

## DİŞHEKİMLİĞİNDE YENİ BİR GÖRÜNTÜLEME TEKNOLOJİŐİ: OPTİK KOHERENS TOMOGRAFİŐİ (OCT)

### A NEW IMAGING TECHNOLOGY FOR DENTISTRY: OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY (OCT)

*Elif SOĞUR\**,

*B.Güniz AKDENİZ†*

#### ÖZET

Bu derlemede yeni bir görüntüleme tekniği olan optik *koherens* (bütünlük) tomografisi (OCT) yöntemi detaylı olarak irdelenmiş ve bu teknik kullanılarak yapılmış çalışmaların ışığında yöntemin avantaj ve dezavantajları sunulmuştur. OCT'nin dişhekimliği alanındaki farklı disiplinlerde kullanımı ve dental uygulamalardaki tanısai etkinliği tartışılarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar kelime:** Optik koherens tomografisi, diş hekimliği

#### SUMMARY

The aim of this review article was to investigate a new imaging technique named optical coherence tomography (OCT) in detail in view of the scientific studies evaluating its advantages and disadvantages. The use of OCT in different disciplines of dental area and its possible diagnostic potential for various dental applications was discussed and evaluated.

**Keyword:** Optical coherence tomography, dentistry

**Makale GönderiliŐ Tarihi :** 06.09.2004

**Yayına Kabul Tarihi:** 22.11.2004

\* Ege Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Oral Diagnoz ve Radyoloji Anabilim Dalı, AraŐ. Gör.

† Ege Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Oral Diagnoz ve Radyoloji Anabilim Dalı, DoĐ. Gör.

Oral kavitede gözlenen sert ve yumuşak doku hastalıkları, dokusal dejenerasyon sonucu ortaya çıkmaktadır. Sert dokularda gelişen dejenerasyon sonucu görülen çürük lezyonları, diş üzerinde oluşan atrisyon ve abrazyonlar, yumuşak dokularda ise periodontitis ve oral-maksillofasiyel tümörler orodental dokularda sıklıkla gözlenen hastalıklardır. Bu hastalıkların birçoğunun tanı ve tedavi planlaması için en önemli koşul; tüm detayların seçilebildiği yüksek çözünürlüğe sahip diagnostik görüntülerin elde edilebilmesidir. Dişhekimliğinde kullanılan görüntüleme yöntemleri arasında, konvansiyonel radyografi yöntemlerinin yanısıra bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve ultrason gibi modern teknikler de sayılmaktadır<sup>1,2</sup>.

Standart klinik uygulamalarda dental dokulara ait milimetre (mm)'den küçük yapıların incelenmesi bu görüntüleme sistemlerinden herhangi birinin kullanımıyla oldukça zordur. Konvansiyonel film radyografisi, ancak mm'den büyük yapıları ayırt edebilen düzeydeki çözünürlüğü ile diş üzerindeki makroskobik yapı değişikliklerinin tanımlanması için uygundur. Konvansiyonel radyografi tekniklerinde, sabit olan ışın kaynağı ile film arasında kalan bütün anatomik yapıların görüntüsü film üzerinde oluşur<sup>2</sup>. Bu düzende çalışan tekniklerin en büyük dezavantajı, farklı düzlemdeki anatomik oluşumların süperpoze olması nedeniyle, diagnostik bilginin sıklıkla maskelenmesidir<sup>2</sup>. Komşu anatomik yapıların süperpozisyonundan kurtulmak üzere ortaya atılan tomografi tekniği ile ilk kez doku kesitlerine ait görüntüler elde edilebilmiştir. Tomografi tekniğinde ışınlama süresince aynı hızda fakat ters yönde hareket eden ışın kaynağı ve film ile seçilen dokunun tek bir düzlemi görüntülenebilmektedir. Günümüzde de tomografi kelimesi herhangi bir yapının seçilen anatomik düzlemine ait görüntüyü sağlayan radyografik yöntemleri tarif etmek üzere kullanılmaktadır<sup>2</sup>. Özellikle bilgisayarlı tomografi teknikleri ile hem sert hem de yumuşak dokuya ait yüksek çözünürlükte görüntüler elde edilebilmektedir. Ancak hastaya ulaşan ışın dozunun çok yüksek olması, cihazın pahalı oluşu ve çok yer kaplaması ile bilgisayarlı tomografi cihazlarının özellikle medikal amaçlı tasarlanmış olması bu cihazların dental amaçlı kullanımını zorlaştırmaktadır<sup>2</sup>. Dental yumuşak dokuların görüntüsünün elde edilebildiği ve ileri görüntüleme yöntemleri arasında sınıflandırılan ultrason tekniğinde ise görüntülerin çözünürlüğü kullanılan ses kaynağının dalga boyuyla sınırlıdır ve mm'nin altındaki çözünürlüğe ancak optimum şartlarda ulaşabilmektedir. MRG'de ise, mm'nin altında bir çözünürlük elde etmek için gereken süre oldukça uzundur. Bunun yanısıra MRG'nin pahalı oluşu ve cihazın çok yer kaplaması, klinik uygulamalarda pratik olarak kullanımını engellemektedir<sup>2</sup>.

