

# “Laser Doppler Flowmetry” ve Endodontide Kullanımı

## “Laser Doppler Flowmetry” and Endodontics: Review

Elif KALYONCUOĞLU<sup>a</sup>  
Ebru ÖZSEZER DEMİRYÜREK<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Diş Hastalıkları ve Tedavisi AD,  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi, Samsun

Geliş Tarihi/Received: 22.01.2008  
Kabul Tarihi/Accepted: 14.04.2008

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Elif KALYONCUOĞLU  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi,  
Diş Hastalıkları ve Tedavisi AD, Samsun  
TÜRKİYE/TURKEY  
elif\_kalyoncu@hotmail.com

**ÖZET** Pulpal sağlığın belirlenmesi endodontik teşhisin asıl hedefidir. Pulpa canlılığının test edilmesinde birçok yöntem önerilmiştir. Günlük pratikte pulpanın durumunu ortaya koymak için uygulanan; elektrikli pulpa testi ve kavite preparasyon testi gibi geleneksel testler, sinir liflerinin hassasiyetine dayanan sübjektif testlerdir. Tıpta ilk defa 1972 yılında uygulanmaya başlanan LDF, son yıllarda diş hekimliğinin bütün dallarında da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. LDF hareket halindeki bir nesneden yansıyan radyasyonun frekansında meydana gelen Doppler kaymasının ölçülmesi temeline dayanan bir tekniktir. Bu teknik düşük güçlü tek renkli lazer ışını taşıyan bir optik prob ile doku kan akımının sürekli ve invaziv olmayan ölçümünü mümkün kılmaktadır. Teknik; diş yüzeyine fiber optik bir probun yerleştirilmesini içerir. LDF içindeki bir lazer kaynağından tek renkli ışık, diş kronu boyunca prob yoluyla dişin pulpasına gönderilir. Sonrasında; yansıyan ışınlar cihaza geri döner. Bu derlemede; LDF'nin tarihçesi, cihazın yapısı, ölçüm yapılırken dikkat edilmesi ve belirtilmesi gereken noktalar, avantaj ve dezavantajları ve diş hekimliğindeki kullanım alanları ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Lazer-Doppler flovmetri; diş hekimliği; endodonti

**ABSTRACT** Determination of pulpal health is an objective of endodontic diagnosis. Many methods have been suggested to test pulp vitality. The usual practical vitality tests which have been referring in endodontics to reveal the main position of the pulp such as thermal, electrical pulp and cavity preparation tests are subjective and based upon the sensibility of nervous system pulp. LDF has been first used in medical science in 1972 and also commonly being used in dentistry in the recent years. LDF is a technique based on measurement of doppler shift formed in the frequency of the radiation that is reflected by a moving object. This technique, with an optic probe carrying low power monochromatic laser ray, allows measurement of tissue blood flow, in continues and noninvasive manner. The technique involves placing a fibre- optic probe against the tooth surface. Monochromatic light from a laser source within the flowmeter is transmitted through the crown of the tooth to the dental pulp via the probe, which also returns reflected light to the flowmeter. The history, using principles, advantages and disadvantages, structure and the use of LDF in dentistry has been presented in the article.

**Key Words:** Laser-Doppler flowmetry; dentistry, endodontics

**Türkiye Klinikleri J Dental Sci 2008;14(3):168-73**

**P**ulpal ve periapikal dokuların canlılığını da sağlayan dolaşım sistemi, temel fizyolojik sistemdir ve dokulardaki metabolik dengeyi sağlar. Kan dolaşımındaki bozukluk; o bölgedeki kapiller dolaşımın azalmasına, zamanla durmasına sebep olur.<sup>1</sup>

Dişin canlılığı; “transmitted light photoplethysmography, transmitted laser light, back-scattered light” gibi elektro optik teknikler<sup>2</sup>, yüzey ısı ölçümleri, “spectrophotometry, pulse oximetry, transillumination, ultraviolet

light photography", elektrik ve termal uyarı testleri<sup>3</sup> gibi birçok teknikle incelenmektedir.

