

Laser Doppler Flowmetrinin Önemi ve Kullanım Alanları

The Significant and Application Area of Laser Doppler Flowmetry

Ümit KARAÇAYLI, Yılmaz GÜNAYDIN

GATA Ağız Diş Çene Hast. ve Cerr. AD., Ankara, Türkiye

ÖZET: Laser Doppler flowmetri (LDF) hareket halindeki nesneden yansıyan radyasyonun, frekansında oluşan Doppler kaymasının ölçülmesi temeline dayanan bir tekniktir. Doku kan akımının sürekli ve non invaziv ölçümü, düşük güçlü monokromatik laser ışını taşıyan optik proba sağlanabilir.

Tıp ve dişhekimliği alanlarında deneysel amaçlı kullanılan LDF klinik alanlarda da kendine yaygın kullanım alanı bulmaya başlamıştır.

Bu çalışmanın amacı, laser Doppler akım ölçümünün tıp ve dişhekimliğinde kullanım alanları, sağladığı avantaj, dezavantaj ve tekniğin sınırlı yanlarını ortaya koyarak, konunun daha kapsamlı değerlendirilmesine katkı sağlamaktır.

Anahtar Kelimeler: Laser Doppler flowmetri, avantaj ve dezavantajları.

ABSTRACT: Laser Doppler flowmetry (LDF) is a technique based on measurement of Doppler shift, formed in the frequency of radiation that is reflected by the moving object. The continuous and non invasive measurement of tissue blood flow, can be obtained with an optic probe carrying low power monochromatic laser ray.

LDF which is being used widely for experimental purposes in the field of medicine and dentistry, found a new and a wide area of application field on clinical field.

This aim of this study is, to show the advantages, disadvantages and technically limited sides that laser flow measurement of Doppler flow in the field of medicine and dentistry for supporting a wider evaluation to the subject.

Key Words: Laser Doppler flowmetry, advantages and disadvantage.

GİRİŞ

Laser Doppler flowmetri (LDF), çalışma prensibi Doppler kaymasını temel alır. Hareket eden nesneden yansıyan ışın frekansındaki değişim sonucunda Doppler kayması meydana gelir (1).

Laser Doppler akım ölçer (LDA) fizik alanında sıvı ölçümleri için geliştirilmiştir. Sıvı içinde hareket eden küçük partiküllerin oluşturduğu Doppler kaymasına duyarlı sıvı hızı ölçüm tekniğidir. Laser Doppler prensibinde, iki laser ışınının kesiştiği noktadaki partikül hızı ölçülmektedir. Bir noktadaki hız ölçüldüğü için, bu ışınların açıları ve dolayısıyla kesişme noktaları değiştirilerek, farklı konumlarda ve farklı derinliklerde ölçüm yapılabilir. Bu teknikte geri yansıyan ışın yoktur. Işınlar kesiştiği noktanın arkasına yerleştirilen alıcılar ile toplanır ve değerlendirilir (1).

Kan akımı ölçümlerinde Doppler kaymasına sebep olan hareketli partiküller kan hücreleridir. Düşük güçlü monokromatik laser üreten bir kaynaktan

elde edilen ışın, fiber optik kablolar ile dokuya taşınır. Işın dokunun birkaç milimetre derinliğine kadar inebilir. Optik probdan dokuya iletilen ışının bir kısmı doku tarafından emilirken, bir kısmı saçılır, büyük bir kısmı ise yansır. Kan hücreleri gibi hareketli nesnelere yansıyan ışınların frekansında değişim meydana gelir. Bu değişim Doppler kaymasıdır. Dalga boyundaki değişimlerin büyüklüğü ve frekans dağılımı, kan hücrelerinin sayısı ve hızıyla ilişkilidir. Hücrelerin hareket yönlerini göstermez. Bunun sebebi, ölçüm ucundan uzakta hareket eden bir hücrenin sinyale olan katkısının ölçüm ucunun hemen önünden geçen bir hücre ile aynı olmasıdır (1-3).

LDF cihazında bulunan detektöre tesbit edilen çıkış sinyali kendi üzerindeki dijital ekranından okunabilir, bir yazıcıya veya özel bir programı olan bir bilgisayara aktarılabilir ve elde edilen değer LDF çıkış sinyali olarak değerlendirilir. Bu ölçüm değerleri LDF cihazı üzerinde ve bilgisayar ekranında hem traseler şeklinde hem de rakamsal değerler şeklinde elde edilebilmektedir (4).

LDA cihazları 4 farklı ölçüm değeri vermektedir. Bunlar; hareketli kan hücrelerinin konsantrasyonu (CMBC), ölçüm ucuna dönen ışın miktarı (total backscatter), hücrelerin ortalama akış hızı (velocity), kan akım seviyesidir (perfüzyon değeri). Çalışmalarda kullanılan değer perfüzyon ünitesi (PU) cinsinde

sinden olan değerdir. Hücrelerin konsantrasyonu ve hız değerlerinin çarpımı ile elde edilir (3).