Dişlerin yapısal özelliklerini incelemek için ışık kaynakları da kullanılmıştır. X-ışınının aksine görünür ışığın oluşumunun kolay olması ve dokularda biyolojik hasara neden olmadan görüntü oluşturması diğer görüntüleme tekniklerinde olmayan avantajlardır. Görünen ışık ile ultraviyole ışığın dental materyallerin yapısını ve içeriğini incelemeye kullanıldığı çalışmalar mevcuttur<sup>3,4</sup>. 1990'ların başından itibaren ise, saydam ve yarı saydam yapıların görüntülenmesinde kullanılan yeni bir teknik olan optik *koherens* (bütünlük) tomografisi (OCT) geliştirilmiştir<sup>4,8</sup>.

OCT, ışığın değişik yüzeylerden geçerken gösterdiği yansıma farklarını belirleyerek biyolojik yapıların kesit görüntülerini oluşturan yeni bir görüntüleme tekniğidir. Bu teknikte doku penetrasyonu yüksek ve şimdide dek bildirilmiş bir biyolojik zararı olmayan geniş bantlı, kızıl ötesine yakın dalga boyunda ışık kaynağı kullanılmaktadır<sup>9</sup>. Doku mikrostrüktüründeki detaylar dokuları geçen, yansıyan, ya da dağılan fotonların birbirinden ayırt edilmesiyle açığa çıkar<sup>5,10</sup>. Bu teknik sayesinde hem kemik dokusuna hem de şimdide dek güvenilir olarak görüntülenmesi ve kantitatif olarak değerlendirilmesi mümkün olmayan yumuşak dokuya ait değişikliklerin görüntülenmesi mümkün olmaktadır<sup>11</sup>.

Dental OCT sistemleri sayesinde oral dokulara ait mikrostrüktürel görüntüler elde edilebilmekte ve söz konusu dokulara ait kantitatif ve kalitatif değişiklikler saptanabilmektedir. Bu tekniğin dişhekimliğinde kullanımı ile yumuşak doku ataçmanının lokalizasyonu gibi klinik olarak önem taşıyan anatomik oluşumların özellikleri, gingival dokularda oluşan morfolojik değişiklikler, diş çürüğü ve dental restorasyonların yapısal bütünlüğü gibi konularda bilgi sahibi olmak mümkündür. OCT invaziv olmayan bir yöntemle 20 µm den daha küçük çözünürlükle yapıların biyolojik mikrostrüktürü hakkında bilgi verebilmektedir<sup>11,12</sup>. İntraoral tanı açısından sağladığı en önemli avantaj sert ve yumuşak dokulara ait hem yapısal özellikleri hem de yüzey konturları hakkında bilgi verebilmesidir<sup>13</sup>. Bunun dışındaki avantajları arasında kızıl ötesi ışın'a yakın iyonize olmayan radyasyon kullanılması, yüksek aksiyel rezolüsyona sahip olması, küçük ve pratik bir apacey olması, fazla yer tutmaması, görüntülerin anında oluşması ve eş zamanlı olarak *Doppler* (akım hızı) ölçümlerinin yapılmasına olanak tanınması sayılmaktadır<sup>14,15</sup>.

OCT görüntüsü, dokunun tek bir kesitinden toplanan optik yansımalarının 2 boyutlu gösterimidir, dolayısı ile bir doku kesitinin optik yansıması olarak ifade edilir. Görüntüler gerçek zamanda (bilgisayarda fiziksel bir işlemin gerçekleştiği sürede) görüntülenebilir ve dijital formatta saklanabilir<sup>3,16</sup>.

