

DİŞ HEKİMLİĞİNDE KAN AKIMI ÖLÇÜMÜ VE “LASER DOPPLER FLOWMETRY”

Dt. Deniz KÖKÇÜ*

Yrd. Doç. Dr. Murat YENİSEY**

Yrd. Doç. Dr. Ahmet Umut GÜLER**

BLOOD FLOW MEASUREMENT IN DENTISTRY AND LASER DOPPLER FLOWMETRY

ÖZET

“Laser Doppler Flowmetry” (LDF), hareket halindeki bir nesneden yansıyan radyasyonun frekansında oluşan Doppler kaymasının ölçülmesi esasına dayanır. Tıpta ilk defa 1972 yılında kullanılan “Laser Doppler Flowmetry”, son yıllarda diş hekimliğinin tüm dallarında kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknik düşük güçlü monokromatik lazer ışını taşıyan bir optik prob sayesinde doku kan akımının non invaziv ve sürekli ölçümüne imkan tanır.

Anahtar kelimeler: Laser Doppler Flowmetry, kan akımı, diş hekimliği.

ABSTRACT

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. It has been first used in medical science in 1972 and is commonly being used in dentistry in the recent years. This technique, with an optic probe carrying low power monochromatic laser ray, allows measurement of tissue blood flow in a non invasiv and continuous manner.

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

GİRİŞ

Günümüzde tıpta ve diş hekimliğinde kan akımını ölçmek amacıyla çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde kan akımı ölçümü; çürük, diş preparasyonu, travma, osteotomiler, ortodontik hareketler ve diş üzerine uygulanan çeşitli dental materyallerin diş ve çevre dokuların kanlanması üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla gerekli olmaktadır.

Bu amaçla günümüze kadar kullanılan yöntemlerden bazıları; açıktaki damarlardaki değişikliklerin çalışma sırasında in vivo olarak gözlenebildiği vital mikroskopi¹, çeşitli alt gruplara sahip olan ve genellikle tıpta kullanılan Doppler ultrasound, kapillerlerdeki kırmızı kan hücrelerinin sayısını belirten transmitted light photoplethysmography² ve günümüzde güncel kullanıma sahip olan “Laser Doppler Flowmetry” (LDF) dir³.

* Ondokuzmayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi.

** Ondokuzmayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi.

“LASER DOPPLER FLOWMETRY”

Tıpta ve diş hekimliğinde dokudaki kan akımının sürekli ve noninvaziv ölçümü amacıyla kullanılan yeni bir tekniktir. Doppler etkisi ilk olarak Avusturalya’ lı matematikçi ve fizikçi Johann Christian Doppler tarafından tanımlanmıştır (1842). LDF ile ilgili kayda değer gelişmeler, 1964 yılında Yeh ve Cummins’in çalışmaları ile başlamıştır. İlk kez 1972 yılında Riva tarafından tavşan retinasında kan akımını ölçmek için kullanılmıştır. Ticari olarak piyasaya sürülmeleri 20 yıl öncesine rastlar. Bu dönemden sonra sadece 1990 yılına kadar 600’ü aşkın yayın yapılmıştır. 90’lı yıllara kadar, temel olarak deneysel tıbbi araştırmalarda kullanılmıştır⁴. Günümüzde rutin klinik işlemlerde de kullanılabileceği ifade edilmiştir³. LDF, hareket halindeki bir nesneden yansıyan radyasyonun frekansında meydana gelen Doppler kaymasının ölçülmesi temeline dayanır. Bu teknikte düşük güçlü monokromatik lazer ışını taşıyan bir optik prob kullanılmaktadır. Ölçüm probu içerisinde ışını dokuya taşıyan verici fiber ve dokudan geri saçılan ışınları foto dedektöre taşıyan toplayıcı fiber bulunmaktadır. Işın demeti proba dokuya iletildiğinde, ışının bir kısmı dokuda absorbe olurken büyük bir kısmı dokudan yansımaktadır. Işığın yansıyan statik nesnelere dalga boyunu değiştirmezken ışığı yansıyan hareketli kan hücreleri Doppler kaymasına neden olmaktadır. Doppler kayması meydana gelmiş olan ışın demeti sinyalleri oluşturmakta, bu sinyallerden elde edilen değerler perfüzyon ya da flux olarak tanımlanmaktadır.

Bir LDF cihazı; lazer ışın kaynağı, foto dedektör, fiber optik düzen ve sinyal işlemciden oluşur⁴.

LDF cihazlarından 4 ayrı veri elde edilebilir³. Bunlar: Hareketli Kan Hücrelerinin Konsantrasyonu (CMBC), hız (velocity), perfüzyon ünitesi (PU)= CMBC x Velocity ve total backscatter (TB) dir.