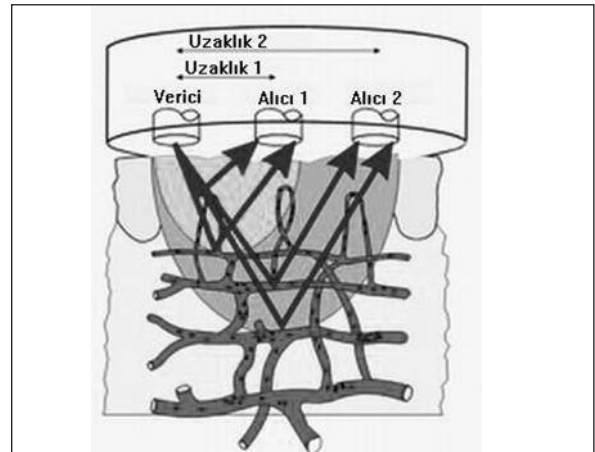
Elektrikli pulpa testleri ve ısıl uyarılar teşhis için en çok kullanılan yöntemlerdir.<sup>4</sup> Elektrik ve termal uyarı testleri pozitif ve negatif değerlerle belirlenen sinirsel iletimin duyarlılığını temel alır. Ancak; nekrotik pulpal ve travmatik olarak yaralanmış dişlerden yalancı pozitif cevap, vital olmasına rağmen apeksi açık dişlerden de yalancı negatif cevap alınabilir.<sup>4,5</sup> Hem elektrik hem de termal uyarılara cevap sinir desteğinin varlığına bağlıdır. Sinir yaralanmasının olduğu durumlarda bu testlerin kullanımları pulpa canlılığının teşhisine uygun olmayabilir.<sup>3</sup> Bazı araştırmacılar; yeni sürmüş dişlerde eşik değerinin arttığını veya elektrik testlerine yanıt vermediğini göstermektedir.<sup>6</sup> Ayrıca; travma gibi kalsifiye doku oluşumunu stimüle ederek pulpa kanalında daralmaya yol açan etkenler nedeniyle dişin canlılığının değerlendirilmesi güçleşebilir. Bu nedenle pulpa canlılığının değerlendirilmesi için farklı teşhis yöntemlerine ihtiyaç duyulur.<sup>7</sup>

Elektrik ve termal pulpa testleri gibi geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, Lazer Doppler Flowmetry (LDF) kullanılarak pulpa kan akımının ölçülmesi çok hassas bir teknik olarak tanımlanır.<sup>8</sup> Bazı yazarlar; travmaya uğramış dişlerde canlılığın tekrar oluştuğunu göstermek için flovmetrik değerlerin kullanımını rapor etmişlerdir.<sup>5,9</sup> Özellikle dişsel travma vakalarında; geçici iskeminin belirlenmesinde ve nekroz ile doku kaybı gibi ilerlemelerin teşhisinde LDF'den yararlanılabilir.<sup>10</sup>

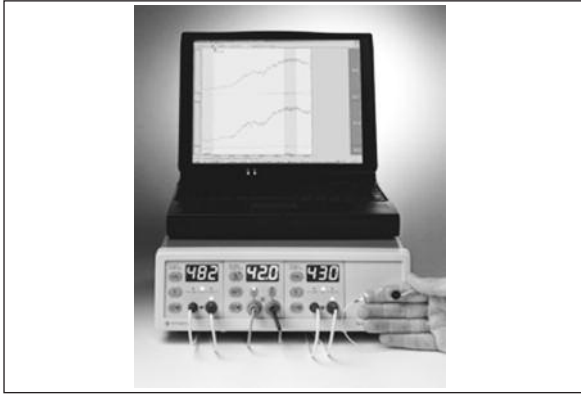
LDF; insan ve hayvanlardaki doku ve organların akut kan akımının; sürekli, yarı geçirgen, invaziv olmayan ve ağrısız ölçümü amacıyla kullanılan çok hassas elektro optik bir yöntemdir (Şekil 1).<sup>2,7,11,12</sup>

Doppler etkisi; ilk olarak Avusturyalı matematikçi ve fizikçi Johann Christion Doppler tarafından 1842 yılında tanımlanmıştır. LDF ile ilgili ilk kayda değer gelişmeler; 1964 yılında Yeh ve Cummins'in çalışmaları ile başlamıştır. Tıpta kullanım amacıyla bu cihaz modifiye edilmiştir (Resim 1).<sup>12</sup> Tıpta deri, retina, renal korteks gibi doku sistemlerindeki kan akımını değerlendirmek için geliştirilmiş olan LDF ilk kez 1972 yılında Riva ve ark.<sup>6</sup> tarafından tavşan retinasındaki kan akımını ölçmek