OCT, ilk kez 1991 yılında Huang ve arkadaşları<sup>5</sup> tarafından bir biyolojik görüntüleme sistemi olarak kullanılmıştır. Fujimoto ve arkadaşları<sup>17</sup> insan gözüne ait *in vivo* görüntüler elde etmiş ve bunu oftalmoloji alanındaki diğer çalışmalar izlemiştir<sup>6,18-22</sup>. İnvaziv olmayan bir görüntüleme yöntemi olarak hızla benimsenen OCT, son 10 yıl içerisinde oküler lezyonların dışında deri<sup>23-25</sup>, memeli serebral korteksi<sup>26</sup>, hayvan gastrointestinal ve solunum yolları<sup>27</sup> ile insan gastrointestinal yolu, larinks, özefagus, serviks ve mesane dokusunun görüntülenmesinde de kullanılmıştır<sup>28,29</sup>. Bunların yanısıra kardiyak fonksiyonların incelenmesinde ve koroner arterlerin atherosklerotik plak morfolojisinin *in vitro* olarak görüntülenmesinde OCT' den yararlanılan çalışmalar da mevcuttur<sup>30,31</sup>. Kardiyovasküler sisteme ait stent ya da balon anjioplastisi gibi işlemler sırasında, anında oluşturduğu vasküler görüntülerle stentin yerleşimi ya da balonun şişirilme sırasında uygulanan işlemlere rehberlik eden OCT tekniği, damar çeperindeki stabil aterom plaklarını stabil olmayanlardan ayırt edebilmektedir<sup>15</sup>. OCT ile elde edilen yüksek rezolüsyonlu epitel tabakası görüntüleri ile eksizye edilecek kanserli doku sınırlarının daha net olarak belirlenmesi sayesinde konvansiyonel biopsiden elde edilecek sonuçların doğruluğunu artırmak ve alınan biopsi sayısını azaltmak ve dolayısı ile tanısal başarıyı yükseltmek mümkündür<sup>15,32,33</sup>. İnsan sinir ve vasküler sisteminin görüntülediği çalışmaların yanı sıra, kan akım hızının ölçümünde de OCT'nin kullanılabileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur<sup>34-36</sup>.

### **Optik koherens (bütünlük) tomografisinin dişhekimliğindeki kullanımı**

Retina gibi saydam ve yarı saydam yapıların görüntülenmesinde kullanılan OCT'nin dental amaçlı kullanımı oral kavitede yer alan dokuların retinaya yapısal benzerlik göstermesi nedeniyle kolaylıkla mümkün olmuştur. OCT'nin dental tanı yönünden başlıca avantajı, alveoler kemik dokusuna ve yumuşak dokuya ait hem mikrostrüktürel yapıların hem de yüzey konturlarının görüntülenebilmesidir<sup>16</sup>. OCT teknolojisinin dental dokuların görüntülenmesindeki ilk kullanımı Colston ve arkadaşlarının<sup>11,12</sup>, yaptığı *in vivo* ve *in vitro* çalışmalar ile gerçekleşmiştir. Warren ve arkadaşları<sup>37</sup> ise sağlıklı ve çürüğü olan dişlerin yapısal özelliklerini *in vitro* olarak saptamada OCT'den yararlanmışlardır. Aparey için özel olarak hazırlanan hassas uçlar sayesinde ise kompozit restorasyonlu dişlerin yanısıra sağlıklı ve çürük dişlerin *in vivo* OCT görüntüleri elde edilebilmiştir<sup>37,38</sup>.

Günümüzde ise polarizasyona duyarlı OCT apareyleri geliştirilmiştir. Bu sayede çürük lezyonlarındaki demineralizasyon-remineralizasyon sürecine ilişkin bilgiler el-

de edilebilmiş ve OCT'nin dişhekimliğindeki tanısal potansiyeli artmıştır<sup>14</sup>.

### **Oral mukozanın görüntülenmesi**

Feldchtein ve arkadaşlarının<sup>4</sup>, çiğneyici mukoza ya da örtücü mukoza gibi farklı keratin içeriklerine sahip oral mukoza dokusunu OCT teknolojisiyle inceledikleri çalışmada alınan görüntülerde, keratin tabakası içeren çiğneyici mukoza görüntülerinin keratinizasyonu zayıf ya da hiç olmayan dokulardan farklı olduğu izlenmiştir. Keratinizasyon, kontrastı azaltmakta ve lamina propria (LP) ile submukozal dokuların epitel dokusundan ayırt edilmesini güçleştirmektedir. Keratinize olmayan mukoza epitelinde ise lamina propria ve submukozanın kontrastı daha belirgin görülmekte ve mukozaya komşu kas ve kemik dokusu izlenebilmektedir. OCT görüntüleri ile, LP ve mukoza altındaki kan damarları ve bez yapılarının da izlenmesi mümkün olmaktadır.

### **Dental dokuların görüntülenmesi**

Oral kavite içindeki sert dental dokuların (mine, dentin, sement) OCT görüntülerinde, bu sert doku tabakalarının hepsini birbirinden ayırt etmek, mine-dentin birleşim sınırını belirlemek mümkündür<sup>4</sup>.