LDF cihazında elde edilen değerler dokudan geçen kan miktarını belirtecek şekilde kalibre edilemezler Ancak cihazın hassasiyeti standardize edilebilir. Bu amaçla, jelatimsi bir sıvı içinde, 0.48 µm çapında ve %0.5 yoğunluktaki polystyrene mikro küreciklerin 20 °C'de yaptığı titreşim hareketini 250 PU değeri olarak tanımlanmıştır. Bu harekete Brownian hareketi denir ve aynı standarttaki tüm süspansiyonlar için eşit değerdedir. Bu düzenek motility standart ismiyle anılmaktadır. Bu yüzden, perfüzyon değeri mutlak olmamakla birlikte başka bir cihazla karşılaştırılabilir (5).

LDF metodunun tıpta kullanımı:

LDF ilk olarak tavşan retinasında kan akımını ölçmek için kullanılmıştır (6). 1975 yılında, laser ışınının geri saçılması ve doppler kayması prensibine dayanılarak, doku mikrodolaşımında lokal akımı sürekli ve hemen ölçmeye yeterli olan bir noninvaziv enstrüman geliştirilmiş ve hayvanlarda retina kan akımı ölçümlerinde kullanılmıştır (7). Deride, ölçüm derinliği 0.5 ile 1 mm arasında olup, bağışıklarda birkaç mm, böbrek ve karaciğer gibi kanlanmasız fazla olan dokularda 1 mm'den azdır (2).

Anesteziyolojide; kan akımını farklı tip anestetik ve aneljezik ajanların etkilerine bağlı sempatik blokaj ve periferik kan akımındaki değişiklikler izlenebilmiştir (8). Kardiyovasküler cerrahide; vasküler rekonstrüksiyon esnasında mikrovasküler kan akımının gözlenmesinde, bacak arterlerinde aterosklerozun derecesi ile lokalizasyonu, hiperemi ve istirahat anında değerlendirilmiştir (9). Dermatolojide; yara iyileşmesinin fleplerin ve greftlerin kan akımının mikrodolaşımının noninvaziv ölçümünde kullanılmıştır (10). Farmakolojide, insan ve hayvan da doku perfüzyonu izlenmiş, vazodilatör ilaçların, kan akımı ve doz cevabı ölçülmüştür (11). İç hastalıklarında; fonksiyonel ve yapısal mikroanjyoplasti tedavisinde, mikrodolaşımında vazodilatasyon ve vazokontrüksiyon cevapları ölçülmüştür (12). İlaç sanayiinde topikal ilaçların, kozmetiklerin iritan etkilerini belirleme testlerinde, ayrıca bölgesel değişiklikler ve deri fizyolojisindeki çalışmalarda kullanılmıştır (13). Nörolojide; periferik nöropatiye bağlı nörolojik bozuklukların tayininde teşhis aracı olarak, Raynaud's hastalığı, paraplejilerde, ayrıca nörolojik bozuklukların yayılmasının tayini, serebral korteks ve sinirlerin perfüzyon ölçümlerinde kullanılmıştır (14). Ortopedide; cerrahi öncesi ve sonrası iskelet kas sistemi dokularında kan akımı izlenmiş, diz, kartilaj, ligamentler, synovia, kalça eklemleri ve aşil tendonları değerlendirilmiştir. Ayrıca iğne probu sa-

yesinde kas ve tendon gibi yumuşak dokuların,(15) plastik ve rekonstrüktif cerrahide; replante edilen parmak ve fleplerin perfüzyonunun gözlenmesinde kullanılmıştır (16)

LDF metodunun dişhekimliğinde kullanımı:

LDF metodu dişhekimliğinde pulpa, dişeti ve kemikteki kan akımı ölçümü için kullanılabilir (17). Cihazın ölçüm derinliği 1 mm civarında olmasına rağmen, çekilmiş dişlerde, pulpa boşluğuna yerleştirilmiş kanül vasıtasıyla, farklı hızlarda ve yoğunlukta kan pompalanması ile elde edilen kayıtlarda, daimi dişte ortalama 2 ile 3,5 mm kalınlıkta olan mine ve dentini aşarak, dişin pulpasının kan akımı ölçülebilmektedir (18). Pulpadaki kan akımını saptama yeteneğinin bir kısmı, dentin tübüllerinin ışık rehberliği etkisine dayandırılmıştır (5).

Dişetinden LDF ile basınç, soğuk-sıcak, oklüzal kuvvetlerin periodontal kan akımına etkisi ve istirahat halindeki kan akımını çalışılmış ve sağlıklı bireylerde alveolar mukoza, interdental dişeti, yapışık ve serbest dişeti kan akım ölçümleri lokalize basınç uygulanan bütün dişeti tiplerinde iskemik cevap alınmasına neden olduğu bildirilmiştir (19).