Cihazın verdiği perfüzyon değeri mutlak değildir yani “belli bir sürede, belli bir hacimdeki dokudan geçen gerçek hücre sayısıdır” gibi fizyolojik bir tanımlama yapılamaz. Aynı birey ve farklı bireyler arasındaki periferik perfüzyonda fizyolojik çeşitlilik çoktur. Ayrıca lokal doku alanlarında ufak mesafeler arasında ve zamana bağlı olarak kapiller yoğunluk ve permeabilitede değişiklikler vardır. Bu faktörler perfüzyon ünitelerinin fizyolojik açıdan değerini sınırlarlar^{3,4}. Yapılabilecek en önemli şey standardizasyonu sağlamaktır. Örneğin çürük ve sağlam dişlerdeki perfüzyon değerlerini ölçüp karşılaştırmak istediğimizde; bir bireyin çürük dişinden elde edilen perfüzyon değerini, aynı bireyin simetrik sağlam dişi ile karşılaştırmak uygun olabilir fakat farklı bir kişinin dişi ile karşılaştırmanın bir anlamı yoktur. Farklı araştırmacıların LDF verilerini karşılaştırabilmeleri için ölçümlerin standart olması gerekir. Farklı zamanlarda yapılan ölçümlerin karşılaştırılabilmesi için gerekli olan şey, eşit bir ısı ortamıdır. Bu en iyi şekilde ısı kontrollü bir oda kullanılarak elde edilebilir³.

Ölçüm derinliği genellikle doku yüzeyinin altında yüzey ışığının penetre olduğu ve yüzeye geri dönebildiği derinliğin yaklaşık 2/3’si olarak

tarif edilir. Kapiller yatağın yapısı ve yoğunluğu gibi doku özelliklerine, ışığın dalga boyuna ve probdaki fiberler arası uzaklığa bağlıdır (fiber seperasyonu)³.

Cihazın ölçüm derinliği 1 mm civarında olmasına rağmen, daimi dişte ortalama 2 ile 3,5 mm kalınlıkta olan mine ve dentin aşılarak, bir dişin pulpasının kan akımı ölçülebilmektedir. Bu, çekilmiş dişlerde pulpa boşluğuna yerleştirilmiş kanül vasıtasıyla, farklı hızlarda ve yoğunlukta kan pompalanması ile elde edilen kayıtlarda gösterilmiştir⁵.

Sağlam bir dişin kronundan kaydedilen sinyalin bir kısmı pulpa dışındaki dokulardan elde edilir. Domuz kesici dişleri üzerindeki deneylerde, gingival marjinden 2 mm insizale yerleştirilmiş olan bir prob ile kaydedilen sinyalin yaklaşık %10'unun pulpal orijinli olmadığı bulunmuştur. Bu, pulpa kesilmeden önce ve sonra yapılan kayıtlarla saptanmıştır. Kayıtlar diş yüzeyi yerine açığa çıkmış dentinden elde edildiğinde, pulpadan gelen sinyal artmış ve pulpa dışı dokulardan oluşan sinyalin oranı azalmıştır⁵.

Cihaz prob ucuna göre oluşan tüm hareketleri kaydettiği için probun ölçüm yapıldığı sırada hareketsiz kalması gereklidir, aksi takdirde kan hücrelerinden başka yapılar da Doppler kayması oluştururlar. Bu artefakt kaynağı yumuşak dokudan ziyade dişlerde kayıt yapılırken, probun ilgili bölgeye hazırlanan bir splint vasıtasıyla rijit olarak sabitlenmesiyle daha kolay engellenebilir^{3,6,7}.

Cihaz için gerekli parametreler; cihazın tipi, lazer ışığının dalga boyu, probun tipi,

probun fiber separasyonu, süre-sıcaklık, cihazın band genişliği, yazıcı ayarları şeklindedir.

Hasta için gerekli parametreler ise; vücut sıcaklığı (bölgenin sıcaklığı), kanın pO₂, pCO₂ ve pH değerleri, sistemik kan basıncı, kardiyak output, ilaç kullanımı, sigara kullanımı, diyet gibi durumlar, hastanın fiziksel konumu, biyolojik sıfır değeridir.

LDF'nin kullanım alanı sadece bilimsel araştırmalarla sınırlı değildir. Plastik rekonstrüktif cerrahi^{8,9,10,11}, damar cerrahisi¹², dermatoloji^{13,14,15}, iç hastalıkları¹⁶, nöroloji^{17,18} ve diş hekimliğinde diagnostik değere sahiptir.

Polat ve arkadaşları¹⁹ 2004 yılında vital ve kök kanal tedavili dişlerden kaydedilen kan akımlarını LDF ile karşılaştırmışlardır. Önlemler (rubber-dam uygulaması gibi) alınmadığı takdirde sinyallerin bir kısmının pulpa dışı dokulardan geldiğini bildirmişlerdir.

