

LAZER DOPPLER FLOWMETRİ (LDF)'NİN DIŞHEKİMLİĞİNDEKİ ÖNEMİ

THE IMPORTANCE OF LASER DOPPLER FLOWMETRY IN DENTISTRY

Kahraman GÜNGÖR*

ÖZET

Lazer Doppler Flowmetri (LDF) hareket halindeki bir nesneden yansıyan radyasyonun, frekansında oluşan, Doppler kaymasının esasına dayanan yeni bir tekniktir. Bu teknik düşük güçlü monokromatik lazer ışını taşıyan bir optik prob ile doku kan akımının sürekli ve noninvaziv ölçümünü mümkün kılmaktadır.

Literatürde LDF tekniğinin; çürüğün, diş preparasyonunun, travmanın, osteotomilerin, ortodontik hareketlerin diş ve çevre dokuların kanlanması üzerinde etkisinin incelenmesinde kullanıldığı görülmektedir.

Tıp alanında deneysel amaçlı olarak çok yaygın kullanılan LDF klinik alanlarda da kendine yaygın bir kullanım alanı bulmaya başlamıştır.

Anahtar kelimeler: Lazer Doppler Flowmetri, kan akımı, dişhekimliği.

SUMMARY

Laser Doppler Flowmetry (LDF) is a technique on measurement of Doppler shift formed in the frequency of radiation that is reflected by a moving object. This technique, with a optic probe carrying low power monochromatic laser ray, allows measurement of tissue blood flow, in a continuous and non invasive manner.

In the literature, it is stated that the LDF technique is used in examining the effect of caries, tooth preparation, trauma, osteotomies, orthodontic movements on teeth and the tissues around it.

LDF is very widely used in field of medicine for experimental purposes but now also started to find a wide area of application in the field of clinics too.

Key words: Laser Doppler flowmetry, blood flow, dentistry.

* G.Ü. Dişhekimliği Fakültesi Oral Diagnoz ve Radyoloji Bilim Dalı, Yrd. Doç. Dr.

GİRİŞ

Lazer Doppler Flowmetri (LDF), Doppler kaymasını temel alan bir tekniktir. Hareket halindeki bir nesneden yansıyan radyasyonun frekansında Doppler etkisi ile bir değişim olur. Bu değişime Doppler kayması denir².

LDF sıvı mekaniği dalında, sıvı içinde hareket eden küçük partiküllerin oluşturduğu Doppler kaymasına duyarlı olan, sıvı hızı ölçüm tekniğidir.

Tıpta LDF metodu, Doppler kaymasından yararlanarak, doku kan akımının sürekli ve noninvaziv ölçümü amacı ile kullanılan yeni bir tekniktir. Bu amaçla düşük güçlü monokromatik lazer ışını taşıyan, bir optik prob kullanılır. Ölçüm probu içerisinde ışını dokuya taşıyan verici fiber ve dokudan geri yansıyan ışınları, fotodedektöre taşıyan toplayıcı fiber bulun-

maktadır. Işın demeti proba dokuya iletildiğinde, ışının bir kısmı dokuda absorbe olurken, büyük bir kısmı dokudan yansır. Işığı yansıtan statik nesnelere dalga boyunu değiştirmezken, ışığı yansıtan hareketli kan hücreleri Doppler kaymasına neden olurlar. Doppler kayması oluşmuş olan ışın demeti sinyaller oluşturur. Bu sinyallerden elde edilen değerler perfüzyon veya flüx olarak tanımlanırlar. Dalga boyundaki bu değişimlerin büyüklüğü ve frekans dağılımı, direkt olarak kan hücrelerinin sayısı ve hızıyla ilişkilidir^{2,29,31,36,37}.

Lazer Doppler Flowmetri Cihazını Oluşturan Bölümler:

1.Lazer Işını Kaynakları:

1975'lerden 1990'lı yıllara kadar helyum-neon gibi gaz lazerler tercih edilmiştir^{14,29}. 90'lı yıllarda alter-

natif olarak semikondüktör diod lazerler piyasaya çıkmıştır. Semikondüktör diod lazerlerin kullanımı, farklı derinliklerdeki vasküler yataklar hakkında bilgi edinebilmeyi mümkün kılan, farklı dalga boylarının seçimine izin verir. Semikondüktör diod lazerler 620 ile 1500 nm dalga boyu arasında kırmızı ve kızıl ötesi lazer ışınları üretebilirler²⁶. Piyasada bulunan semikondüktör diod lazerlerle çalışan LDF cihazları yaklaşık 800nm dalga boyuna sahip lazer ışını üretirler²⁹. Semikondüktör diod lazerlerin ucuz olmaları, yüksek voltaja ihtiyaç duymamaları avantajlarından-
dır.