için kullanılmıştır. Diş hekimliğinde ise; ilk kez 1986 yılında Gazelius ve ark. tarafından dişin canlılığının ve travmaya uğramış dişlerin yeniden damarlanmasının ölçülebildiğini göstermek amacıyla kullanılmış ve canlı dişlerde kalp atışına yakın bir salınım olduğu, canlı olmayan dişlerde ise bu salınımın olmadığı belirtilmiştir.<sup>6,13</sup> Ticari olarak piyasaya sürülmeleri yaklaşık 25 yıl öncesine rastlar. Bu dönemden sonra araştırmalar hız kazanmıştır. Sadece 1990 yılına kadar 600'ü aşkın yayın yapılmıştır. 90'lı yıllara kadar temel olarak deneysel tıbbi araştırmalarda kullanılmıştır. Günümüzde ise; rutin olarak klinik işlemlerde kullanılabilir. LDF yönteminin esası; yayılan lazer radyasyonunun dokulara yansıtılması ve dokulardan geri yansıyan radyasyonun kaydedilmesine dayanır. Işın, dokuların hareketsiz yapıları ve hareketli kan hücreleri üzerine dağıtılır.<sup>1</sup> Bunun için tek renkli lazer ışını taşıyan bir optik uç kullanılır. Bu uç içerisinde; ışını dokuya taşıyan verici fiber ve dokudan geri saçılan ışınları fotodedektöre taşıyan toplayıcı fiber bulunur. Işın demeti prob aracılığıyla dokuya iletilindiğinde; ışının bir kısmı dokuda absorbe olurken, büyük bir kısmı dokudan yansır (Şekil 1). Hareket halindeki bir nesneden yansıyan radyasyonun frekansında Doppler etkisi ile bir değişim olur. Bu değişime "Doppler kayması" denir. Işığı yansıtan statik nesnelere dalga boyunu değiştirmezken, ışığı yansıtan hareketli kan hücreleri Doppler kaymasına neden olur. Doppler kayması meydana gelmiş olan ışın demeti, sinyalleri oluşturur. Bu sinyallerden elde edilen değerler "perfüz-



ŞEKİL 1: LDF cihazlarının ölçüm prensibi.



RESİM 1: Bilgisayara bağlı LDF cihazının oluşturduğu sinyallerin görünümü.

yon" veya "flux" olarak tanımlanır (Resim 1). Dalga boyundaki bu değişimlerin büyüklüğü ve frekans dağılımı, direkt olarak kan hücrelerinin sayısı ve hızıyla ilişkilidir. Fakat hücrelerin hareket yönlerini göstermez. Bunun sebebi, ışığın doku içindeki yayılımıdır. Yani; cihazın ucundan uzakta hareket eden bir hücrenin sinyale olan katkısı, cihazın ucunun önünden geçmekte olan bir hücre ile aynıdır.<sup>12</sup> Ayrıca kılcal damardaki kan akışı damar sayısı ve damar çapı ile analiz edilemez; fakat total kan akışı doku boyunca görüntülenebilir.<sup>14</sup>

## LDF CİHAZININ YAPISI

### 1.LAZER IŞIN KAYNAKLARI

1975'ten 1980'li yılların sonuna kadar helyum neon gaz lazerler tercih edilmiştir. Yarı iletken lazer diyotlar 90'lı yıllarda piyasaya çıkmıştır. Bu diyotlar farklı dalga boylarının kullanımını mümkün kılar ve 620-1500 nm dalga boyu arasında bulunan kırmızı ve kızıl ötesi lazer ışınlarını üretebilir. Piyasada bulunan LDF cihazları yaklaşık 800 nm dalga boyuna sahip lazer ışını üretir.

Proben ucunun çıkış gücü yaklaşık 1mW'tır. Cihazlar düşük güçlü ve tek renkli lazerlerdir. Lazer ışığının rengi dalga boyuna göre yeşil ve kırmızı olabileceği gibi gözle görülmeyen dalga boyuna da sahip olabilirler.

### 2.FOTODEDEKTÖRLER

Fotodedektör olarak çok renkli ve yarı iletken diyotlar kullanılmaktadır. LDF uygulamalarında en sık yarı iletken diyotlar kullanılır.

### 3.FİBER OPTİK DÜZEN

Lazer ışını lens aracılığıyla, çapları 50 ile 2000 µ arasında değişen silika gibi plastik fiberlerden oluşan optik fibere; oradan da dokuya iletilir. Dokudan geri yansıyan ışın yine optik fiberin alıcı ucuna fotodedektöre iletilir.