Zannetta-Barbosa ve arkadaşları²⁰ 1993 yılında yaptıkları çalışmada implant işlemleri ve kemik augmentasyonu sonrasında membranı örten flebin kan perfüzyonunu değerlendirmişler ve operasyon öncesine göre daha düşük LDF değerleri saptamışlardır. LDF'nin dolaşımsal değişiklikleri erken safhada belirleyebilmek açısından yararlı bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Öztürk, Polat ve Yılmaz²¹ 1998 yılında yaptıkları çalışmada 1/100,000'lik epinefrin içeren solüsyon uygulandığında pulpal ve gingival kan akımının, enjeksiyon yapıldığı andan itibaren 10. dakikada maksimuma ulaştığını, 1/200,000'lik epinefrin içeren solüsyon uygulandığında ise 20. dakikada maksimuma ulaştığını

LDF kullanarak göstermişlerdir.

Buckley ve arkadaşları²² 1999 yılında yaptıkları çalışmada maksiller osteotomi vakalarında cerrahi sonrası kan akımında bir artış olduğunu fakat 6 ay sonrasında cerrahi işlem öncesiyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli bir azalma olduğunu LDF kullanarak göstermişlerdir.

Wong²³ 2000 yılında LDF ile sinüs greftlerinde vitalitenin bir ölçüsü olarak kan akımının klinik incelemesi üzerine bir çalışma yapmıştır.

Justus ve arkadaşları²⁴ 2001 yılında Le Fort I osteotomi sonrası gingival ve pulpal kan akımını, Öztürk ve arkadaşları²⁵ 2003 yılında rapid palatal ekspansiyon vakalarında kortikotomi ve midline osteotomi sonrası, Sato ve arkadaşları²⁶ 2003 yılında tek segmentli Le Fort I osteotomi sonrası, Harada ve arkadaşları²⁷ 2004 yılında iki farklı maksiller osteotomi uygulaması sonrası maksiller dişlerde pulpal kan akımı değişikliklerini LDF ile incelemişlerdir.

Strobl ve arkadaşları²⁸ 2004 yılında yaptıkları çalışmada 15 travma vakasında reposizyon ve splint tedavisi uygulanan tek maksiller santral kesicilerde pulpal kan akımı değerini LDF ile ölçmüşlerdir. LDF'nin iskemik epizodların değerlendirilmesinde ve avasküler nekroz ve doku kaybı gibi riskler taşıyan dişlerin incelenmesinde yararlı olabileceğini belirtmişlerdir. Splint süresini saptamak ve fraktürlü dişlerde pulpal kan akımında erken dönemde meydana gelen azalmaları belirlemek için kullanışlı bir alet olabileceğini bildirmişlerdir.

Yine Strobl ve arkadaşları²⁹ 2004 yılında; lükse daimi maksiller santral kesicilerin

reposizyonu ve splintlenmelerinden sonra pulpal kan akımlarında kısa ve uzun vadedeki değişiklikleri LDF ile incelemişler ve uygulama sonrası iskemik epizodların değerlendirilmesinde yararlı olabileceğini ifade etmişlerdir. İntrüzyon tipi lüksasyonlarda standart klinik testlerden beklenenden çok daha erken bir süre olan 12 haftalık takip sonucu pulpal kan akımı değerlerinde önemli azalmalar olduğunu, elektriksel ve termal pulpa testleriyle karşılaştırıldığında LDF'nin çok daha duyarlı bir teknik olduğunu belirtmişlerdir. Probe holder, gingival izolasyon materyali, flowmeter özellikleri, ve mine-dentin mineralizasyonu gibi faktörlerin; optik probun dişin oklüzeline, servikaline, ya da ortasına yerleştirildiği farklı LDF tekniklerini etkilediği gerçeği daha fazla çalışma yapılması gerektiğini gösterir.

Ramsay, Arthur ve Martinen³⁰ 1991 yılında yaptıkları çalışmada, LDF probunun diş üzerindeki konumunun ölçüm sonuçlarını etkileyip etkilemediği 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.

Hinrichs ve arkadaşları³¹ 1995 yılında LDF kullanarak kök yüzeyi düzeltmesi işleminden önce ve sonra intrasulkular ölçümler

yapmışlardır.

Kerdvongbundit ve arkadaşları³² 2003 yılında LDF yardımıyla sağlıklı ve inflamasyonlu gingivanın mikrosirkülasyon ve mikromorfolojisini incelemişlerdir.

Develioğlu ve Demirer'in³³ 1999 yılında yaptıkları çalışmada, sigara kullananlarda dişeti kan akımının kullanmayanlardan daha yüksek olduğu ancak istatistiksel bir fark olmadığı bildirilmiştir.