Prob ucu çıkış gücü yaklaşık 1mW'tır. Cihazların kullandığı lazer; düşük güçlü monokromatik lazerdir. Lazer ışınının rengi dalga boyuna göre yeşil ve kırmızı olabileceği gibi gözle görülemeyen dalga boyuna da sahip olabilirler.

2.Fotodedektörler:

Fotodedektörler olarak fotomultiplier ve semikondüktör diodlar kullanılmaktadır. Fotomultiplier, yüksek akım kazançlı ve düşük parziteli bir fotodedektördür. Mavi ve yeşil renk (441.6nm ve 632.8nm dalga boyu) aralığında daha duyarlıdır. Semikondüktör diodlar LDF uygulamalarında en sık kullanılan fotodedektörlerdir²⁹.

3.Fiber Optik Düzen:

Lazer ışını, lens aracılığı ile optik fibere iletilir. Bunun için çapları 50 ile 200m arasında değişen sili-ka gibi fiberler kullanılır. Lazer ışını fiber aracılığı ile dokuya iletilir. Dokudan geri yansıyan ışın yine optik fiber aracılığı ile fotodedektöre iletilir²⁹.

4.Sinyal İşlemcisi:

Fotodedektörden gelen sinyali, anlamlı verilere çeviren bölümdür. Sinyal işlemede başlıca problem, akım ve Doppler kayması arasında, doğrusal ilişki veren bir algoritma bulunmamasıdır. Akım hesaplamasında ideal bir algoritma; akım, doku tipleri ve hematokritin tüm değerleri ile doğrusal ilişkiye sahip olmanın yanında, çoklu saçılma etkilerini de hesaba katmalıdır. Fakat henüz böyle ideal bir algoritma mevcut değildir²⁹.

LDF Ölçüm Değerlerinden Elde Edilen Veriler:

1.Hareketli Kan Hücrelerinin Konsantrasyonu [Concentration of Moving Blood Cells (CMBC)]:

Hareketli kan hücrelerinin konsantrasyonu, doku

boyunca normal hızda hareket eden kan hücrelerinin sayısı ile doğru orantılıdır. Bu terim cihazın ölçüm aralığında (2Hz ile 24Hz arası gibi) olan Doppler kayması oluşturan tüm hücreleri ifade eder. CMBC, lazer ışınının gönderildiği dokudaki ışını absorbe etmiş hareketli kırmızı kan hücrelerinin sayısıdır. CMBC değeri hücrelerin sayısı ile doğru orantılı olarak artar²⁶.

2.Hız(Velocity=Speed):

Lazer ışınının etkilediği kan hücrelerinin ortalama akış hızıdır.

3.Perfüzyon Ünitesi(PÜ):

Ölçümler cihazın kendine özgü olan perfüzyon üniteleri ile veya flüx olarak ifade edilir. Perfüzyon, ölçülen hacimdeki kan hücresi (CMBC) ile hücrelerin ortalama hız (Velocity) değerinin çarpımı olarak tanımlanır^{29,31,36}.

$$PU=CMBC \times Velocity$$

4.Total Backscatter(TB):

Lazer ışınının dokuya gönderilmesinin ardından dokudan geri yansıyan ışın miktarıdır. TB değeri ekrandan görülebileceği gibi kağıda da dökülebilir.