### **Çürük lezyonlarının görüntülenmesi**

Dental çürük oluşumu, lokal bir sert doku demineralizasyonu ile başlayan, sonrasında ise morfolojik kavitasyon ve doku hasarına kadar ilerleyip lezyon oluşumuna neden olan multifaktoriyel patolojik bir süreçtir. Dental çürüklerin sınıflanmasına yönelik bir çok kriter vardır. Bu sınıflandırmalar arasında; çürüğün lokalize olduğu doku (mine, dentin vb.) veya etkilediği diş yüzeyi (okluzal, fasiyal vb.) gibi kategoriler bulunmaktadır<sup>4</sup>.

Diş çürüğünün tanısı için kullanılan yöntemler arasında öncelikle klinik muayene ve intraoral radyografiler yer almaktadır. Günümüzde ileri görüntüleme yöntemlerinin popülaritesi giderek artmakla birlikte bu yöntemlerin birçoğunda iyonize radyasyon kullanılmakta ve lezyon derinliğine ilişkin kantitatif bir değerlendirme yapılamamaktadır<sup>39,40</sup>. İyonizan radyasyona alternatif olarak sunulan ve dişin elektrik rezistansı ölçümüne dayanan elektronik çürük görüntüleme tekniği bazı çalışmalarda kullanılmakla birlikte henüz yaygınlaşmamıştır<sup>41,42</sup>. Gelişmiş bir optik metod olan fiber-optik transillüminasyon (FOTI) tekniği, çürük lezyonlarını belirlemede klinik muayene ve radyografik görüntülerinden üstün sonuçlar vermiştir<sup>39,43</sup>. Tüm bu gelişmiş tekniklerle dahi belirlenemeyen çürük lezyonunun derinliğini Amaechi ve arkadaşları<sup>44</sup> OCT ile kantitatif olarak değerlendirilebilmiş ayrıca lezyonun oluşumu

sırasındaki demineralizasyon aşamasını da saptamışlardır. Kantitatif değerlendirmelere olanak veren OCT yönteminde çürük lezyonları diş üzerinde güçlü bir ışık yansıma alanı olarak izlenmektedir. OCT'nin kullanımı çürük lezyonlarının klinik olarak belirlenemediği durumlarda özellikle önem kazanmaktadır. Diş dokusu ile restoratif materyal arasında gelişen sekonder çürüklerin tanısında ise OCT yönteminin önemi ve sağladığı avantaj bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra klinik muayenede küçük bir kavite olarak gözlenen ama gerçek derinliği görünenden daha fazla olan çürük lezyonları da OCT tekniğiyle kolaylıkla saptanabilmekte ve gerçek derinliğine ait boyutsal ölçümler yapılabilmektedir. Feldchtein ve arkadaşları<sup>4</sup> OCT kullanarak incelediği çürüklü dişlerden X-ışını kullanılarak da radyografik görüntüler almış ayrıca CCD kameralar kullanarak bu görüntüleri dijital olarak kaydetmiştir. Bu farklı yöntemlerle elde edilen görüntüler karşılaştırıldığında, OCT görüntülerinin radyografik görüntülere kıyasla detaya ilişkin daha çok bilgi verdiği saptanmıştır.

#### **Restorasyonlu dişlerin görüntülenmesi**

Dişhekimliğinde dental dokuları restore etmek amacıyla bir çok farklı materyal kullanılmaktadır. Bu materyallerin fiziksel özelliklerinin (basınca dayanıklılıkları, elastikiyetleri, termal *ekspansiyon*-genişleme katsayıları, kırılma indeksi) diş dokusunun özelliklerine benzerlik göstermesi istenir. OCT yöntemi ile restorasyonların bütünlüğü, devamlılığı ve kenar adaptasyonu gibi önemli kriterler değerlendirilebilmektedir<sup>13,38</sup>. Bu teknik sayesinde, restoratif materyalin uygulanma sürecindeki aşamaları da izlemek mümkündür. Aynı bölgeden alınan görüntülerle, restoratif materyalin uygulanması sırasında çürüğün tamamen temizlenip temizlenmediği, kesilen dentin üzerinde oluşan smear tabakası, uygulanan asitleme işlemi sonrasında smear tabakasının elimine edilip edilmediği gibi bir restorasyonun uygulama aşamaları ve başarısını etkileyecek faktörlerin sağlanıp sağlanmadığı izlenebilmektedir<sup>38</sup>. Bunun yanı sıra okluzal restorasyonların diş minesini ile olan kenar uyumu, dentin-kompozit arasındaki uyum ve kavite preparasyonunun okluzal duvar konturu da gözlenebilir. Sınıf V kompozit restorasyonların labial sınırlarını izlemek de OCT yöntemi ile gerçekleştirilebilmektedir<sup>13</sup>.

