

Láser Doppler y su uso en la odontología.

Laser Doppler and its use in dentistry.

José Eduardo Orellana Centeno,* Nuria Patiño Marín*

RESUMEN

El efecto Doppler es la base científica de la flujometría láser Doppler. El efecto fue descrito por primera vez en el año de 1842 por el físico austriaco Christian Doppler en su tratado *Über das farbige Licht der doppelsterne und einige andere gestirne des himmels* (*Sobre el color de la luz en estrellas binarias y otros astros*). Este principio ha permitido desarrollar técnicas y aparatos que han sido empleados en el ramo médico para medir la perfusión en diversos órganos y tejidos del cuerpo, y que han sido útiles como método diagnóstico. En la odontología, poco a poco comienza a reportarse información acerca del uso del Doppler en las diversas estructuras bucodentales, y ha demostrado ser no invasivo y de gran utilidad diagnóstica. Son pocos los estudios reportados en la rama de la odontología en cuanto a esta nueva tecnología; es importante comenzar líneas de investigación apoyadas en ella para beneficio de los pacientes.

Palabras clave: Láser Doppler, odontología, salud bucal.

ABSTRACT

The Doppler effect, the scientific basis of laser Doppler flowmetry, was first described in 1842 by Austrian physicist Christian Doppler in his treatise Über das farbige Licht der doppelsterne und einige andere gestirne des Himmels (On the Colored Light of the Binary Stars and Some Other Stars of the Heavens). This principle has led to the development of techniques and devices that have been used in the field of medicine to measure perfusion in various organs and tissues, and have provided a useful method of diagnosis. In dentistry, information on the use of this method in the various structures of the mouth has slowly begun to be published. As a result, the need for its continued use in the field of oral health has become evident, given that it has proven to be non-invasive and extremely useful in diagnosis. It is a diagnostic technique that is commonly used in healthcare and has been widely developed in the field of medicine, yet there have been few reported studies of its use in dentistry, which is an important step towards opening new lines of research based on this new technology for the benefit of patients.

Key words: Laser Doppler, dentistry, oral health.

INTRODUCCIÓN

El efecto Doppler es la base científica de la flujometría láser Doppler; fue descrito por primera vez en el año 1842 por el físico austriaco Christian Doppler en su tratado *Über das farbige Licht der doppelsterne und einige andere gestirne des himmels* (*Sobre el color de la luz en estrellas binarias y otros astros*). En este texto se explica el cambio de frecuencia que sufre una onda cuando es emitida por un objeto que se mueve lejos del observador.¹ Es una medición óptica que permite calcular el número y la velocidad de partículas transportadas por un flujo. Se debe considerar que las partículas sean lo suficientemente grandes como para

dispersar la luz y para la detección de la señal, pero también que permitan a la misma continuar con su movimiento.²

Este principio ha permitido desarrollar técnicas y aparatos que han sido empleados en el ramo médico para medir la perfusión en diversos órganos y tejidos del cuerpo, y que han sido de utilidad como método diagnóstico. En la odontología, poco a poco comienza a reportarse información acerca de su uso en las diversas estructuras bucodentales y en el campo de la salud bucal, debido a que es un método que ha demostrado ser no invasivo y de gran beneficio diagnóstico.³

La flujometría láser Doppler es una técnica novedosa que es no invasiva para la medición y observación de la perfusión sanguínea en los tejidos.⁴ Esta tecnología ha sido aprovechada ampliamente en el campo de la medicina (cirugía plástica y medicina interna) para el control del flujo sanguíneo microvascular, siendo muy útil para detectar de manera precoz los signos de problemas de

* Doctor en Ciencias Odontológicas. Facultad de Estomatología. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, SLP, México

Recibido: Abril 2016. Aceptado para publicación: Julio 2016.

circulación y para predecir —y posiblemente, prevenir— complicaciones quirúrgicas.⁵

El método láser Doppler fue utilizado por Yeh y Cummins para estimar la velocidad de las células rojas de la sangre de los capilares; también para evaluar el flujo sanguíneo en los sistemas microvasculares del cuerpo humano, como la retina, el intestino, la corteza renal y la piel. Se ha aplicado, sobre todo, en órganos o regiones del cuerpo humano que son conformados por tejidos blandos.⁶