Meekin ve arkadaşları³⁴ 2000 yılında yaptıkları çalışmada LDF kullanarak hafif ve ağır sigara içicilerinde gingival kan akımını ciltteki kan akımıyla karşılaştırmışlardır. Sigara içiminin gingivada lokal vazokonstriksiyon etkisinin bulunmadığı fakat ön yüzdeki ciltte, hafif içicilerde; ağır içicilerle ya da içmeyenlerle karşılaştırıldığında akut bir artışa neden olduğunu belirtmişlerdir.

Mavropoulos ve arkadaşları³⁵ 2001 yılında tütün çiğnemenin dişeti kan akımı üzerine etkisini değerlendirmek için yine LDF kullanmışlardır.

Vag ve Fazekas^{36,37} 2000 ve 2002 yıllarında yaptıkları çalışmada kron marjininin ve restoratif uygulamaların marjinal gingivadaki kan akımına etkisini araştırmışlar ve sonuçta inflamasyonlu marjinal gingivanın iyileşme döneminde LDF'nin yararlı bilgiler sağlayacağını bildirmişlerdir.

Yine Fazekas ve arkadaşları^{38,39} 2000 ve 2002 yıllarında retraksiyon materyallerinin ve farklı solüsyonlar emdirilmiş retraksiyon iplerinin gingival marjin mikrosirkülasyonu üzerine etkisini incelemişler ve LDF nin topikal

vazokonstriksiyonu sağlayacak yeterli miktarda epinefrini ölçmek için uygun bir teknik olduğunu bildirmişlerdir.

Akazawa ve Sakurai⁴⁰ 2002 yılında yaptıkları çalışmada hafif diş sıkma sonucu olduğu varsayılan devamlı basıncın, diş ya da diş-doku destekli mandibuler protezler altındaki mukozanın kan akımına etkisini LDF ile ölçmüşler, hafif de olsa devamlı diş sıkmanın iskemiyle sonuçlandığını ve protez altındaki mukozanın basınç ortadan kalktıktan sonra iyileşmesini geciktirdiğini ifade etmişlerdir.

Yanpiset ve arkadaşları⁴¹ 2001 yılındaki çalışmalarında, reimplante edilen immatür köpek dişlerinde revaskülarizasyonu değerlendirmede LDF nin yeterliliğini araştırmışlar ve sonuçta revaskülarize pulpayı nekrotik pulpadan ayırt etmede LDF nin son derece hassas sonuçlar verdiğini görmüşlerdir.

Roeykens ve arkadaşları⁴² 2002 yılı çalışmalarında travmaya uğramış anterior altı maksiller dişin vitalitesini 30 hafta boyunca LDF ile değerlendirmişler ve diğer tüm vitalite testlerinde endodontik tedavi endikasyonu olmasına rağmen LDF ile daha güvenilir, kesin ve bireysel değerlere ulaşmışlardır. Bunu destekler şekilde Gazelius'un sözlü ifadesine göre, elektrikli pulpa testlerinde devital gözükene, LDF'nin kan perfüzyonu olduğunu gösterdiği dişlerde, pulpanın canlılığı ile ilgili olarak LDF'nin güvenilirlik oranı %100'dür⁴³.

Akpınar ve arkadaşları⁴⁴ 2004 yılında labial ve palatinal gingivanın LDF ölçümleri üzerine etkisini araştırmışlar ve labial gingivanın ölçümlere katkısının palatinal gingivadan daha

fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Ishikawa ve arkadaşları⁴⁵ 1998 yılında yaptıkları çalışmada damak bölgesinde skar dokusu dağılımını ve bunun maksiller dental ark formuyla ilişkisini inceledikleri çalışmada LDF kullanmışlardır.

Chu ve arkadaşları⁴⁶ 2000 yılında yaptıkları çalışmada damak bölgesinde postoperatif skar dokusunun dağılımını incelemeye LDF nin etkinliğini değerlendirmişlerdir.

Buckley ve arkadaşları⁴⁷ 1999 yılında ortognatik cerrahi sonrası maksiller pulpal kan akımındaki değişiklikleri LDF kullanarak değerlendirmişlerdir.

Firestone ve arkadaşları⁴⁸ 1997 yılında yaptıkları çalışmada sabit uygulamaların yapıldığı ortodontik tedavilerde pulpal cevabın belirlenmesinde LDF nin değerli bir kaynak olduğunu bildirmişlerdir.

Barwick ve Ramsay⁴⁹ 1996 yılında ortodontik olarak uygulanan intrüziv kuvvetlerin, Ikawa ve arkadaşları⁵⁰ 2001 yılında kısa süreli intrüzyonun, Sano ve arkadaşları⁵¹ 2002 yılında sürekli intrüzyonun pulpal kan akımı üzerine etkisini LDF ile incelemişlerdir.