LDF'nin günümüzde kullanıldığı alanlar:

Ortopedide; kas, ligament, tendon, kemik, kırık-dak ve eklem sıvılarının kan akımlarının ölçülmesinde²¹, iç hastalıklarında; yapısal ve fonksiyonel mikro-anjiyopatilerin tesbitinde³⁵, Gastroenterolojide; mide, kolon, düdönüm ve rektumun kan akımının ölçümünde³, Plastik ve rekonstrüktif cerrahide; reimplante edilen doku ve fleplerin kanlanmasının ölçümünde¹⁸, Kardiyovasküler cerrahide; vasküler rekonstrüksiyonda mikrovasküler kan akımının ölçümünde ve aterosklerozun lokalizasyonu ve şiddetinin ölçülmesinde¹⁵, Dermatolojide; patch testinde, psöriazis, skleroderma ve derinin iritan varis çeşitlerinin tesbitinde²⁰, Nörolojide; periferik nöropatiye bağlı nörolojik bozuklukların tesbitinde³⁸, Anestezyolojide; farklı tip anestezi ve analjezik ajanların etkilerine bağlı sempatik blokaj ve periferik kan akımındaki değişikliklerin tesbitinde¹⁹, Farmakolojide; insan ve hayvanda kan akımı ölçümü ile ilaç etkisi ve doz ölçümü yapılabilmesinde¹², ilaç sanayinde; topikal ilaçların, kozmetiklerin iritan etkilerinin tesbitinde ve lokal değişiklik ve deri fizyolojisindeki çalışmalarda³⁴ kullanılır.

Dışhekimliğinde LDF'nin kullanımı:

Baab, Öberg ve Holloway⁶ 1986 yılında yaptıkları çalışmada dişetinden elde edilen ölçümlerde basıncın önemini vurgulamışlardır. Kuvvet uygulamasının (basınç, soğuk-sıcak, oklüzal kuvvet) periodontal kan akımına etkisi ve istirahat halinde dişeti kan akımını çalışmışlar ve sağlıklı bireylerde alveoler mukoza, interdental dişeti, yapışık ve serbest dişeti kan akımı ölçümleri lokalize basınç uygulanan bütün dişeti tiplerinde iskemik cevap alınmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Ölçüm yapılırken prob ile dişeti arasındaki mesafenin 1mm'ye kadar olduğu durumlarda ölçüm değerinde önemli bir değişim meydana gelmediğini bildirmişlerdir. Yine yaptıkları splint de dişlerden destek almış ve dişetine hiç dokunulmamıştır.

Baab ve Öberg⁷ 1987 yılında, LDF tekniği ile köpeklerdeki tedavi edilmiş ve tedavi edilmemiş gingivitis, gingival kan akımlarını karşılaştırmışlardır. Tedavi edilmemiş taraftaki kan akımında, zamanla hafif bir artma gözlenmiştir. Fakat tedavi edilen taraftaki inflamasyonun iyileşmesi ile, kan akımında beklediği gibi belirgin bir azalma olmamıştır. Böylece, gingival inflamasyondaki mikrovasküler değişikliklerin hızlı gelişmediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca gingivitisin tamamen reversible bir hastalık olduğu fikrinin, doğru olmayabileceği fikri ileri sürülmüştür.

Baab ve Öberg'in⁸ yine 1987 yılında yaptığı başka bir çalışmada sigara içmenin dişeti kan akımı üzerine olan etkisi incelenmiştir. Sonuçta sigara içildiği anda dişetindeki kan akımının arttığı bulunmuştur. Bu çalışmada kullanılan ve braketterle diş sabitlenen prob tutucu dikkat çekmektedir.

Wilder-Smith'in⁴¹ 1988 yılında yaptığı çalışmada, pulpal kan akımının LDF ile güvenli bir şekilde değerlendirilebileceği ifade edilmiştir.

Gazelius ve Olgart²⁶ 1988 yılında travmaya uğramış dişler üzerinde LDF ile çalışmışlardır. Sonuçta, travma sonrası lükse dişlerin kan akımlarını LDF tekniği ile ölçüp tekrar damarlanmayı izlemişler ve kan akımının yeniden ilk haline dönebileceğini göstermişlerdir.

Boutault, Cadenat ve Hibert⁹ 1989 yılında yaptıkları çalışmada LDF ile dişeti kan akımını değerlendirmişler ve LDF'nin dişeti kan akımını değerlendirmek için çok iyi bir araç olduğu sonucuna varmışlardır.

Ayrıca bu hassas ve zararsız teknikte çok farklı uygulama şekilleri düşünülebileceğini ifade etmişlerdir.