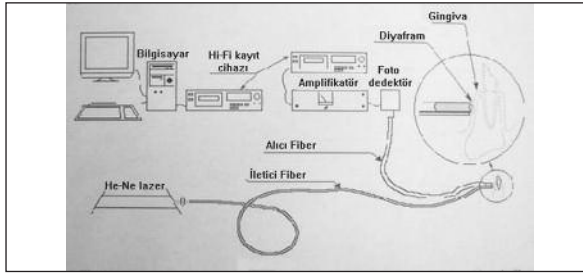
LDF alıcısı parazit seslerden çok fazla etkilenmediği için sinyal/parazit oranını artırmak amacıyla çift kanallı dedektör prensibi önerilmiştir. Bu prensipte iki fotodedektör bulunmaktadır ve her dedektörde iki alıcı fiber kullanılmıştır.

### 4.SİNYAL İŞLEMCİ

Fotodedektörden gelen sinyali, anlamlı verilere dönüştüren kısımdır. Sinyal işlemcide başlıca sorun, akım ve "doppler kayması" arasında doğru ilişki veren bir algoritma bulunmamasıdır.<sup>12</sup>

LDF ile ölçüm yapılırken kan akışından gelen sinyallerin dışında doppler komponenti farklı sesleri de içerir. Hoparlör sesi, kayıt sisteminin gürültüleri, ortamda mevcut olan diğer dış sesler ölçüm sırasında ortamdaki izole edilmelidir.<sup>1</sup> Yani; ölçüm sırasında hem cihaz hem de hastanın standardizasyonu sağlanmalıdır. Kan perfüzyonu ısıya bağımlı olduğundan ölçümlerin standardizasyonu açısından ısı kontrollü bir oda olmalı ve ölçüm yapılmadan önce hasta 15dk dinlendirilmelidir.<sup>12</sup>

Cihazın ölçüm derinliği 1mm civarında olmasına rağmen; daimi dişte ortalama 2- 3,5 mm kalınlığındaki mine ve dentin aşularak, bir dişin pulpasının kan akımı ölçülebilmektedir. Bu; çekilmiş dişlerde pulpa boşluğuna yerleştirilmiş kanül vasıtasıyla, farklı hızlarda ve yoğunlukta kan pompalanması ile elde edilen kayıtlarda gösterilmiştir.<sup>15</sup> Proben ucunun pozisyonu genellikle gingivanın 2-3 mm uzağında veya daha koronalindedir. Bu test metodunun güvenilirliği cihazın ucunun pozisyonundan etkilenir.<sup>16</sup> Ancak; değişik çalışmalar; LDF probunun ucunun gingivalden 1-1,5 mm; 2 mm; 2-3 mm; 3 mm; 4-5 mm koronale yerleştirilebileceğini göstermektedir.<sup>14,17</sup> 750 nm'den büyük penetrasyon alanında çevre dokulardan sinyal alma riski artar. Fiberin çapı, tipi, uzaklığı ve konfigürasyon seçiminin etkisi sonuçları önemli oranda etkiler.<sup>13</sup> Bir dişin insizal kasp tepesinden gingivale gidildikçe ölçüm derinliği artar (Şekil 2).



ŞEKİL 2: LDF cihazının uygulama düzeneği şeması.<sup>1</sup>

Bir ölçümde dokuya ışığı taşıyan ve dokudan ışığı geri taşıyan fiber düzeni ve boyutu sinyal sonucunu değiştirebilir. Cihazın ucunun boyutu büyüdükçe ölçüm yapılan bölgeden alınan sinyal de artar. Bunun nedeni; ucun boyutunun artmasıyla çevreden alınan sinyallerin de algılanmasıdır.<sup>4</sup>

Ölçüm yapılırken probun hareketi de ölçüm sinyallerini etkiler. Bu nedenle; prob dişe bir splint yardımıyla sabitlenir. LDF kayıtları, genellikle diş yüzeyinde optik prob bulunan silikon splintlerle, daha az sıklıkta rijit plastik splintlerle veya nadiren elle tutulan problarla alınır. Splint diş üzerine yapıştırılabilir. Fakat bu amaçla siman kullanılırsa, siman prob kanalına çarpabilir ve lazer ışığının geçişini total veya parsiyel olarak engelleyebilir. Dişten yapılan LDF ölçümleri sırasında gingival dokulardaki kan akımı da algılanabileceğinden, ölçüm sırasında rijit bir splintle beraber rubber-dam kullanımı önerilir.<sup>11</sup>