Ebihara ve arkadaşları⁵² 1996 yılında horizontal kök kırığı olan bir dişte pulpal kan akımını LDF ile incelemişlerdir.

Fratkin ve arkadaşları⁵³ 1999 yılında yaptıkları çalışmada insan süt kesici dişlerinde kan akımının belirlenmesinde LDF nin kullanımını değerlendirmişlerdir.

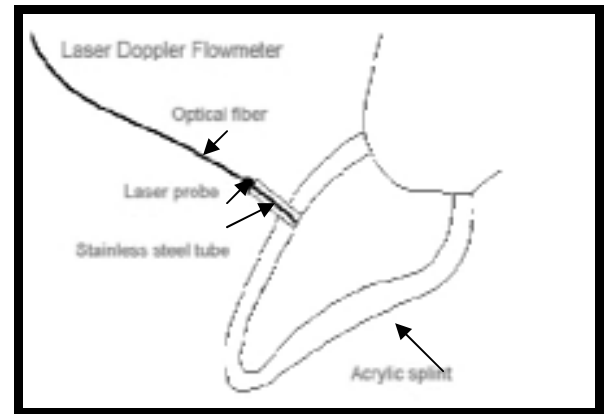
Grigar ve arkadaşları⁵⁴ 2001 yılında kalsiyum hidroksit içeren bir pulpa kaplama materyalinin (Dycal; DeTrey) pulpa üzerine

etkisini LDF ile incelemiş ve pulpal mikrosirkulasyon üzerinde sadece akut bir etkisinin olduğunu belirtmişlerdir.

Chandler ve arkadaşları⁵⁵ 2001 yılında çürük molar dişlerden lazer ışığının geçişini değerlendirmiş ve prob uygun yerleştirildiğinde hastalıklı posterior dişlerde LDF ile pulpanın sağlığını belirlemenin mümkün olduğunu belirtmişlerdir.

Erdem⁵⁶ 1997 yılında yaptığı çalışmada, çürük ve sağlıklı dişlerin pulpal kan akımlarını ölçmüş ve tedavi sonrası değerlerle karşılaştırmıştır. LDF ile pulpa sağlığının ve tedaviye verilen cevabın direkt olarak ölçülmesinin, prognoz ve tedavi planlamasının hassas şekilde değerlendirilmesi için mükemmel bir gösterge oluşturduğu ifade edilmiştir.

Ikawa ve arkadaşları⁵⁷ 2003 yılında yaptıkları çalışmada LDF ile yaşa bağlı pulpal kan akımı değişikliklerini değerlendirmişler ve kan damarlarının sayısında azalma, artan kalsifiye doku sebebiyle pulpa boyut ve hacminde azalma gibi histolojik bulgulara paralel olarak yaşla birlikte istirahat kan akımında azalma kaydedilmiştir.



Şekil 1

Avantajları

Avantajları non-invaziv olmaları, kullanım kolaylığı ve devamlı veya belirli aralıklarla kayıt sağlanmalarıdır^{3,4,58,59}. Ayrıca, cihaz bilgisayara bağlanarak, özel yazılımı vasıtasıyla veriler grafikler halinde izlenebilir ve istatistiksel olarak analiz edilebilir. Temel prensip, çeşitli tıbbi ve biyolojik uygulamalara teknik olarak adapte edilebilir^{3,58}.

Çalışılan dokuya bağlı olarak, teknik hem invaziv hem de non invaziv olarak uygulanabilmektedir. Estetik cerrahi ve sinir cerrahisindeki invaziv uygulamaları için özel problemler vardır. Sipariş üzerine amaca yönelik özel problemler de üretilebilmektedir. Çok problemler sistemler ile, aynı anda 1'den fazla bölgede perfüzyon ölçümleri yapılabilmektedir. Cihaza, kayıt probunun yanında, özel eklentiler vasıtasıyla, ısıtıcı problemler ve iyontoforez sistemleri de eklenebilmektedir^{3,4,58}.

Dezavantajları

Temel dezavantajları, elde edilen çıkış değerlerinin mutlak olmaması ve her zaman kan akımı ile doğrusal ilişkiye sahip olmamasıdır. Örneğin, eğer çıkış sinyali %100 artmışsa, bu kan akımı oranının %100 arttığı anlamına gelmeyebilir⁷.

Doğrusal olmaması, hareketli hücrelerle fotonların çoklu çarpışmasının etkileri nedeniyle oluşur. Bir dokuda kırmızı hücre hacminin %1'i aştığı durumda doğrusallık kaybolur. Bu oran pulpada ve diğer çoğu dokuda muhtemelen daha fazladır^{60,61}.

