements. *Caries Res* 1997a; 31: 132–140.
21. Al-Khateeb S, ten Cate JM, Angmar-Månsson B, et al. Quantification of formation and remineralization of artificial enamel lesions with a new portable fluorescence device. *Adv Dent Res* 1997b; 11: 502–506.
22. Al-Khateeb S, Forsberg CM, de Josselin de Jong E, Angmar-Månsson B. A longitudinal laser fluorescence study of white spot lesions in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998a; 113: 595–602.
23. Stookey GK, Jackson RD, Ferreira Zandona AG, Analoui M. Dental caries diagnosis. *Dent Clin North Am* 1999; 43: 665–677.
24. Fontana M, Yanıkoğlu FÇ, Öztürk F, et al. Comparison of QLF, ultrasound and confocal microscopy in the measurement of remineralization. *Caries Res* 1999; 33: 357–365.
25. Van der Veen MH, de Josselin de Jong E. Application of quantitative light-induced fluorescence for assessing early caries lesions. In: Assessment of oral health: diagnostic techniques and validation criteria. Monogr Oral Sci. Vol. 17. Faller RV, editor. Basel, Switzerland: Karger, 2000; pp. 144–162.
26. Angmar-Månsson B, ten Bosch JJ. Quantitative light-induced fluorescence (QLF): a method for assessment of incipient caries lesions. *Dentomaxillofacial Radiology* 2001; 30/6: 298–307.
27. Ferreira Zandoná AG, Analoui M, Schemehorn BR, Eckert GJ, Stookey GK. Laser fluorescence detection of demineralization in artificial occlusal fissures. *Caries Res* 1998a; 32: 31–40.
28. Ferreira Zandoná AG, Analoui M, Beiswanger BB, et al. An *in vitro* comparison between laser fluorescence and visual examination for detection of demineralization in occlusal pits and fissures. *Caries Res* 1998b; p. 32: 210–218.
29. Ando M, Eggertsson H, Isaacs RL, Analoui M, Stookey GK. Comparative studies of several methods for the early detection of fissure lesions. In: Proceedings of the 4th Annual Indiana Conference on Early Detection of Dental Caries II, May 19–22, 1999. Stookey GK, editor. Indianapolis, IN: Indiana University School of Dentistry. 1999; pp. 279–299.
30. Ten Cate JM, Lagerweij MD, Wefel JS, et al. *In vitro* validation studies of quantitative light fluorescence. In: Proceedings of 4th Indiana Conference on Early Detection of Dental Caries II, May 19–22, 1999. Stookey GK, editor. Indianapolis, IN: Indiana University School of Dentistry. 1999; pp. 231–250.
31. Tranaeus S, Shi X-Q, Trollsås K, Lindgren L-E, Angmar-Månsson B. *In vivo* quantification of natural incipient lesions using the quantitative light-induced fluorescence method—a reproducibility study. *Progr Biomedic Optics Lasers Dentist* VI. 2000; 1(4): 235–241.
32. Tranaeus S, Heinrich-Weltzien R, Kühnisch J, Stösser L, Angmar-Månsson B. Potential applications and limitations of quantitative light-induced fluorescence in dentistry. *Med Laser Appl* 2001a; 16: 195–204.
33. Tranaeus S, Al-Khateeb S, Björkman S, Twetman S, Angmar-Månsson B. Application of quantitative light-induced fluorescence to monitor incipient lesions in caries-active children. A comparative study of remineralisation by fluoride varnish and professional cleaning. *Eur J Oral Sci* 2001b; 109: 71–75.
34. Ando M, Zero DT, Eckert GJ, Stookey GK. Pattern of fluorescence intensity during dehydration as determined by quantitative light-induced fluorescence. *Caries Res* 2001a; 35: 270.
35. Tranaeus S, Heinrich-Weltzien R, Kühnisch J, Stösser L, Angmar-Månsson B. Potential applications and limitations of quantitative light-induced fluorescence in dentistry. *Med Laser Appl* 2001a; 16: 195–204.
36. Tranaeus S, Al-Khateeb S, Björkman S, Twetman S, Angmar-Månsson B. Application of quantitative light-induced fluorescence to monitor incipient lesions in caries-active children. A comparative study of remineralisation by fluoride varnish and professional cleaning. *Eur J Oral Sci* 2001b; 109: 71–75.
37. Huysmans M, Longbottom C, Pitts N. Electrical methods in occlusal caries diagnosis: An *in vitro* comparison with visual inspection and bite-wing radiography. *Caries Res* 1997; 32: 324–329.
38. Angmar-Månsson B, Al-Khateeb, Tranaeus J. Caries diagnosis. *J Dent Educ* 1998; 62: 771–779.
39. Ashley PF, Blinkhorn AS, Davies RM. Occlusal caries diagnosis: An *in vitro* histological validation of the ECM and other methods. *J Dent* 1998; 26: 83–88.

40. Longbottom C., Huysmans MCDNJM. Electrical Measurements for Use in Caries Clinical Trials. *J Dent Res* 2004; 83: 76-79.
41. Ng SY, Ferguson MWJ, Payne PA, Slater P. Ultrasonic studies of unblemished and artificially demineralized enamel in extracted human teeth, A new method for detecting early caries. *J Dent* 1998; 16: 201-209.
42. Yanıkoğlu FÇ, Öztürk F, Hayran O, Analoui M, Stookey GK. Detection of natural white spot lesions by an ultrasonic system. *Caries Res* 2000; 34: 225-232.
43. Dussik KT. On the possibility of using ultrasound waves as a diagnostic aid. *Z. Neurol Psychiatr* 1942; 174: 153-168. In: Moore CL, Copel JA. Point-of-Care Ultrasonography. *N Engl J Med* 2011; 364: 749-757.
44. Ng SY, Ferguson MWJ, Payne PA, Slater P. Ultrasonic studies of unblemished and artificially demineralized enamel in extracted human teeth: a new method for detecting early caries. *J Dent* 1998; 16: 201-209.
45. Bab IA, Feuerstein O, Gazit D. Ultrasonic Detector of Proximal Caries. *Carries Res* 1997; 31: 332.
46. Ziv V, Gazit D, Beris D, Feuerstein O, Aharonov L, Bab I. Correlative ultrasonic histologic and rontgenographic assesement of approximal caries. *Caries Res* 1998; 32: 294.
47. Gazit D, Ziv V, Bab I, et al. *In vitro/in vivo* assesement of approximal caries using ultrasonic surface waves. *J Dent Res* 1998; 77: 766.
48. Yanıkoğlu FÇ, Arslantunalı D, Akant O, Stookey GK. Early detection of caries and its fluoridation by an ultrasonic system: In Stookey GK Editor. Early detection of dental caries 2, Proceedings of the 4th Annual Indiana Conference. Indianapolis (IN): *Indiana School of Dentistry* 2002, 101-121.
49. Bozkurt FÖ, Tağtekin DA, Hayran O, Yanıkoğlu FÇ, Stookey GK. An ultrasonic system for the detection of dental caries. In: Stookey GK, editor. Early detection of dental caries 3, Proceedings of the 6th annual Indiana Conference. Indianapolis (IN): *Indiana University School of Dentistry* 2003, 107-120.

Yazışma Adresi:

Bora KORKUT
Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Diş Hastalıkları ve Tedavisi AD,
Büyük Çiftlik Sok. No.6 Nişantaşı/İstanbul
Tel : 0212 231 91 20
GSM : 0532 591 15 60
Faks : 0212 246 52 47
E-posta : dtborakorkut@superposta.com