#### AVANTAJLARI

İnvaziv olmamaları, kullanım kolaylığı, devamlı veya belirli aralıklarla kayıt sağlamaları başlıca avantajlarıdır. Ayrıca; cihaz bilgisayara bağlanarak, özel yazılımı vasıtasıyla veriler grafikler halinde izlenebilir ve istatistiksel olarak analiz edilebilir. Sipariş üzerine amaca yönelik özel problar da üretilir.<sup>18</sup>

#### DEZAVANTAJLARI

Bu yöntem, akut değişiklikleri belirlemek için güvenilir değildir. Fakat LDF doğru pozisyonu tekrarlama problemi nedeniyle uzun süreli ortodontik kuvvet uygulanması sonrasında pulpal dolaşımın değerlendirilmesi için uygun değildir.<sup>19</sup>

Yüksek oranda doğruluk sağlamasına karşın LDF ile kan akışı ölçümünün karmaşık ve zaman

alıcı bir yöntem olması yöntemin bir dezavantajıdır.<sup>13</sup>

Yöntemin temel dezavantajı ise elde edilen çikış değerlerinin mutlak olmaması ve her zaman kan akımı ile doğrusal ilişkiye sahip olmamasıdır. Örneğin; çıkış sinyallerinin %100 artması kan akımının %100 arttığını göstermeyebilir. Doğrusal olmamasının sebebi, hareketli hücrelerle fotonların çoklu çarpışmalarının etkileridir. Bir dokuda kırmızı kan hücrelerinin %1'i aştığı durumda doğrusal kaybolur. Bu oran pulpada ve diğer çoğu dokuda muhtemelen daha fazladır.<sup>12</sup>

Cihazın bir başka dezavantajı da fiyatının yüksek oluşudur.<sup>18</sup>

#### DIŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANIM ALANLARI

Diş hekimliğinde LDF; diş, dişeti, kemik dokusunun incelenmesinde kullanılmaktadır.

Ingolfsson ve ark.<sup>4</sup> 1994 yılında pulpa canlılığının değerlendirilmesinde LDF'nin prob boyutunun etkinliğini incelemişlerdir. Prob boyutlarını 250, 500, 800, 1000 ve 1500 mikron olarak belirlemişlerdir. Canlı pulpalı dişlerden nekrotik pulpalı dişleri ayırt etmede elektrik pulpa testleri kullanıldığında 11 dişin sadece 7'sinin canlı olduğu belirlenebilirken; LDF kullanılarak yapılan ölçümlerde 11 dişin 10'unun canlı olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca en hassas ölçümün en küçük çaptaki prob ile yapılabildiğini bildirmişlerdir.

Chandler ve ark.<sup>20</sup> tarafından 2001 yılında yapılan çalışmada çürüklü molar dişlerde lazer ışığının geçişi değerlendirilmiştir. Dişlerin 3 bukkal ve 3 lingual noktasından inceleme yapılmıştır. Bukkaldeki tüm noktalardan lingualde ise en az bir noktadan pulpanın aydınlatılabildiği bildirilmiştir.

Strobl ve ark.<sup>21,22</sup> tarafından 2004 yılında yapılan çalışmalarda lüksasyona uğramış üst kesicilerin splintlenmesinden sonra pulpanın kan akımı değerlendirilmiştir. Reimplantasyondan 4 -12 hafta sonra pulpanın kan akımı değerlerindeki artışın devam ettiği; bu yüzden klinik olarak; insan dişlerinden LDF ölçümlerinin ilk olarak reimplantasyondan 30 gün sonra yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Ramsey ve ark.<sup>23</sup> 1991 yılında yaptığı çalışmada diş üzerine yerleştirilen prob pozisyonunun

pulpa kan akımı ölçümündeki LDF kayıtlarını etkileyebildiği gösterilmiştir.

Pitt Fort ve ark.<sup>24</sup> 1993 yılında pulpanın kan akımı üzerine adrenalinin etkisini incelemişlerdir. Sadece %2'lik lignokain ile 1:80,000 adrenalin içeren %2'lik lignokaini karşılaştırmışlar ve adrenalin kullanılmadığında pulpanın kan akımının azaldığını ve pulpa anestezi süresinin 25,1 dk olduğunu; adrenalin içeren lignokain uygulandığında ise anestezi süresinin 100 dk (diğerinin 4 katı) olduğunu ve adrenalin sebebiyle azalmış kan akımı süresinin 68.5 dk olduğunu belirtmişlerdir.