Se ha reportado la utilidad del láser Doppler en la odontología como una técnica objetiva, no invasiva, que permite dar continuidad al registro y análisis del flujo sanguíneo en estructuras bucodentales.⁷ Se han empezado a describir numerosas aplicaciones de esta tecnología en campos muy específicos dentro de la odontología; podemos mencionar su uso en traumatología dental (Roeykens *et al.*, 1999),⁸ periodontitis (Patiño-Marín *et al.*),⁹ gingivitis (Rodríguez-Martínez),¹⁰ y ortodoncia (Emshoff *et al.*).¹¹

El principio original del láser Doppler utiliza un haz de luz de helio-neón (He-Ne); este láser emite el haz de luz a 632.8 nm, que se dispersa al movimiento de los glóbulos rojos que fueron sometidos a un desplazamiento de frecuencia de acuerdo con el principio Doppler.¹² En la fracción de luz retrodispersada del área del sistema de iluminación se puede apreciar que así sucede. Esta luz es detectada y procesada para producir una señal en función del flujo de los glóbulos rojos. El valor se expresa de manera porcentual de la desviación obtenida. Otras longitudes de onda empleadas en este tipo de láser semiconductor están en 1,780 nm y 820 nm.¹³

Se demostraron mejores resultados con el uso de la detección de la dispersión hacia adelante en comparación con el empleado convencionalmente, que utilizaba la detección de dispersión hacia atrás. También se reporta que los aparatos que manejan una longitud de onda de 810 nm muestran una buena sensibilidad, pero una pobre especificidad, y que los aparatos de longitud de onda de 633 nm presentan buena especificidad, pero una baja sensibilidad.¹⁴ El láser de longitud de onda de 576 nm ha sido una alternativa para la detección de perfusión. Otro tipo de láser es el infrarrojo (con una longitud de onda de 780 a 810 nm), que tiene mayor capacidad de penetrar en el esmalte y la dentina. Los láser utilizados en esta técnica son, por lo general, de un nivel de baja potencia, de aproximadamente 1 o 2 mW, y no existen reportes de lesiones en los tejidos por el empleo de este método.¹⁵

Para evitar alguna lesión y tener mejor transmisión en la estructura a inspeccionar con la luz láser se usa una

sonda de fibra óptica que se coloca en el sitio o superficie a estudiar. Dos haces de luz de igual intensidad, que corresponden a la división de un solo haz de luz que es visible, se cruzan a través del área objetivo. Estos se dirigen de acuerdo a la dispersión del movimiento de las células rojas sanguíneas, que con frecuencia hacen el desplazamiento mientras que la luz que va directo al tejido permanece estática.¹⁶ La luz reflejada, que es parte del rayo de luz del láser Doppler, proviene del objeto en movimiento —en este caso, del cuerpo bicóncavo del eritrocito—, es devuelta al aparato por medio de una fibra aferente dentro de la misma sonda de fotodetectores, pasa en el medidor de flujo y se produce una señal. Los fotodetectores convierten el patrón de interferencia que resulta de la mezcla de luces al momento de medir el flujo de sangre; dicha medición se realiza en unidades arbitrarias o de perfusión.²

La profundidad de penetración de un haz de luz del aparato láser Doppler en los dientes alcanza aproximadamente entre 6 y 13 mm de profundidad de la raíz, según la densidad del láser. En algunos dientes, incluso se ha observado que el rayo puede llegar hasta el ápice.¹⁷

La señal recibida se calcula con un algoritmo preestablecido en el aparato; la señal de salida se puede simplificar como una función del producto de la concentración de eritrocitos, así como su medición de la velocidad media de los mismos. De hecho, esta medición de flujo (flux) es la velocidad media de las células rojas de la sangre.¹⁸

Las técnicas de láser Doppler son útiles en las pruebas de vitalidad pulpar, ya que no reflejan la capacidad de respuesta nerviosa sino la capacidad vascular. Cuando se usan para evaluar la vitalidad, es a partir del tamaño de la señal de flujo obtenida de un diente sano —que puede ser usado como control—, que se compara con la señal emitida por un diente no vital sospechoso. La señal de flujo de un diente con pulpa vital debe ser mayor que la de un diente con pulpa no vital.¹⁹