Tüm hareketleri kaydeder. Optik fiberler, hatalı sinyallere neden olabilecek şekilde harekete duyarlıdır^{3,4,62}. Lazer stabilitesindeki bozukluk ve çevreden gelen ışınlar ölçüm hatalarına neden olabilir⁴.

SONUÇ

"Laser Doppler flowmetry" nin dişhekimliğinde kullanımı yeni olduğundan, verilerin ne anlama geldiğinin anlaşılabilmesi ve doğru yorumlanabilmesi için cihazın özelliklerinin tam olarak kavranması gereklidir.

Tıp alanında deneysel amaçlı olarak çok yaygın kullanılan bu cihazın klinik kullanım alanı da genişlemiştir. Araştırmacının bilgisi, hayal gücü ve olanaklarına bağlı olmakla birlikte gelecekte bu cihazlardan çok daha yaygın şekilde faydalanabileceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- 1- Ivanyi I, Balogh AE, Fazekas A, Rosivall L, Nyarasy I. Comparative analysis of pulpal circulatory reaction to an acetone-containing and an acetone-free bonding agent as measured by vitalmicroscopy. *Oper Dent* 2002; 27: 367-372.
- 2- Miwa Z, Ikawa M, Iijima H, Saito M, Takagi Y. Pulpal blood flow in vital and nonvital young permanent teeth measured by TLP: a pilot study. *Pediatr Dent* 2002 Nov-Dec; 24(6): 594-8.
- 3- User's manual. Stockholm: perimed. 1991.
- 4- Öberg PA. Laser Doppler Flowmetry. *Critical reviews in Biomedical Engineering*. 1993; 18(2): 125-163.
- 5- Vongsavan N, Matthews B. Experiments on extracted teeth into the validity of using laser Doppler techniques for recording pulpal blood flow. *Archs Oral Biol* 1993; 38(5): 431-439.

- 6- Matthews B, Vongsavan N. Advantages and limitations of laser Doppler flowmeters. *Int Endod J* 1993; 26(1): 9-10.
- 7- Baab DA, Öberg PA. The effect of cigarette smoking on gingival blood flow in humans. *J Clin Periodontol* 1987 14: 418-424
- 8- Roth AC, Zook EG, Brown R, Zamboni WA. Nipple-areolar perfusion and reduction mammoplasty: correlation of laser Doppler readings with surgical complications. *Plast Reconstr Surg* 1996 Feb; 97(2): 381-6.
- 9- Park DH, Hwang JW, Jang KS, Han DG, Ahn KY, Baik BS. Use of laser Doppler flowmetry for estimation of the depth of burns. *Plast Reconstr Surg* 1998 May; 101(6): 1516-23.
- 10- Banwell PE, Tyler MP, Watts AM, Roberts AH, McGroutner DA. Burn depth estimation: use of laser Doppler flowmetry. *Plast Reconstr Surg* 1999 Jan; 103(1): 334-5.
- 11- Yuen JC, Feng Z. Monitoring free flaps using the laser Doppler flowmeter: five-year experience. *Plast Reconstr Surg*. 2000 Jan; 105(1): 55-61.
- 12- Light TD, Jeng JC, Jain AK, Jablonski KA, Kim DE, Phillips TM, Rizzo AG, Jordan MH. The 2003 Carl A Moyer Award: real-time metabolic monitors, ischemia-reperfusion, titration endpoints, and ultraprecise burn resuscitation. *J Burn Care Rehabil*. 2004 Jan-Feb; 25(1): 33-44.
- 13- Kreft B, Marsch WC, Wohlrab J. Unilateral nevoid telangiectasia syndrome. *Dermatology* 2004; 209(3): 215-7.
- 14- Haase H, Junger M. An expert system for cutaneous blood flow in melanocytic skin lesions. *Clin Hemorheol Microcirc* 2004; 30(3-4): 253-62.
- 15- Gloor M, Senger B, Langenauer M, Fluhr JW. On the course of the irritant reaction after irritation with sodium lauryl sulphate. *Skin Res Technol* 2004 Aug; 10(3): 144-8.
- 16- Prunell GF, Mathiesen T, Svendgaard NA. Experimental subarachnoid hemorrhage: cerebral blood flow and brain metabolism during the acute phase in three different models in the rat. *Neurosurgery* 2004 Feb; 54(2): 426-36; discussion 436-7.
- 17- Kilic E, Kilic U, Reiter RJ, Bassetti CL, Hermann DM. Prophylactic use of melatonin protects against focal cerebral ischemia in mice: role of endothelin converting enzyme-1. *J Pineal Res* 2004 Nov; 37(4): 247-51.
- 18- Shibata M, Ohtani R, Ihara M, Tomimoto H. White matter lesions and glial activation in a novel mouse model of chronic cerebral hypoperfusion. *Stroke*. 2004 Oct 7 [Epub ahead of print]
- 19- 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 Jan; 49(1): 53-7.
- 20- Zanetta-Barbosa D, Klinge B, Svensson H. Laser Doppler flowmetry of blood perfusion in mucoperiosteal flaps covering membranes in bone augmentation and implant procedures. A pilot study in dogs. *Clin Oral Impl Res* 1993; 4: 35-38.
- 21- Öztürk M, Polat S, Yılmaz D. Farklı oranlarda epinefrin HCl içeren %4 artikain HCl'ün diş ve dişetinin kanlanması üzerine olan etkilerinin Lazer Doppler flowmetry tekniği ile incelenmesi. *CÜ Dişhek Fak Derg* 1998; 1: 19-23.
- 22- Buckley J G, Jones ML, Hill M, Sugar AW. An evaluation of the changes in maxillary pulpal blood flow associated with orthognathic surgery. *Br J Orthod* 1999; 26: 39-45.
- 23- Wong K. Laser Doppler flowmetry for clinical detection of blood flow as a measure of vitality in sinus bone grafts. *Implant Dent* 2000; 9(2): 133-42.