#### **Periodontal dokuların görüntülenmesi**

Periodontal dokuların değerlendirilmesinde 3 temel yöntemden yararlanır: klinik muayene, periodontal sondlama ve radyografik görüntüleme. Sondlar; yumuşak doku ile diş arasına yerleştirilerek periodontal ataşmanın

değerlendirmesi yapılır. Böylece sondun penetrasyon derinliği (cep derinliği) ölçülür ve yumuşak doku ataşmanın lokalizasyonu belirlenir. Periodontal sondlama hastaya zarar verebildiği gibi tanısız doğruluğuna yönelik tartışmalar günümüzde de sürmektedir. Sondlama sırasında uygulanan kuvvet, dokunun enflamasyon düzeyi, ve diş konturlarındaki anatomik varyasyonlar bu tekniğe ait problemler ve dezavantajlar olarak sayılmaktadır. Klinik muayene ile saptanamayan alveoler kemiğin morfolojik özelliklerini radyografiler ile görüntülemek mümkündür. Radyografilerle dişler üzerindeki demineralizasyon bölgeleri ve alveoler kemik kaybı kısmen belirlense de 3 boyutlu oluşumların 2 boyutlu görüntülerinin yetersizlikleri bilinmektedir. Bu yetersizliklerin başında aktif ve inaktif periodontal hastalığın tanısındaki güçlükler gelmektedir. Periodontal hastalıkların radyografik tanısı ancak önemli düzeyde kemik kaybının olduğu hallerde mümkündür. Radyografiler ile ancak 2 boyut gözlenebildiği için, çürük lezyonuna benzer şekilde kemik defektinin pozisyonu ve derinliği de tam olarak lokalize edilememektedir. Günümüzde, gingival ya da periodontal hastalıkların varlığında oluşan yumuşak doku değişikliklerini görüntüleyebilen bir yöntem yoktur<sup>38</sup>.

OCT tekniği; periodontal doku ataşman lokalizasyonu, gingival dokuda oluşan morfolojik değişiklikler, diş dokusuna ait dejenerasyonlar, dental restorasyonların yapısal bütünlüğü gibi bir çok önemli konuda yüksek çözünürlükte (<20 µm) görüntüleriyle bize bilgi verebilen bir yöntem olarak periodontal tanı açısından da öne çıkmaktadır<sup>5</sup>. Periodontal hastalığın ilerlemesiyle bağ dokusu ataşmanında oluşan değişikliklerin ve alveoler kemik kaybının OCT ile görüntülenebilmesi; özellikle periodontal diagnostik yöntemlerin geliştirmesi konusunda kaydedilmiş önemli bir aşamadır. OCT'nin periodontal yumuşak dokuların mikro düzeydeki yapısal detaylarını gösterdiği düşünülecek olursa, bu yeni görüntüleme yönteminin büyük miktarda bir alveoler kemik kaybı söz konusu olmadan önce aktif periodontal hastalığın tanısındaki etkinliği ortaya çıkmaktadır<sup>6</sup>. Hastalığın başlangıcındaki OCT görüntüleri hasta kayıtlarında saklanabilmekte ve bu sayede hastalığın prognozu, tedaviye verdiği yanıt görsel olarak belgelenebilmektedir.

#### **TARTIŞMA VE SONUÇ**

OCT sisteminin görüntüleme derinliği, kullanılan ışık kaynağının dalga boyu ve dokuları geçtikten sonra toplanan ışığın sayısal aralığı olmak üzere 2 ana faktörle belirlenir. Birçok avantajının yanında bu yeni teknolojinin en önemli dezavantajlarından biri düşük penetrasyon derinliğidir. Bu problemi aşmanın başlıca yolunun ise uzun dal-

ga boyunda ışık kullanmak olduğu bildirilmektedir<sup>14,45</sup>. Otis ve arkadaşları<sup>16</sup> yaptığı çalışmada iki farklı dalga boyuna sahip OCT cihazını karşılaştırmış ve yüksek dalga boylu cihazla elde edilen görüntülerin, düşük dalga boylu cihaza göre daha iyi sonuç verdiğini saptamışlardır. Görüntü kalitesinin artmasını ise yüksek dalga boylu cihazın görüntüleme derinliğinin 2 kat artmasına bağlamışlardır<sup>16</sup>.