LDF probunun diş üzerindeki konumunun ölçüm sonuçlarını etkileyip, etkilemediğini ve aynı bölgeden yapılan ölçüm değerlerinin zamanla değişip değişmediğini değerlendirilmiş, dişin vestibül yüzünün ortasından insizale yaklaşıldıkça ölçüm değerinin azaldığı, dişetine yaklaşıldıkça arttığı gösterilirken, mesiodistal yönde kaydırılan ölçüm noktalarında ölçüm değerlerinde belirgin fark olmadığı bildirilmiştir. Aynı noktalardan farklı zamanlarda yapılan ölçümler arasında da istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır (20).

Kronik osteomyelitli 14 hastada osteomyelitli ve sağlıklı çene kemiklerinde kan akımı farklılıklarına bakılmış, sağlıklı ve osteomyelitli bölgelerdeki ölçüm değerleri arasında anlamlı fark bulunmuştur (21).

LDF'nin pulpal kan akımındaki indüklenmiş değişiklikleri ölçmek için 1/100,000 oranında epinefrin içeren %2'lik lidokain, sağlıklı bireylerin anterior dişlerinin vestibülüne infiltre edilmiştir. LDF'nin probu bir splint ile sabitlendikten sonra kalp atımını gözlemek için elektrokardiogram bağlanmıştır. LDF, pulpa kan akımında ve nabız amplitüdünde azalma göstermiştir. Bu azalma enjektörden 10 dakika sonra en belirgin hale gelmiştir. Sonuç olarak LDF ile pulpal kan akımı ölçülebilmek ve epinefrinle meydana gelen kan akımı değişiklikleri kaydedilmiştir (22).

İnsan pulpal kan akımının yaşla ilgili değişiklikleri LDF tekniği ile değerlendirilmiş, yaşları 8 ile

75 arasında değişen 22 katılımcının sağlıklı üst santral dişlerinden kayıtlar alınmıştır. Yaşla birlikte pulpa kan akımındaki azalmanın büyük oranda arttığı bulunmuştur (23).

Sağlıklı 16 sigara içen deneğin katıldığı ve 11'nin sigarayı bıraktığı çalışmada sigara içilen ve içilmeyen dönemde dişeti kan akımı değişimi LDF ile sol maksiller santral diş labial yüzünde ve bilateral interdental papilde ölçülmüş, sigara içmeyen deneklerde erken dönemde gingival mikrodolaşımın normale döndüğü bulunmuştur (24).

Dişlerde travma sonrası pulpa zararının erken teşhisi ve pulpa vitalitesinin tayini için güvenilir bir metod olarak LDF metodu değerlendirilmiştir. Travmaya uğramış bir diş muayene edildiğinde en önemli bulgu pulpanın durumunun tayinidir. Pulpa nekrozu genellikle travma sonrası lükse olan dişlerde çok hızlı gelişir. Pulpa vital olsa bile, diş çoğunlukla konvansiyonel pulpa testlerine uzun bir süre cevap vermez (17).

LDF metodunun avantajları:

Noninvaziv olması, kullanım kolaylığı ve devamlı veya belirli aralıklarla kayıt sağlaması LDF'nin önemli avantajlarından. Ayrıca, cihaz bilgisayara bağlanarak, özel yazılımı vasıtasıyla veriler grafikler halinde izlenir ve istatistiksel olarak analiz edilebilir. LDF, çeşitli tıbbi ve biyolojik uygulamalara adapte edilebilir (4).

Çalışılan dokuya bağlı olarak, hem invaziv hem de non-invaziv kullanılabilir. Sinir cerrahisi ve estetik cerrahideki gibi invaziv işlemler için özel problemler mevcuttur. Sipariş üzerine amaca yönelik özel problemler de üretilebilmektedir. Çok problemlerle sistemler ile, perfüzyon ölçümleri aynı anda 1'den fazla bölgede yapılabilmektedir. Cihaza, kayıt probunun yanında özel eklentiler vasıtasıyla, ısıtıcı problemler ve iontoforez sistemleri de eklenebilmektedir (2).

LDF metodunun dezavantajları:

Temel dezavantaj, elde edilen çıkış değerlerinin mutlak olmaması ve her zaman kan akımı ile doğrusal ilişkiye sahip olmamasıdır. Örneğin, çıkış sinyalinin değeri %100 artması, kan akımının %100 arttığı anlamına gelmeyebilir (5). Doğrusal olmaması, hareketli hücrelerle fotonların çoklu çarpışmasının etkileri nedeniyle oluşur (3). Bu olumsuz durumu ortadan kaldırmak için cihazın sinyal işlemci kısmı önemli bir görev üstlenir. Sinyal işlemci fotodedektörden gelen sinyali, anlamlı verilere dönüştüren kısımdır. Akım hesaplanmasındaki ideal bir algoritma; akım, doku tipleri ve hematokritin tüm değerleri ile doğrusal ilişkiye sahip olmanın yanında, çoklu saçılma etkilerini hesaba katmalıdır (2).