- 24- Justus T, Chang BL, Bloomquist D, Ramsay DS. Human gingival and pulpal blood flow during healing after Le Fort I osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg* 2001 Jan; 59(1): 2-7; discussion 7-8.
- 25- Ozturk M, Doruk C, Ozec I, Polat S, Babacan H, Bicakci AA. Pulpal blood flow: effects of corticotomy and midline osteotomy in surgically assisted rapid palatal expansion. *J Craniomaxillofac Surg* 2003 Apr; 31(2): 97-100.
- 26- Sato M, Harada K, Okada Y, Omura K. Blood-flow change and recovery of sensibility in the maxillary dental pulp after a single-segment Le Fort I osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003 Jun; 95(6): 660-4.
- 27- Harada K, Sato M, Omura K. Blood-flow and neurosensory changes in the maxillary dental pulp after differing Le Fort I osteotomies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004 Jan; 97(1): 12-7.
- 28- Strobl H, Emshoff I, Bertram S, Emshoff R. Laser Doppler flow investigation of fractured permanent maxillary incisors. *J Oral Rehabil* 2004; 31: 23-28.
- 29- Strobl H, Haas M, Norer B, Gerard S, Emshoff R. Evaluation of pulpal blood flow after tooth splinting of luxated permanent maxillary incisors. *Dent Traumatol* 2004; 20: 36-41.
- 30- Ramsay DS, Arthur J, Martinen SS. Reliability of pulpal blood-flow measurements utilizing Laser Doppler Flowmetry. *J Dent Res* 1991; 70(11): 1427-30.
- 31- Hinrichs JE, Jarzembinski C, Hardie N, Aepli D. Intrasulcular laser Doppler readings before and after root planing. *J Clin Periodontol* 1995 Nov; 22(11): 817-23.
- 32- Kerdvongbundit V, Vongsavan N, Soo-Ampon S, Hasegawa A. Microcirculation and micromorphology of healthy and inflamed gingivae. *Odontology* 2003 Sep; 91(1): 19
- 33- Develioğlu H, Demirer S. Sigara kullanan ve kullanmayan bireylerde dişeti kan akışı (GBF) ölçümlerinin karşılaştırılması. *CÜ Dişhek Fak Derg* 1999; 2: 80-2.
- 34- Meekin TN, Wilson RF, Scoot DA, Ide M, Palmer RM. Laser Doppler flowmeter measurement of relative gingival and forehead skin blood flow in light and heavy smokers during and after smoking. *J Clin Periodontol* 2000; 27: 236-242.
- 35- Mavropoulos A, Aars H, Brodin P: The acute effects of smokeless tobacco (snuff) on gingival blood flow in man. *J Periodont Res* 2001; 36: 221-226.
- 36- Vag J, Fazekas A. Effect of crown margin on the condition of the gingiva. *Fogorv Sz.* 2000 Feb; 93(2): 35-44.
- 37- Vag J, Fazekas A. Influence of restorative manipulations on the blood perfusion of human marginal gingiva as measured by laser Doppler flowmetry. *J Oral Rehabil* 2002 29; 52-57.
- 38- Fazekas A, Csabai Z, Csempezs F, Vag J. Effect of retraction materials on the blood supply of marginal gingiva. *Fogorv Sz* 2000 Oct; 93(10): 289-96.
- 39- Fazekas A, Csempezs F, Csabai Z, Vag J. Effects of pre-soaked retraction cords on the microcirculation of the human gingival margin. *Oper Dent* 2002 Jul-Aug; 27(4): 343-8.
- 40- H. Akazawa, K Sakurai. Changes of blood flow in the mucosa underlying a mandibular denture following pressure assumed as a result of light clenching. *J Oral Rehabil* 2002; 29: 336-340.
- 41- Yanpiset K, Vongsavan N, Sigurdsson A, Trope M. Efficacy of laser Doppler flowmetry for the diagnosis of revascularization of reimplanted immature dog teeth. *Dent Traumatol* 2001; 17: 63-70.
- 42- Roeykens HJJ, Van Maele GOG, Martens LCM, De Moor RJC. 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.