Ramsay, Artun ve Martinen'in³³ 1991 yılında yaptıkları çalışmada, LDF probunun diş üzerindeki konumunun ölçüm sonuçlarını etkileyip, etkilemediğini ve aynı bölgeden yapılan ölçüm değerlerinin zamanla değişip değişmediğini incelemişlerdir. Sonuçta dişin vestibül yüzünün ortasından insizale yaklaşıldıkça ölçüm değerinin azaldığı, dişetine yaklaşıldıkça arttığı gösterilirken, mesiodistal yönde kaydırılan ölçüm noktalarında ölçüm değerlerinde belirgin bir fark olmadığı ifade edilmiştir. Ayrıca aynı noktalardan farklı zamanlarda yapılan ölçümler arasında da istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı belirtilmiştir.

Fazekas ve arkadaşları¹² 1991 yılında yaptıkları çalışmada, anjiotensin II'nin erkek ratlarda submandibular tükürük bezi ve dildeki kan akımına etkilerini LDF kullanarak araştırmışlardır. Sonuçta, submandibular tükürük bezindeki vasküler reseptörlerin anjiotensin II'ye hassas olduğu, fakat dildeki reseptörlerin hassas olmadığı gösterilmiştir.

Olgart ve arkadaşları²⁸ 1991 yılında kedilerde klinik ve deneysel işlemlere yanıt olarak oluşan pulpal kan akımı reaksiyonlarında, afferent sinirlerin rolünü incelemişlerdir. Mandibular sinir rezeksiyonu ardından çeşitli uyarılar verilen alt kanin dişlerdeki pulpal kan akımı, LDF ile ölçülmüştür. Derin bir kaviteye uygulanan bradikinin, kontrol grubunda, innervasyonsuz dişlerden belirgin olarak daha büyük yanıt meydana getirmiştir.

Wanfors ve Gazelius³⁹ 1991 yılında, LDF ile kronik osteomyelitli çene kemiklerindeki kan akımını ölçmüşlerdir. Osteomyelitli kemik ve simetrik sağlıklı kemik arasındaki, kan akımı farkını değerlendirmişlerdir. Hastalar, hastalığın klinik aktivitesine göre iki grupta sınıflandırılmışlardır. Hastalığın başlangıç ve inflamatuvar alevlenme safhası ile birlikte artmış kan akımı mevcut iken, aktif olmayan safhalar boyunca belirgin derecede azalmış kan akımı kaydedilmiştir. Ayrıca, çene kemiğinin uzun süreli lokal inflamasyonu süresince de kan akımında sürekli bir azalma olduğu saptanmıştır. 12 sağlıklı bireyde sol çenedeki kan akımı, sağ çenedeki kan akımı ile karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür.

Watson, Pitt Ford ve Mc Donald⁴⁰ 1992 yılında sınırlı egzersizin pulpa ve dişeti kan akımı üzerindeki

etkisini LDF ile incelemişlerdir. Pulpa kan akımında hem azalma hem de artma meydana gelen bireyler olmuştur. Bu değişimin ortalaması %38 olarak bildirilmiştir. Dişetin kanlanması ise ortalama %65'lik bir artış gözlenmiştir. Böylece LDF ile yapılan ölçümlerde fizyolojik durumun önemi ortaya konmuştur.

Yamaguchi ve Nanda³⁹ 1992 yılında ortodontik kuvvet uygulamasının dişeti kan akımına yaptığı etkileri incelemek için LDF metodu ile çalışmışlardır. Sonuçta, LDF metodunu kullanarak ortodontik kuvvet uygulamalarını takiben insan dişetinde kan akımının azaldığını ileri sürmüşlerdir.

Ingolfson¹⁴ 1993 yılında LDF'nin problemlerinin hassasiyeti ve probun dişteki uygulama yeri üzerine çalışmış ve sonuçta en uygun probun en ince prob ve uygulama yerinin diş kronunun gingival üçlüsü olduğunu belirtmiştir.

Pitt Ford ve arkadaşlarının³² 1993 yayınlanan bir çalışmasına göre, 1/80.000'lik adrenalin içeren %2 lidokain solüsyonunun pulpal kan akımını %31 oranında azalttığı ve bu azalmanın toplam 68 dakika sürdüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca anestezi süresi adrenalin-siz solüsyonda 25.1 dakika olurken, adrenalin uygulandığında bu süre 100 dakikaya çıkmıştır.