La mayoría de los dispositivos y aparatos de láser Doppler dan las lecturas de flujo en unidades arbitrarias o de perfusión (UP). Estas unidades son calculadas por el software que acompaña a cada dispositivo y pueden, posteriormente, presentarse con valores absolutos de flujo de perfusión de sangre, como, por ejemplo, en mL/min.²⁰

Entre los diversos tipos de dispositivos —e incluso, en el mismo dispositivo— puede haber variaciones en diferentes momentos, a menos que el dispositivo sea calibrado con frecuencia y, preferentemente, entre mediciones, ya que dichos aparatos son muy sensibles a cualquier vibración. Para lograr la calibración se utiliza con frecuencia un líquido de suspensiones especiales.²¹

Entre las limitaciones que se reportan al uso del láser Doppler está la susceptibilidad a ruidos extraños, tales como sonidos fuertes (vibraciones) o movimientos cercanos a la sonda. También puede ser sensible a la contaminación del flujo sanguíneo en tejidos adyacentes. A pesar de ser una tecnología de costo accesible en comparación con algunos otros instrumentos, hay que estar conscientes de que es poco probable en la actualidad que el láser Doppler se convierta en una técnica popular entre los practicantes de la consulta privada; su uso en el futuro próximo seguirá dándose en universidades y centros de investigación.²²

El láser Doppler ha tenido cierto éxito en su aplicación en la medicina; su uso en la odontología se ha visto obstaculizado en cierta forma por la presencia de tejidos mineralizados que limitan la penetración del haz de luz del láser en el diente, aunque la profundidad de penetración en los dientes es mucho mayor que la que pudiera presentarse en la piel.²³ La luz debe alcanzar a las células sanguíneas en movimiento en la cámara pulpar; en animales se ha podido superar mediante el corte de tejido y la preparación de una cavidad para poder colocar la sonda más cerca de la pulpa, pero esta opción no podría ser aplicable *in vivo*. Además, este procedimiento sería invasivo y puede inducir la liberación de varias sustancias bioactivas capaces de interferir con el flujo sanguíneo.²⁴

Hay que añadir que este método puede estar contraindicado en algunos dientes con restauraciones muy amplias, ya que no se podría realizar la medición. El uso de una doble sonda o una segunda toma con el láser Doppler han sido sugeridos para aumentar la fiabilidad de las mediciones tomadas.²⁵

Hay varias técnicas para medir el flujo sanguíneo en los tejidos; esto se puede realizar, en primer lugar, con el uso de la luz, como la fotopletismografía (también conocida como pulsoxímetro);²⁶ otra es la inyección de partículas radiactivas, conocida como «lavado 133 Xenón».²⁷

CONCLUSIÓN

El láser Doppler es una técnica objetiva, no invasiva, que permite guardar y leer rápidamente los resultados hemodinámicos obtenidos. Esta herramienta evita emplear métodos que pueden ser subjetivos. Tener con exactitud dichos datos permite conocer el flujo sanguíneo, que pudiera ser significativo para la detección o diagnóstico temprano de algún padecimiento.

Es un método de diagnóstico que tiene mucha utilidad en el campo de la salud y ha sido ampliamente desarrollado en el ámbito médico, pero en la rama de la odon-