- 43- Andreasen J.O., Andreasen F.M., Textbook and Color Atlas Of Traumatic Injuries to the Teeth. 3 ed Munksgaard Copenhagen. Mosby, 1994.
- 44- Akpınar KE, Er K, Polat S, Polat NT. Effect of gingiva on laser doppler pulpal blood flow measurements. J Endod 2004 Mar; 30(3): 138-40.
- 45- Ishikawa H, Nakamura S, Misaki K, Kudoh M, Fukuda H, Yoshida S. Scar tissue distribution on palates and its relation to maxillary dental arch form. Cleft Palate Craniofac J 1998 Jul; 35(4): 313-9.
- 46- Chu S, Ishikawa H, Kim T, Yoshida S. Analysis of scar tissue distribution on rat palates: a laser Doppler flowmetric study. Cleft Palate Craniofac J 2000 Sep; 37(5): 488-96.
- 47- Buckley JG, Jones ML, Hill M, Sugar AW. An evaluation of the changes in maxillary pulpal blood flow associated with orthognathic surgery. Br J Orthod 1999 Mar; 26(1): 39-45.
- 48- Firestone AR, Wheatley AM, Thuer UW. Measurement of blood perfusion in the dental pulp with laser Doppler flowmetry. Int J Microcirc Clin Exp 1997 Nov-Dec; 17(6): 298-304.
- 49- Barwick PJ, Ramsay DS. Effect of brief intrusive force on human pulpal blood flow. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1996 Sep; 110(3): 273-9.
- 50- Ikawa M, Fujiwara M, Horiuchi H, Shimauchi H. The effect of short-term tooth intrusion on human pulpal blood flow measured by laser Doppler flowmetry. Arch Oral Biol 2001 Sep; 46(9): 781-7.
- 51- Sano Y, Ikawa M, Sugawara J, Horiuchi H, Mitani H. The effect of continuous intrusive force on human pulpal blood flow. Eur J Orthod 2002 Apr; 24(2): 159-66.
- 52- Ebihara A, Tokita Y, Izawa T, Suda H. Pulpal blood flow assessed by laser Doppler flowmetry in a tooth with a horizontal root fracture. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1996 Feb; 81(2): 229-33.
- 53- Fratkin RD, Kenny DJ, Johnston DH. Evaluation of a laser Doppler flowmeter to assess blood flow in human primary incisor teeth. Pediatr Dent 1999 Jan-Feb; 21(1): 53-6.
- 54- Grigar A, Ivanyi I, Balogh AE, Rosivall L, Nyarasy I. Acute effect of calcium hydroxide cement in rat's dental pulpal microcirculation. Fogorv Sz 2001 Jun; 94(3): 107-9.
- 55- Chandler NP, Pitt Ford TR, Watson TF. Pattern of transmission of laser light through carious molar teeth. Int Endod J 2001; 34(7): 526-32.
- 56- Erdem M., Klinik Tamda Lazer Doppler Flowmetry Metodundan Yararlanılması. Doktora Tezi, Ankara, 1997.
- 57- Ikawa M, Komatsu H, Ikawa K, Mayanagi h, Shimauchi H. Age-related changes in the human pulpal lood flow measured by laser Doppler flowmetry. Dent Traumatol 2003; 19: 36-40.
- 58- Periflux Systems, System 4000, Perimed.
- 59- Ahn J, Pogrel MA. The effects of %2 lidocaine wıth 1:100,000 ephinephrine on pulpal and gingival blood flow. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1998; 85: 197-202.
- 60- Vongsavan N, Matthews B. Some aspects of the use of laser Doppler flowmeters for recording tissue blood flow. Experimental Physiology 1993; 78: 1-14.
- 61- Vongsavan N, Matthews B. The vascularity of dental pulp in cats. J Dent Res 1992; 71(2): 1913-1915.
- 62- Miserendino LJ, Pick RM. Lasers in dentistry. 1 ed Quintessence Publishing Co, Inc. Chicago, Berlin, London, Tokyo, Sao Paulo, Moscow and Warsaw. 1995.

Yazışma Adresi:

Dt. Deniz Kökçü
Ondokuzmayıs Üniversitesi
Diş hekimliği Fakültesi
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı
55139 Kurupelit / SAMSUN
Tel.: 0 362 4576000 / 3023
Fax.: 0 362 4576032
e-mail: kokcudeniz@yahoo.com