Matheny ve arkadaşları²² 1993 yılında farklı yaşlardaki insanlarda gingiva kan akımına bakmışlardır. Sonuçta, LDF kullanarak insanda yaşlanma ile kan akımı arasında önemli bir ilişki olmadığını bildirmişlerdir. Fakat mikroskopik incelemede yaşlı bireylerde gençlere göre daha az aktif kan akımı görülen mikrodamarlar gözlenmiştir.

Andersen ve arkadaşları³ 1994 yılında yaptıkları çalışmada sıcak ve soğuk uygulamanın pulpal kan akımına etkisini incelemişlerdir. LDF kullanarak kesici dişlerin palatallerine sıcak ya da soğuk uygulayarak ısı değişiminin pulpal kan akımını etkilediğini bildirmişlerdir.

Aanderud-Larsen ve arkadaşları¹ 1995 yılında Le Fort I osteotomi sonrası diş vitalitesinin değerlendirilmesi amacı ile LDF yöntemini kullanmışlardır. Kontrol grubu ile karşılaştırılan ameliyat edilen grubun dişlerinde pulpa kan akımı seviyeleri arasında belirgin fark bulunamamıştır. Bu çalışmada normal innervasyonu olmayan dişlerin yeterli bir kanlanmaya sahip ve canlı olabileceği açıkça gösterilmiştir.

Yoshida ve arkadaşlarının⁴³ 1996 yılında maymunlarda yaptıkları tek diş dento osseöz osteotomide, biyolojik pulpa cevabını ve pulpanın biyolojik aktivitesinin devam etmesi için, transvers kemik rezeksiyonunun uygun seviyesini araştırmışlardır. Sekiz hafta süren deney boyunca, pulpanın biyolojik aktivitesinin apikalden 10 mm uzakta yapılan osteotomide, 5 mm uzakta yapılandan çok daha iyi korunmuş olduğu görülmüştür. Ancak daha uzun bir dönem boyunca gözlem yapıldığı takdirde pulpal yanıtın benzer olabileceğini düşünmüşlerdir.

Erdem'in¹¹ 1997 yılında yaptığı çalışmada, çürük ve sağlıklı dişlerin pulpa kan akımlarını ölçmüş ve tedavi sonrası değerlerle karşılaştırılmıştır. LDF ile pulpa sağlığının ve tedaviye verilen cevabın direkt olarak ölçülmesinin, prognoz ve tedavi planlamasının hassas şekilde değerlendirilmesi için mükemmel bir temel oluşturmakta olduğu ifade edilmiştir.

Mesaros ve arkadaşları²³ 1997 yılında yaptıkları çalışmada, iki çıkışlı LDF cihazı ile sağlıklı ve hasta premolar dişlerden aynı anda ölçümler yapıp sonuçları karşılaştırmışlardır. Sonuçta, aynı anda hasta ve sağlıklı dişlerde ölçüm yapmışlar ve bu ölçümleri monitörize etmişlerdir. Böylece hasta diş ve kontrol diş karşılaştırmasının aynı anda yapılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Musselwhite ve arkadaşlarının²⁷ 1997 yılında, LDF'nin pulpal kan akımındaki indüklenmiş değişiklikleri ölçüp, ölçmediğini saptamak amacı ile bir çalışma yapmışlardır. Bu amaçla 1/100.000 oranında epinefrin içeren %2'lik lidokain, sağlıklı bireylerin ön dişlerinin vestibülüne infiltre edilmiştir. LDF'nin probu bir siplint ile sabitlendikten sonra kalp atımını gözlemek için elektro kardiogram bağlanmıştır. LDF, pulpa kan akımında ve nabız amplitüdünde azalma göstermiştir. Bu azalma enjeksiyondan 10 dakika sonra en belirgin hale gelmiştir. Sonuç olarak LDF, pulpal kan akımını ölçebilmiş ve epinefrinle meydana getirilen kan akımı değişikliklerini kaydedebilmiştir.