Odor ve ark.<sup>25</sup> 1996 yılında yaptıkları bir çalışmada kök kanal dolgulu dişlerden canlı bir dişi ayırt etme gücü üzerine dalga boyu ve bant genişliği etkisini incelemek için özel olarak hazırlanmış bir LDF cihazı kullanmışlardır. Araştırmada; 2 farklı dalga boyu (633 ve 810 nm) ve 3 farklı bant genişliği (3.1, 14.9, 22.1 kHz) uygulanmış; incelemeler sonucunda, 810 nm ve 3.1 kHz kombinasyonunun en büyük hassasiyete sahip olduğu bulunmuştur.

Brodin ve ark.<sup>19</sup> tarafından 1996 yılında yapılan bir çalışmada; 2N'luk bir kuvvetle dişler intrüze edildiğinde pulpa kan akışının %80 azaldığı fakat 5 dk sonra uygulama öncesindeki değerlere döndüğü gözlenmiştir. Aynı çalışmaya göre, diş ekstrüzyonunun pulpanın kan akımı üzerine hiçbir etkisi olmadığı belirtilmiştir.

Ikawa ve ark.<sup>26</sup> 2003 yılında insan pulpasının kan akışındaki değişikliklerin yaşla ilişkisini incelemişler ve pulpa kan akışının artan yaşla önemli derecede azaldığını gözlemlemişlerdir. Bunun sebebinin; sekonder dentin artışı ve diş pulpasındaki yaşa bağlı arterosklerotik değişikliklerin histolojik bulgularıyla ilgili olduğu düşünülmüştür.

Polat ve ark.<sup>12</sup> 2004 yılında yaptıkları bir çalışmada canlı ve kök kanal tedavili dişlerden alınan sinyallerin kaynağı değerlendirilmiş ve herhangi bir önlem alınmaksızın (rubber-dam gibi) yapılan pulpa kan akımı ölçümlerinde sonuçların çelişkili olabileceği, pulpa dışındaki dokuların da katılım gösterdiğinin göz önünde tutulması gerektiği bildirilmiştir.

Hartmann ve ark.<sup>11</sup> 1995 yılında pulpanın kan akımı ölçüm değerleri üzerine çevresel etkileri değerlendirmişler, poliüretan splint ile silikon splint

kullanımını karşılaştırmışlar ve sonuç olarak; poliüretan splint ve rubber-dam kombine kullanımını önermişlerdir.

Akpınar ve ark.<sup>14</sup> 2004 yılında LDF ölçümlerine gingivanın etkisini incelemişlerdir. Sadece labial gingivanın kapatılmasından sonraki ölçüm değerlerinin labial ve palatal gingiva kaplandıktan sonra %46-%63 arasında azaldığını göstermişlerdir. Sadece palatal gingiva izole edildiğinde ise önemli derecede bir azalma olmamıştır.

Mearos ve ark.<sup>6</sup> 1997 yılında çocukların premolar dişlerinde farklı pulpal durumlar altında kan akış ölçümlerinde Moor DRT4 ve Laserflo BPM2 olan iki farklı LDF cihazlarının ölçüm etkinliğini incelemişlerdir. Pulpası çıkarılmış dişler, nekroz pulpalı dişler ve canlı pulpalı dişler karşılaştırılmıştır. Moor DRT4 cihazıyla alınan sonuçların canlı pulpalı dişlerin nekroz ve pulpasız dişlere oranla önemli ölçüde istatistiksel farklılık gösterdiği bildirilmiştir. BPM2 cihazıyla da DRT4 cihazıyla benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca; aynı çalışmada DRT4 cihazıyla yapılan ölçümde canlı pulpalı dişlerde vazokonstriktörsüz lokal anestezik yapılmadan öncesi ve sonrası arasında da farklılık olduğu bildirilmiştir.

Emshoff ve ark.<sup>27</sup> 2008 yılında yaptıkları bir çalışmada segmental Le-Fort 1 ve segmental olmayan Le-Fort 1 sonucu üst anterior ve 1. premolar dişlerdeki kan akımı değişikliğini incelemişlerdir. Ölçümler cerrahi öncesinde, cerrahiden 3-5 gün sonraki aralıkta ve 55-59 gün sonraki aralıkta yapılmıştır. Cerrahi öncesi ve sonrası arasında %40'dan fazla bir azalma tespit edilmiştir. Ayrıca; segmental Le-Fort 1 ve segmental olmayan Le-Fort 1 arasında da önemli oranda farklılık bulunmuştur.