OCT görüntülerinde farklı dokuların birbirinden ayırt edilebilmesinin en önemli nedeninin dokuların yapısal içeriği olduğu savunulmaktadır. Brezinski ve arkadaşları<sup>31</sup> yaptıkları çalışmada, OCT görüntülerinde kardiyak kaslar ve komşu yağ dokusu arasındaki kontrast farklılığının dokuların su içeriğine bağlı olarak ortaya çıkabileceği teorisini öne sürmüşlerdir. Benzer olarak, periodontal dokuların *in vivo* görüntülenmesinde sulkus sıvısının kontrastı artırabileceği düşünülmektedir. Periodontal hastalıklar nedeniyle doku sıvılarının miktarında ve içeriğinde oluşan değişimlerin görüntü kontrastında oluşturabileceği farklılıklar klinik diagnostik potansiyeli etkileyebilmekte ve dokulardaki dejenerasyon başlangıcının habercisi olarak hekimlere önemli bir erken tanı avantajı sağlamaktadır. Ancak, bunca avantajına rağmen OCT görüntülerini günümüzde sıklıkla kullanılan diagnostik görüntüleme yöntemleriyle karşılaştıran geniş kapsamlı klinik çalışmalar yapılmamıştır<sup>13</sup>.

Sınırlı sayıda da olsa dişhekimi alanında OCT ile günümüze kadar yapılan çalışmalar bu yöntemin oral ve dental dokulara ait kesitleri yüksek çözünürlükte görüntüleyebildiğini ortaya koymaktadır. Dental sert dokulara ait görüntülerin yanı sıra, periodonsiyum ve alveoler kemiğe ait lezyonların sınırlarını lokalize etmek ve restorasyonları değerlendirmek üzere de kullanılabilir. Gelecekte daha geniş dalga boyuna sahip ışık kaynaklarıyla yapılacak çalışmalar sayesinde penetrasyon derinliğini arttırmak ve daha yüksek çözünürlükte görüntüler elde etmek mümkün olacaktır. Bu görüntülerin histolojik kesitlerle karşılaştırılması ile elde edilecek sonuçlar doğrultusunda histolojik kesit yönteminin zorlukları ve dezavantajları olmadan öncelikle sağlıklı dental yapıların tanımlanması mümkün olacak, daha sonra ise patolojiler belirlenebilecektir. Bunun yanı sıra çürük derinliği, restorasyonların diş dokularına adaptasyonu ve internal defektleri ile periodontal hastalıkların düzeyini belirleyen ölçümler yapmak olarak dahilinde olacaktır. OCT tekniğinin dişhekimliğinde hem bilimsel araştırmalara, hem de başta erken tanı ve tedavi planlaması olmak üzere birçok klinik uygulamaya önemli katkılar ve destek sağlayacağı açıktır.