Öztürk ve arkadaşlarının³⁰ 1998 yılında yaptıkları çalışmada 6 ve 12 mg adrenalin içeren % 4 artikainin uygulandığı bölgedeki diş ve dişeti kanlanmasına ve komşu diş ve dişeti kanlanması üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Sonuçta iğne yapılan bölgedeki diş ve dişetindeki kanlanma anlamlı şekilde azalırken, komşu diş ve dişetin kan akımındaki değişim an-

lamalı olmamıştır. Yine bu çalışmada dişeti ölçümlerinde hiç basınç yapılmayacak tekniklerin kullanılmasının daha uygun olacağı ifade edilmiştir.

Ahn ve Pogrel⁴ 1998 yılında, 1/100.000 adrenalin içeren %2'lik lidokainin pulpa ve dişetindeki kanlanmayı azaltıp azaltmayacağını saptamak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Sonuç olarak pulpanın ve dişetin kan akımının belirgin olarak azaldığını ifade etmişlerdir. Ayrıca pulpa kan akımındaki azalmanın gingiva kan akımından daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Marakoğlu ve arkadaşları²¹ 1999 yılında yaptıkları çalışmada, düşük doz ultrasonun gingival kan akımında oluşturduğu değişiklikleri LDF yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar düşük doz ultrasonun gingival kan akımı üzerine herhangi bir değişiklik oluşturmadığını göstermiş ve bundan sonraki çalışmalarda ise daha uzun süre ve daha yüksek terapötik doz uygulamasının ne gibi bir etkiye yol açabileceğinin araştırılmasına ihtiyaç olduğunu bildirmişlerdir.

Develioğlu ve Demirer¹⁰ 1999 yılında yaptıkları çalışmada, sigara kullanan ve kullanmayan bireylerin dişeti kan akışını, LDF yardımı ile ölçmeyi ve kıyaslamayı amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda, dişeti kan akışı seviyesi sigara kullananlarda, sigara kullanmayanlardan yüksek olsa da, aralarında istatistiksel olarak bir fark olmadığını bildirmişlerdir.

LDF Tekniğinin Avantajları:

Lazer Doppler Flowmetri cihazları deride diğer organlardaki kan akımındaki değişiklikleri görüntülemek için yaygın olarak kullanılmışlardır. Avantajları non invaziv olmaları, kullanım kolaylığı ve devamlı veya belirli aralıklarla kayıt sağlamalarıdır^{4,29,31,36}. Ayrıca cihaz bilgisayara bağlanarak, özel yazılımı aracılığı ile veriler grafikler halinde izlenebilir ve istatistiksel olarak analiz edilebilir^{31,36}.

Çalışılan dokuya bağlı olarak teknik hem non invaziv hem de invaziv yöntemlerle kullanılabilir. Sinir cerrahisi ve estetik cerrahideki gibi invaziv işlemler için özel problemleri vardır. Sipariş üzerine amaca yönelik özel problemler de üretilebilmektedir. Çok problemler sistemler ile, perfüzyon ölçümleri aynı anda birden fazla bölgede yapılabilir. Cihaza, kayıt problemlerinin yanında özel eklentiler vasıtasıyla, ısıtıcı problemler ve iyontoforez sistemleri de ilave edilebilmektedir^{29,31,36}.

LDF Tekniğinin Dezavantajları:

Esas dezavantaj elde edilen çıkış değerlerinin mutlak olmaması ve her zaman kan akımı ile doğrusal ilişkiye sahip olmamasıdır. Örneğin, çıkış sinyali değerinin %100 artması, kan akımının %100 arttığı anlamına gelmeyebilir²⁴. Çıkış değerinin doğrusal olmaması, hareketli hücrelerle fotonların çoklu çarpışmasının etkileri nedeni ile oluşur. Bir dokuda kırmızı hücre hacminin %1'i aştığı durumda doğrusallık kaybolur. Bu oran pulpada ve diğer birçok dokuda muhtemelen daha fazladır²⁷.

Cihaz tüm hareketleri kaydeder. Optik fiberler, hatalı sinyallere neden olabilecek şekilde hareketlere duyarlıdır^{26,29,36}.

Lazer stabilitesindeki bozukluk ve çevreden gelen ışınlar ölçüm hatalarına neden olabilir²⁹.

LDF sinyalleri ile fizyolojik durumlar arasındaki ilişki halen tam olarak ortaya konulamamıştır^{24,29,36}.