SONUÇ

Tıp ve dişhekimliğinde LDF tekniği ile çalışmalar hala devam etmektedir. LDF özellikle dokuların mikrodolaşım değişimlerinin takibi açısından önemli olduğu görülmektedir. Bunun sonucu olarak dokuların, tedavi öncesi ve sonrası durumlarının tespiti ve takipleri yönünden fayda sağladığı düşünülmektedir. Ancak bu tekniğin güvenilirliğinin iyi takip edilmesi ve diğer parametrelerle birlikte kullanılabilirliği yönünden daha detaylı araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Adrian RJ.: Selected papers on laser Doppler velocimetry. II. Series. SPIE Optical Engineering Press. 1993.
2. Öberg PA.: Laser Doppler flowmetry. Crit Rev Biomed Eng. 1990;18(2):125-63.
3. Vongsavan N, Matthews B.: Some aspects of the use of laser Doppler flow meters for recording tissue blood flow. Exp. Physiol. 1993;78(1):1-14.
4. Humeau A, Steenberg W, Nilsson H, Strömberg T.: Laser Doppler perfusion monitoring and imaging: novel approaches. Med Biol Eng Comput. 2007;45(5):421-35.
5. Matthews B, Vongsavan N.: Advantages and limitations of laser Doppler flow meters. Int Endod J. 1993;26(1):9-10.
6. Riva C, Ross B, Benedek GB.: Laser Doppler measurement of blood flow in capillary tubes and retinal arteries. Invest Ophthalmol. 1972;11(11):936-44.
7. Ingólfsson AR, Tronstad L, Hersh EV, Riva CE.: Effect of probe design on the suitability of laser Doppler flowmetry in vitality testing of human. Endo Dent Traumatol. 1993;9(2):65-70.
8. Johansson K, Ahn H, Lindhagen J, Tryselius U.: Effect of epidural anaesthesia on intestinal blood flow. Br J Surg. 1988;75(1):73-6.
9. Hoffman U, Schneider E, Bollinger A.: Flow motion waves with high and low frequency in severe ischaemia before and after percutaneous transluminal angioplasty. Cardiovasc Res. 1990;24(9):711-8.
10. Choi CM, Bennett RG.: Laser Dopplers to determine cutaneous blood flow. Dermatol Surg. 2003;29(3):272-80.
11. Fazekas A, Olgart L, Gazelius B, Kerezoudis N, Edwall L.: Effects of angiotensin II on blood flow in rat submandibular gland. Acta Physiol Scand. 1991;142(4):503-7.
12. Tooke JE, Ostergren J, Lins PE, Fagrell B.: Skin microvascular blood flow control in long duration

- diabetics with and without complications. *Diabetes Res.* 1987;5(4):189-92.
13. Staberg B, Serup J.: Allergic and irritant skin reactions evaluated by laser Doppler flowmetry. *Contact Dermatitis.* 1988;18(1):40-5.
 14. Walmsley D, Goodfield MJ.: Evidence for an abnormal peripherally mediated vascular response to temperature in Raynaud's phenomenon. *Br J Rheumatol.* 1990;29(3):181-4.
 15. Limbird TJ.: Application of laser Doppler technology to meniscal injuries. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;252:88-91.
 16. Jenkins S, Sepka R, Barwick WJ.: Routine use of laser Doppler flowmetry for monitoring autologous tissue transplants. *Ann Plast Surg.* 1988;21(5):423-6.
 17. 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(6):750-5.
 18. 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(5):431-9.
 19. Baab DA, Öberg PA.: Laser Doppler measurement of gingival blood flow in dogs with increasing inflammation. *Arch Oral Biol.* 1987;32(8):551-5.
 20. Ramsay DS, Artun J, Martinen SS.: Reliability of pulpal blood-flow measurements utilizing laser Doppler flowmetry. *J. Dent Res.* 1991;70(11):1427-30.
 21. Wannfors K, Gazelius B.: Blood flow in jaw bones affected by chronic osteomyelitis. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1991;29(3):147-53.
 22. Musselwhite JM, Klitzman B, Maixner W, Burkes EJ.: Laser Doppler flowmetry: a clinical test of pulpal vitality. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1997;84(4):411-9
 23. 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.
 24. Morozumi T, Kubota T, Sato T, Okuda K, Yoshie H.: Smoking cessation increases gingival blood flow and gingival crevicular fluid. *J Clin Periodontol.* 2004;31(4):267-72.