Develioğlu ve ark.<sup>28</sup> tarafından 2006 yılında yapılan çalışmada sabit parsiyel protezlere bağlı dişler ve kontralateral doğal dişlerdeki gingival kan akımı karşılaştırılmıştır. LDF ile yapılan ölçümlerde iki grup arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılık saptanmıştır. Plak indeksi haricindeki klinik değerlendirmeler sonucunda ise iki grup arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunamamıştır.

Polat ve ark.<sup>29</sup> tarafından 2008 yılında yapılan çalışmada temaslı ve temassız LDF propları kullanımını sonucu oluşan LDF ışığının penetrasyon derinli-

ği karşılaştırılmıştır. Dişlerin kuronlarının servikal üçlüsü hizasından ölçüm yapıp karanlık ortamda fotoğraf alınmıştır. Çalışma sonucunda temaslı ve temassız LDF proplarının kullanımı arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır.

Strobl ve ark.<sup>30</sup> tarafından 2005 yılında yapılan çalışmada lüksasyon travmalarının tipinin pulpal kan akımı ölçümlerinden etkilenip etkilenmeyeceği ve ölçüme bağlı lüksasyon tipinin pulpal kan akımı değerlerinin kısa ve uzun dönemlerde değişiklik gösterip göstermeyeceği değerlendirilmiştir. Splint uzaklaştırıldıktan sonraki 12, 24 ve 36. haftalarda ölçümler yapılmıştır. İntrüzyon tipi lüksasyonlarda diğer lüksasyon tiplerine oranla daha düşük pulpal kan akımı değerleri alınmıştır. Ayrıca uzun dönem incelemelerinde de değerlerde herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir.

Roebuck ve ark.<sup>31</sup> 2000 yılında anterior dişlerin vitalitesinin değerlendirilmesinde cihaz ucunun tasarımı, pozisyonu, band genişliği ve dalga boyunun ölçüm sonuçlarına etkisini incelemişlerdir. 500 mm'lik fiber ayırıcılı bir prob ile 3 kHz band genişliğinde filtre içeren 633 nm'lik lazer kaynağı kombinasyonu kullanılarak, gingival marjinden 2-3 mm uzaktan ölçüm yapılması gerektiğini tavsiye etmişlerdir.