Sonuç:

Lazer Doppler Flowmetri cihazları ülkemizde, özellikle yeni yeni kullanıma girdiği için, cihazın özelliklerinin tam olarak kavranmasının, elde edilen verilerin neyi ifade ettiğinin bilinmesinin ve doğru olarak yorumlanmasının başarılı bir teşhis ve tedavi planlaması için son derece gerekli olduğu ileri sürülebilir.

KAYNAKLAR

1. Aanderud-Larsen K, Brodin P, Aars H, Skgelbred P. Laser Doppler flowmetry in the assessment of tooth vitality after Le-fort I osteotomy. J Cranio Max-Fac Surg 23:391-395, 1995.
2. Adrian RJ. Selected papers on Laser Doppler Velocimetry. II. Series. SPIE Optical Engineering Press, 1993.
3. Ahn H, Ivarsson LE, Johansson K, Lindhagen J, Lundgren O. Assessment of gastric blood flow with Laser Doppler Flowmetry. Scand J Gastroenterol 23:1203-1210, 1988.
4. Ahn J, Pogrel MA. The effects of 2% lidocaine with 1:100.000 epinephrine on pulpal and gingival blood flow. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 85:197-202,1998.
5. Andresen A, Aars H, Brodin P. Effect of cooling and heating of the tooth on pulpal blood flow in man. Endod Dent Traumatol 10:256-259, 1994.
6. Baab DA, Öberg PA, Holloway GA. Gingival blood flow measured with a laser doppler flowmeter. J Periodontal Res 21:73-85, 1986.
7. Baab DA, Öberg PA. The effects of cigarette smoking on gingival blood flow in humans. J Clin Periodontol 14:418-424, 1987.