#### KAYNAKLAR

1. Matteson SR, Deahl ST, Alder ME, Nummikoski PV. Advanced imaging methods. Crit Rev Oral Biol Med 7: 346-395, 1996.
2. Goaz PW, White SC. Oral Radiology. Principles and Interpretation. St. Louis: Mosby, 3rd ed, 1994, 266-290.
3. Spitzer D, Boesh JT. The absorption and scattering of light in bovine and human dental enamel. Calcif Tissue Res 17: 129-137, 1975.
4. Feldchtein FI, Gelikonov VM, Iksanov RR, Gelikonov GV, Kuronov RV, Sergeev AM, Gladkova N, Ourutina MN, Reitze DH, Warren JA. In vivo OCT imaging of hard and soft tissue of the oral cavity. Opt Express 3: 239-250, 1998.
5. Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang W, Hee MR, Flotte T, Gregory K, Puliafito CA. Optical coherence tomography. Science 254: 1178-1181, 1991.
6. Fercher AF, Hitzenberger CK, Drexler W, Kamp G, Sattmann H. In vivo optical coherence tomography. Am J Ophthalmol 116: 113-114, 1993.
7. Wilkins JR, Puliafito CA, Hee MR, Duker JS, Reichel E, Coker JG, Schuman JS, Swanson EA, Fujimoto JG. Characterization of epiretinal membranes using optical coherence tomography. Ophthalmology 103: 2142-2151, 1996.
8. Baumgartner A, Hitzenberger CK, Ergun E, Stur M, Sattmann H, Drexler W, Fercher AF. Resolution-improved dual-beam and standard optical coherence tomography: a comparison. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 238: 385-392, 2000.
9. Delpy DT, Cope M, van der Zee P, Arridge S, Wray S, Wyatt J. Estimation of optical pathlength through tissue from direct time of flight measurement. Phys Med Biol 33: 1433-1442, 1988.
10. Schuman JS, Pedut-Kloizman T, Hertz-Mark E, Hee MR, Wilkins JR, Coker JG, Puliafito CA, Fujimoto JG, Swanson EA. Reproducibility of nerve fiber layer thickness measurements using optical coherence tomography. Ophthalmology 103: 1889-1898, 1996.
11. Colston BW Jr, Everett MJ, Sathyam US, DaSilva LB, Otis LL. Imaging of the oral cavity using optical coherence tomography. Monogr Oral Sci 17: 32-55, 2000.
12. Colston BW, Everett MJ, Dasilva LB, Otis LL, Stroeve P, Nathel H. Imaging of hard- and soft-tissue structure in the oral cavity by optical coherence tomography. App Opt 37: 3582-3585, 1998a.
13. Otis LL, Everett MJ, Sathyam US, Colston Jr BW. Optical coherence tomography: A new imaging technology for dentistry. J Am Dent Assoc 131:511-514, 2000.
14. Baumgarther A, Dichtl S, Hitzenberger CK, Sattmann H, Robl B, Moritz A, Fercher AF, Sperr W. Polarization-sensitive optical coherence tomography of dental structures. Caries Res 34: 59-69, 2000.
15. <http://www.lightlabimaging.com/index.html>.03.06.04
16. Otis LL, Colston B, Everett MJ, Nathel H. Dental OCT: a comparison of two in vitro systems. Dentomaxillofac Radiol 29: 85-89, 2000.
17. Fujimoto JG, Brezinski ME, Tearney GJ, Boppart SA, Bouma B, Southern JF, Swanson EA. Optical biopsy and imaging using optical coherence tomography. Nat Med 1: 970-972, 1995.
18. Schuman JS, Hee MR, Arya AV, Pedut-Kloizman T, Puliafito CA, Fujimoto JG, Swanson EA. Optical coherence tomography: a new tool for glaucoma diagnosis. Curr Opin Ophthalmol 6: 89-95, 1995.