## SONUÇ

LDF; vücuttaki birçok dokuda olduğu gibi, diş pulpası ve çevre dokuların kanlanmasını ölçmede de güvenilir bir yöntemdir. Yeni bir yöntem olmasına rağmen kısa sürede oldukça fazla çalışmada yer almıştır. Günümüzde verilerin güvenilirliği ve dokuda herhangi bir zarara yol açmaması nedeniyle kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Ulyanov SS, Lepilin AV, Lebedeva NG, Sedykh AV, Kharish NA, Osipova Y, et al. Doppler and speckle methods for diagnostic in dentistry. *Proc SPIE* 2002;4607:381-90.
2. Emshoff R, Emshoff I, Moschen I, Strobl H. Laser Doppler flow measurements of pulpal blood flow and severity of dental injury. *Int Endod J* 2004;37:463-7.
3. Musselwhite JM, Klitzman B, Maixner W, Burkes EJ Jr. Laser Doppler flowmetry: a clinical test of pulpal vitality. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997;84:411-9.
4. Ingólfsson AR, Tronstad L, Hersh EV, Riva CE. Efficacy of laser Doppler flowmetry in determining pulp vitality of human teeth. *Endod Dent Traumatol* 1994;10:83-7.
5. Roeykens H, Van Maele G, Martens L, De Moor R. A two-probe laser Doppler flowmetry assessment as an exclusive diagnostic device in a long-term follow-up of traumatised teeth: a case report. *Dent Traumatol* 2002;18:86-91.
6. Mesaros S, Trope M, Maixner W, Burkes EJ. Comparison of two laser Doppler systems on the measurement of blood flow of premolar teeth under different pulpal conditions. *Int Endod J* 1997;30:167-74.
7. Evans D, Reid J, Strang R, Stirrups D. A comparison of laser Doppler flowmetry with other methods of assessing the vitality of traumatised anterior teeth. *Endod Dent Traumatol* 1999;15:284-90.
8. Emshoff R, Emshoff I, Moschen I, Strobl H. Laser Doppler flowmetry of luxated permanent incisors: a receiver operator characteristic analysis. *J Oral Rehabil* 2004;31:866-72.
9. Lee JY, Yanpiset K, Sigurdsson A, Vann WF Jr. Laser Doppler flowmetry for monitoring traumatized teeth. *Dent Traumatol* 2001;17:231-5.
10. Emshoff R, Moschen I, Strobl H. Use of laser Doppler flowmetry to predict vitality of luxated or avulsed permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;98: 750-5.
11. Hartmann A, Azérad J, Boucher Y. Environmental effects on laser Doppler pulpal blood-flow measurements in man. *Arch Oral Biol* 1996;41:333-9.
12. Polat S, Öztürk M. Dişhekimiğinde laser doppler flowmetry. *CÜ Diş Hek Fak Derg* 1998;1: 119-25.
13. Gazelius B, Lindh-Strömberg U, Pettersson H, Oberg PA. Laser Doppler technique--a future diagnostic tool for tooth pulp vitality. *Int Endod J* 1993;26:8-9.
14. Akpınar KE, Er K, Polat S, Polat NT. Effect of gingiva on laser doppler pulpal blood flow measurements. *J Endod* 2004;30:138-40.
15. Vongsavan N, Matthews B. Experiments on extracted teeth into the validity of using laser Doppler techniques for recording pulpal blood flow. *Arch Oral Biol* 1993;38:431-9.
16. Ingólfsson AE, Tronstad L, Riva CE. Reliability of laser Doppler flowmetry in testing vitality of human teeth. *Endod Dent Traumatol* 1994;10: 185-7.
17. Polat S, Er K, Akpınar KE, Polat NT. The sources of laser Doppler blood-flow signals recorded from vital and root canal treated teeth. *Arch Oral Biol* 2004;49:53-7.
18. Doruk C, Babacan H. Ortodontide laser Doppler flowmetry. *Türk Ortodonti Dergisi* 2003;16: 82-90.
19. Brodin P, Linge L, Aars H. Instant assessment of pulpal blood flow after orthodontic force application. *J Orofac Orthop* 1996;57:306-9.
20. Chandler NP, Pitt Ford TR, Watson TF. Pattern of transmission of laser light through carious molar teeth. *Int Endod J* 2001;34: 526-32.
21. Strobl H, Emshoff I, Bertram S, Emshoff R. Laser Doppler flow investigation of fractured permanent maxillary incisors. *J Oral Rehabil* 2004;31:23-8.
22. Strobl H, Haas M, Norer B, Gerhard S, Emshoff R. Evaluation of pulpal blood flow after tooth splinting of luxated permanent maxillary incisors. *Dent Traumatol* 2004;20:36-41.
23. Ramsay DS, Artun J, Martinen SS. Reliability of pulpal blood-flow measurements utilizing laser Doppler flowmetry. *J Dent Res* 1991;70: 1427-30.
24. Pitt Ford TR, Seare MA, McDonald F. Action of adrenaline on the effect of dental local anaesthetic solutions. *Endod Dent Traumatol* 1993;9:31-5.
25. Odor TM, Pitt Ford TR, McDonald F. Effect of wavelength and bandwidth on the clinical reliability of laser Doppler recordings. *Endod Dent Traumatol* 1996;12:9-15.
26. Ikawa M, Komatsu H, Ikawa K, Mayanagi H, Shimauchi H. Age-related changes in the human pulpal blood flow measured by laser Doppler flowmetry. *Dent Traumatol* 2003;19: 36-40.
27. Emshoff R, Moschen I, Strobl H. Treatment outcomes of dental injury diagnoses as related to blood flow measurements from teeth. *J Oral Rehabil* 2008;35:209-17.
28. Develioglu H, Kesim B, Tuncel A. Evaluation of the marginal gingival health using laser Doppler flowmetry. *Braz Dent J* 2006;17:219-22.
29. Polat S, Er K, Polat NT. Penetration depth of laser Doppler flowmetry beam in teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;100:125-9.
30. Strobl H, Moschen I, Emshoff I, Emshoff R. Effect of luxation type on pulpal blood flow measurements: a long-term follow-up of luxated permanent maxillary incisors. *J Oral Rehabil* 2005;32:260-5.
31. Roebuck EM, Evans DJ, Stirrups D, Strang R. The effect of wavelength, bandwidth, and probe design and position on assessing the vitality of anterior teeth with laser Doppler flowmetry. *Int J Paediatr Dent* 2000;10:213-20.