8. Baab DA, Öberg PA. Laser Doppler measurement of gingival blood flow in dogs with increasing and decreasing inflammation. *Archs Oral Biol* 32:551-555, 1987.
9. Boutault F, Cadenat H, Hibert PJ. Evaluation of gingival microcirculation by a Laser Doppler Flowmetry. *J Cranio-Max-Fac Surg* 17:105-109, 1989.
10. Develioğlu H, Demirer S. Sigara kullanan ve kullanmayan bireylerin dişeti kan akışı (GBF) ölçümlerinin karşılaştırılması. *CÜ Dişhek Fak Derg* 2:80-82, 1999.
11. Erdem M. Klinik tanıda Lazer Doppler Flowmetri metodundan yararlanılması. Doktora Tezi, Ankara, 1997.
12. Fazekas A, Olgart L, Gazelius B, Kerezoudis N, Edwall L. Effects of angiotensin 2 on blood flow in rat submandibular gland. *Acta Physiol Scand* 142:503-507, 1991.
13. Gazelius B, Olgart L, Edwall L. Restored vitality in luxated teeth assessed by laser Doppler flowmetry. *Endod Dent Traumatol* 4:265-268, 1988.
14. Haumischild DJ. An overview of laser doppler flowmetry. *ISA*, 86:35-40, 1986.
15. Hofmann U, Schneider E, Bollinger A. Flow motion waves with high and low frequency in severe ischaemia before and after percutaneous transluminal angioplasty. *Cardiovascular Res* 24:711-718, 1990.
16. Ingolfsson AR, Tronstad L, Hersh EV, Riva EC. Effect of Probe design on the suitability of laser doppler flowmetry in vitality testing of human. *Endod Dent Traumatol* 9:65-70, 1993.
17. Ingolfsson AR, Tronstad L, Hersh EV, Riva EC. Efficiency of laser Doppler flowmetry in determining pulp vitality of human teeth. *Endod Dent Traumatol* 10:83-87, 1994.
18. Jenkins S, Sepka R, Barwick WJ. Routine use of laser Doppler flowmetry for monitoring autologous tissue transplants. *Ann Plastic Surg* 5:423-426, 1988.
19. Johansson K, Ahn H, Lindhagen J, Tryselius U. Effects of epidural anaesthesia on intestinal blood flow. *Br J Surg* 75:73-76, 1988.
20. Khan A, Schall LM, Tur E, Maibach HI, Guy RH. Blood flow in psoriatic skin lesions: The effect of treatment. *Br J Dermatol* 117:193-201, 1987.
21. Limbird TJ. Application of laser doppler technology to meniscal injuries. *Clin Orthop* 252:88-91, 1990.
22. Marakoğlu İ, Akpınar A, Çakmak H, Nacitarhan V, Şahin Ö. Düşük doz ultrasonun kan akımı üzerine etkisinin lazer Doppler flowmetry tekniği ile incelenmesi. *CÜ Dişhek Fak Derg* 2:105-108, 1999.
23. Matheny JL, Johnson DT, Roth GI. Aging and microcirculatory dynamics in human gingiva. *J Clin Periodontol* 20:471-475, 1993.
24. Matthews B, Vongsavan N. Advantages and limitations of laser doppler flow meters. *Int Endod J* 26(1):9-10, 1993.
25. Mesaros S, Trope M, Maxiner W, Burkes EJ. Comparison of two laser Doppler systems on the measurements of blood flow of premolar teeth under different pulpal conditions. *Int Endod J* 30:167-174, 1997.
26. Miserindino LJ, Pick RM. *Lasers in Dentistry*. 1st ed. Quintessence Publishing Co. Inc. London, 1995.
27. Musselwhite JM, Klitzman B, Maixner W, et al. Laser Doppler flowmetry, Aclinical test of pulpal vitality. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 84:411-419, 1997.
28. Olgart L, Lindh-Strömberg U. Laser Doppler flowmetry in assessing vitality in luxated permanent teeth. *Int Endod J* 21:300-306, 1988.
29. Öberg PA. Laser Doppler Flowmetry. *Critical reviews in Biomedical Engineering* 18(2):125-163, 1990.
30. Öztürk M, Polat S, Yılmaz D. Farklı oranlarda epinefrin HCl içeren %4 articain HCl'ün diş ve dişetinin kanlanması üzerindeki etkilerinin Lazer Doppler flowmetri tekniği ile incelenmesi. *CÜ Dişhek Fak Derg* 1:19-23, 1998.
31. Perimed, Periflux Systems, System 4000, Stocholm, 1991 .
32. Pitt Ford TR, Seare M, McDonald F. Action of adrenaline on the effect of local anaesthetic solutions. *Endod Dent Traumatol* 9:31-35, 1993.
33. Ramsay DS, Artun J, Martinen SS. Reliability of pulpal blood flow measurements utilizing Laser Doppler Flowmetry. *J Dent Res* 70(11):1427-1430, 1991.
34. Staberg B, Serup J. Allergic and irritant skin reactions evaluated by laser Doppler flowmetry. *Contact Dermatitis* 18:40-45, 1988.
35. Tooke JE, Lins PE, Fagrell B. Skin microvascular blood flow control in long duration diabetics with and without complications. *Diabetes Res* 5:189-192, 1987.
36. Perimed , User's manual. Stocholm., 1991.
37. Vongsavan N, Matthews B. Experiments on extracted teeth into the validity of using laser Doppler techniques for recording pulpal blood flow. *Archs Oral Biol* 38:431-439, 1993.
38. Walmsley D, Goodfield MJD. Evidence for an abnormal peripherally mediated vascular responses to temperature in Raynaud's phenomenon. *Br J Rheumatol* 29:181-184, 1990 .
39. Wannfors K, Gazelius B. Blood flow in jaw bones affected by chronic osteomyelitis. *Br J Oral Max-Fac Surg* 29:147-153, 1991.
40. Watson ADM, Pitt Ford TR, McDonald F. Blood flow changes in the dental pulp during limited exercise measured by laser Doppler flowmetry. *Int Endod J* 25:82-87, 1992.

41. Wilder-Smith PEEB. A new method for noninvasive measurement of pulpal blood flow. *Int Endod J* 21:307-312, 1988.
42. Yamaguchi K, Nanda RS. Blood flow changes in gingival tissues due to the displacement of teeth. *Angle Orthod* 62:257-264, 1992.
43. Yoshida S, Oshima K, Tanne K. Biologic responses of the pulp to single-tooth dento-osseous osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 82:152-160, 1996.

Yazışma Adresi

Yrd. Doç. Dr. Kahraman GÜNGÖR
G.Ü. Dışhekimliği Fakültesi Oral Diagnoz ve
Radyoloji Bilim Dalı
Bışkek C. (8. C.) 84. S. 06510 Emek/ANKARA
Tel: (312) 212 62 20/354 Fax: 223 92 26
E-mail : kahraman@gazi.edu.tr