tología son pocos los estudios reportados; es importante comenzar líneas de investigación apoyadas en esta nueva tecnología para beneficio de los pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Wilder-Smith PE. A new method for the noninvasive measurement of pulpal blood flow. *Int Endod J.* 1988; 21: 307-312.
2. Bonner RF, Clem TR, Bowen PD. Laser-Doppler continuous real-time monitor of pulsatile and mean blood flow in tissue microcirculation. In: Chen SH, Chu B, Nossal R. *Scattering techniques applied to supramolecular and nonequilibrium systems.* New York: Plenum; 1992. pp. 685-702.
3. Firestone AR, Wheatley AM, Thüer UW. Measurement of blood perfusion in the dental pulp with laser Doppler flowmetry. *Int J Microcirc Clin Exp.* 1997; 17 (6): 298-304.
4. Stern MD, Lappe DL, Bowen PD, Chimosky JE, Holloway GA Jr, Keiser HR et al. Continuous measurement of tissue blood flow by laser Doppler spectroscopy. *Am J Physiol.* 1977; 232 (4): H441-448.
5. Boutault F, Cadenat H, Hibert PJ. Evaluation of gingival microcirculation by a laser Doppler flowmeter. Preliminary results. *J Craniomaxillofac Surg.* 1989; 17: 105-109.
6. Yeh Y, Cummins HZ. Localized fluid flow measurements with an He-Ne laser spectrometer. *Appl Phys Lett.* 1964; 4: 176-178.
7. 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: 463-467.
8. Roeykens H, Van Maele G, De Moor R et al. Reliability of laser Doppler flowmetry in a 2-probe assessment of pulpal blood flow. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999; 87: 742-748.
9. Patiño-Marín N, Martínez F, Loyola-Rodríguez JP et al. A novel procedure for evaluating gingival perfusion status using laser-Doppler flowmetry. *J Clin Periodontol.* 2005; 32 (3): 231-237.
10. Rodríguez-Martínez M, Patiño-Marín N, Loyola-Rodríguez JP, Brito-Orta MD. Gingivitis and periodontitis as antagonistic modulators of gingival perfusion. *J Periodontol.* 2006; 77: 1643-1650.
11. Emshoff R, Kranewitter R, Norer B. Effect of Le Fort I osteotomy on maxillary tooth-type related pulpal blood-flow characteristics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000; 89: 88-90.
12. Watson AD, Pitt Ford TR, McDonald F. Blood flow changes in the dental pulp during limited exercise measured by laser Doppler flowmetry. *Int Endod J.* 1992; 25: 82-87.
13. Odor TM, Ford TR, McDonald F. Effect of probe design and bandwidth on laser Doppler readings from vital and root-filled teeth. *Med Eng Phys.* 1996; 18: 359-364.
14. 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; 95: 660-664.
15. Raamat R, Jagomägi K, Kingisepp P. Simultaneous recording of fingertip skin blood flow changes by multiprobe laser Doppler flowmetry and frequency-corrected thermal clearance. *Microvasc Res.* 2002; 64: 214-219.
16. Soo-ampon S, Vongsavan N, Soo-ampon M et al. The sources of laser Doppler blood-flow signals recorded from human teeth. *Arch Oral Biol.* 2003; 48: 353-360.
17. Chandler NP, Love RM, Sundqvist G. Laser Doppler flowmetry: an aid in differential diagnosis of apical radiolucencies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999; 87: 613-616.
18. Matthews B, Vongsavan N. Advantages and limitations of laser Doppler flow meters. *Int Endod J.* 1993; 26: 9-10.

19. De Backer D, Donadello K, Taccone FS, Ospina-Tascon G, Salgado D, Vincent JL. Microcirculatory alterations: potential mechanisms and implications for therapy. *Annals of Intensive Care*. 2011; 1: 27.
20. Obeid AN. *In vitro* comparison of different signal processing algorithms in laser Doppler flowmetry. *Med Biol Eng Comp*. 1993; 31: 43-52.
21. Jafarzadeh H, Rosenberg PA. Pulse oximetry: review of a potential aid in endodontic diagnosis. *J Endod*. 2009; 35: 329-333.
22. Gopikrishna V, Pradeep G, Venkateshbabu N. Assessment of pulp vitality: a review. *Int J Paediatr Dent*. 2009; 19: 3-15.
23. Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. *Int Endod J*. 2000; 33: 173-185.
24. Kim S, Liu M, Markowitz K et al. Comparison of pulpal blood flow in dog canine teeth determined by the laser Doppler and the ¹³³Xenon washout methods. *Arch Oral Biol*. 1990; 35 (5): 411-413.
25. Roeykens H, Van Maele G, Martens L et al. 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.
26. Jafarzadeh H. Laser Doppler flowmetry in endodontics: a review. *Int Endod J*. 2009; 42: 476-490.
27. Evans D, Reid J, Strang R et al. A comparison of laser Doppler flowmetry with other methods of assessing the vitality of traumatised anterior teeth. *Endod Dent Traumatol*. 1999; 15: 284-290.

Correspondencia:

Dr. José Eduardo Orellana Centeno
Villamagna Núm. 104
Fracc. La Loma
San Luis Potosí, SLP, 78216, México
E-mail: orellana17@msn.com