19. Hee MR, Izatt JA, Swanson EA, Huang D, Scuman JS, Lin CP, Puliafito CA, Fujimoto JG. Optical coherence tomography of the human retina. *Arch Ophthalmol* 113: 325-332, 1995.
20. Hitzenberger CK, Baumgartner A, Drexler W, Fercher AF. Interferometric measurement of corneal thickness with micrometer precision. *Am J Ophthalmol* 15: 118: 468-476, 1994.
21. Puliafito CA, Hee MR, Lin CP, Reichel E, Schuman JS, Duker JS, Izaat JA, Swanson EA, Fujimoto JG. Imaging of macular diseases with optical coherence tomography. *Ophthalmology* 102:217-229, 1995.
22. Hee MR, Puliafito CA, Wong C, Duker JS, Reichel E, Rutledge B, Schuman JS, Swanson EA, Fujimoto JG. Quantitative assessment of macular edema with optical coherence tomography. *Arch Opth* 113: 1019-1029, 1995.
23. Shakhov AV, Terentjeva AB, Kamensky VA, Snopova LB, Gelikonov VM, Feldchtein FI, Sergeev AM. Optical coherence tomography monitoring for laser surgery of laryngeal carcinoma. *J Surg Oncol* 77: 253-258, 2001.
24. Gladkova ND, Petrova GA, Nikulin NK, Radenska-Lopovok SG, Snopova LB, Chumakov YP, Nasonova VA, Gelikonov VM, Gelikonov GV, Kuranov RV, Sergeev AM, Feldchtein FI. In vivo optical coherence tomography imaging of human skin: norm and pathology. *Skin Res Technol* 6: 6-16, 2000.
25. Schmitt JM, Yadlowsky MJ, Bonner RF. Subsurface imaging of living skin with optical coherence microscopy. *Dermatol* 191: 93-98, 1995.
26. Roper SN, Moores MD, Gelikonov GV, Feldchtein FI, Beach NM, King MA, Gelikonov VM, Sergeev AM, Reitze DH. In vivo detection of experimentally induced cortical dysgenesis in the adult rat using optical coherence tomography. *J Neurosci Methods* 80: 91-98, 1998.
27. Tearney GJ, Brezinski ME, Bouma BE, Boppart SA, Pitris C, Southern JF, Fujimoto JG. In vivo endoscopic optical biopsy with optical coherence. *Science* 276: 2037-2039, 1997.
28. Gladkova ND, Petrova GA, Nikulin NK, Radenska-Lopovok SG, Snopova LB, Chumakov YP, Nasonova VA, Gelikonov VM, Gelikonov GV, Kuranov RV, Sergeev AM, Feldchtein FI. In vivo optical coherence tomography imaging of human skin: norm and pathology. *Skin Res Technol* 6: 6-16, 2000.
29. Tearney GJ, Brezinski ME, Southern JF, Bouma BE, Boppart SA, Fujimoto JG. Optical biopsy in human urologic tissue using optical coherence tomography. *J Urol* 157: 1915-1919, 1997.
30. Boppart SA, Tearney GJ, Bouma BE, Southern JF, Brezinski ME, Fujimoto JG. Noninvasive assessment of the developing *Xenopus* cardiovascular system using optical coherence tomography. *Proc Natl Acad Sci USA* 94: 4256-4261, 1997.
31. Brezinski ME, Tearney GJ, Weissman NJ, Boppart SA, Bouma BE, Hee MR, Weyman AE, Swanson EA, Southern JF, Fujimoto JG. Assessing atherosclerotic plaque morphology: comparison of optical coherence tomography and high frequency intravascular ultrasound. *Heart* 77: 397-403, 1997.
32. Brezinski ME, Tearney GJ, Bouma BE, Izaat JA, Hee MR, Swanson EA, Southern JF, Fujimoto JG. Optical coherence tomography for optical biopsy. *Circulation* 93: 1206-1213, 1996.
33. Boppart SA, Bouma BE, Pitris C, Tearney G I, Southern J F, Brezinski ME, Fujimoto J G. Intraoperative assessment of microsurgery with three-dimensional optical coherence tomography. *Radiol* 208: 81-86, 1998.
34. Brezinski ME, Tearney GJ, Boppart SA, Swanson EA, Southern JF, Fujimoto JG. Optical biopsy with optical coherence tomography: feasibility for surgical diagnostics. *J Surg Res* 71: 32-40, 1997.
35. Rollins AM, Yazdanfar S, Barton JK, Izatt JA. Real-time in vivo color Doppler optical coherence tomography. *J Biomed Opt* 7: 123-129, 2002.
36. Chen Z, Milner TE, Wang X, Srinivas S, Nelson JS. Optical Doppler tomography: imaging in vivo blood flow dynamics following pharmacological intervention and photodynamic therapy. *Photocchem Photobiol* 67: 56-60, 1998.
37. Warren A, Gelikonov GV, Gelikonov VM, Feldchtein FI, Sergeev AM, Beach NM, Moores MD, Reitze DH. Imaging and characterization of dental structure using optical coherence tomography. *OSA Tech Digest series* 6: 128, 1998.
38. Otis LL, Everett MJ, Sathyam US, Colston BW Jr. Optical coherence tomography: a new imaging technology for dentistry. *J Am Dent Assoc* 131: 511-514, 2000.
39. Wenzel A, Larsen MJ, Fejerkov O. Detection of occlusal caries without cavitation by visual inspection, film radiographs, xeroradiographs, and digitized radiographs. *Caries Res* 25: 365-371, 1991.
40. Ricketts DN, Kidd EA, Smith BG, Wilson RF. Clinical and radiographic diagnosis of occlusal caries: a study in vitro. *J Oral Rehabil* 22: 15-20, 1995.
41. Rock WP, Kidd EA. The electronic detection of demineralisation in occlusal fissures. *Br Dent J* 164: 243-247, 1988.
42. Ricketts DN, Kidd EA, Wilson RF. Are-evaluation of electrical resistance measurements for the diagnosis of occlusal caries. *Br Dent J* 178: 11-17, 1995.
43. Wenzel A, Verdonschot EH, Truin GJ, König KG. Accuracy of visual inspection, fiber-optic transillumination, and various radiographic image modalities for the detection of occlusal caries in extracted non-cavitated teeth. *J Dent Res* 71: 1934-1937, 1992.
44. Amaechi BT, Higham SM, Podoleanu AG, Rogers JA, Jackson DA. Use of optical coherence tomography for assessment of dental caries: quantitative procedure. *J Oral Rehabil* 28: 1092-1093, 2001.
45. Boppart SA, Herrmann J, Pitris C, Stamper DL, Brezinski ME, Fujimoto JG. High-resolution optical coherence tomography-guided laser ablation of surgical tissue. *J Surg Res* 82: 275-284, 1999.

#### Yazışma adresi

Dt. Elif SOĞUR

Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Oral Diagnoz ve Radyoloji A.D.

Bornova, 35100, İZMİR

E-posta: esogur@yahoo.com

Tel: (232) 388 10 81

Fax: (232) 388 03 25