

FOTOPLETISMOGRAFÍA CON DIODOS LÁSER INFRARROJOS EN ÓRGANOS INTRAPERITONEALES DEL CERDO

S.M. López Silva¹, J.P. Silveira Martín², L. Herrera³ y M.L. Dotor Castilla²

¹Instituto Universitario de Microelectrónica Aplicada, ULPGC, Las Palmas de G.C.

²Instituto de Microelectrónica de Madrid, CNM, CSIC, Madrid

³Instituto de Patología Digestiva, Servicio de Cirugía General II, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, Facultad de Medicina, Universidad de Cantabria, Santander

1. Resumen.

Entre las técnicas que se emplean para monitorizar órganos y tejidos se encuentran la fotopletismografía, la oximetría de pulso y la flujometría por efecto Doppler láser. Existen procesos que afectan a determinados órganos o territorios del organismo, sin repercusión significativa en el grado de oxigenación periférica, que no pueden ser monitorizados con los dispositivos disponibles actualmente. Resulta necesario desarrollar métodos y técnicas de oximetría que permitan la determinación "in situ" del grado de oxigenación tisular de diversos territorios intracorpóreos. En el presente trabajo se exponen los resultados preliminares del estudio de órganos intraperitoneales de un cerdo durante una intervención quirúrgica utilizando un sistema basado en dos diodos láser infrarrojos previamente desarrollado. Se han registrado los fotopletismogramas por transmisión a 750 nm y 850 nm en la aorta, la pared gástrica y el mesocolon. Es imprescindible modificar la geometría del sensor empleado y diseñar sensores optimizados para monitorizar diferentes órganos de interés.

2. Introducción.

Entre las técnicas basadas en principios ópticos que se emplean para monitorizar órganos y tejidos se encuentran la fotopletismografía¹⁻⁴, la oximetría de pulso^{1,3,4} y la flujometría por efecto Doppler láser^{1,5}. La oximetría de pulso⁶ es un método no invasivo para medir el grado de oxigenación ampliamente utilizado en la clínica humana. Existen procesos morbosos que afectan a determinados órganos o territorios del organismo, sin repercusión significativa en el grado de oxigenación periférica. Tal situación ocurre en los casos de isquemia o trombosis mesentérica, que frecuentemente son causa de laparotomía urgente. La medición incruenta directa e inmediata del grado de oxigenación de la pared intestinal y de otros territorios, sería útil para un diagnóstico más exacto, topografiar las lesiones y, consecuentemente, establecer una valoración más precisa y un tratamiento más eficaz. Tal medición es imposible con los oxímetros de pulso comerciales disponibles actualmente, por lo que resulta necesario el diseño de métodos y técnicas de oximetría que permitan la determinación "in situ" del grado de oxigenación tisular de diversos territorios intracorpóreos. En el presente trabajo se exponen los resultados preliminares del estudio de fotopletismografía⁷ en órganos intraperitoneales de un cerdo durante una intervención quirúrgica, utilizando un sistema basado en dos diodos láser infrarrojos previamente desarrollado^{8,9}.

3. Materiales, métodos y montaje experimental.

En el Laboratorio de Cirugía Experimental de la Facultad de Medicina de la Universidad de Cantabria se realizó una prueba "in vivo" en la que se empleó un ejemplar de cerdo de raza "Large-White" de 16 Kg de peso que fue obtenido, tratado y sacrificado según las normas del Animal Welfare Act de 1986 de manejo ético de los

animales de experimentación. En la premedicación se aplicó una inyección intramuscular de 15 mg./Kg de Ketamina + 0.1 mg de atropina. La inducción anestésica se realizó con Solución Intravenosa de pentotal sódico a dosis de 10 mg/kg. Se efectuó intubación orotraqueal y mantenimiento de la anestesia mediante inhalación de NO₂, a 6 L/min y O₂ y aporte intravenoso de fentanilo a 0.075 mg/Kg y bromuro de pancuronio a 2 mg / 20-30 min, según necesidades. Se monitorizaron el ECG y la presión arterial intraarterial. El sacrificio se realizó con el animal anestesiado, mediante la inducción de fibrilación ventricular con dosis intravenosa suficiente de CLK. En condiciones de asepsia y antisepsia convencionales, se realizó una laparotomía media amplia y se accedió a las vísceras intra-abdominales.

La oximetría de pulso⁶ combina la fotopleletismografía⁷ con las características de absorción óptica de la hemoglobina para determinar el grado de oxigenación utilizando como emisores diodos electroluminiscentes o diodos láser (DL) de al menos dos longitudes de onda específicas. La disposición de emisores y detectores con respecto al medio u órgano analizado suele corresponder a una de dos configuraciones: transmisión o reflexión. El sistema de medida previamente desarrollado^{8,9} consta de un sensor por transmisión, de la electrónica del sensor, una tarjeta de adquisición de datos y un ordenador portátil con los programas para el control de la adquisición y el procesamiento de las señales adquiridas. En el sensor se utilizan dos DL con emisiones en 750 nm y 850 nm montados en un mismo substrato metálico con una separación entre sus ejes centrales de 0,7 mm. Como detectores se emplean fotodiodos p-i-n de silicio BPW34, conectados en paralelo, con el fin de abarcar una mayor área de detección de la radiación transmitida. Cada DL es excitado con pulsos de 5 µs de duración y frecuencia de repetición de 1 kHz. Para realizar diferentes mediciones en las paredes intestinales y en el mesenterio, a diferentes alturas (yeyuno, yeyuno-íleon e íleon terminal) el sensor se colocó en un protector plástico transparente estéril, pinzando el órgano objeto de estudio. La corriente de excitación de cada DL se ajustó para evitar la saturación y así se registraron los respectivos fotopleletismogramas.

4. Resultados.

En la Figura 1 se muestran los fotopleletismogramas (PPG) por transmisión a 850 nm (DL1) y 750 nm (DL2) registrados en la aorta (a) en un intervalo de 5 s y (b) en 50 s y en el mesocolon (c) y la pared gástrica (d) en intervalos de 10 s. Los valores de las frecuencias de los PPG registrados en la aorta (Fig. 1a) son similares a los de la frecuencia cardiaca (150 pulsaciones/minuto). En la Fig. 1b, para un intervalo de tiempo más amplio, se puede apreciar que ambos PPG presentan oscilaciones a una frecuencia que se corresponde con la respiración. Los PPG registrados en el mesocolon y la pared gástrica (Fig. 1c y 1d) son muy irregulares, aunque la frecuencia asociada al ritmo cardiaco coincide con la de los registrados en la aorta. Las diferencias entre los PPG de las Fig. 1a, 1c y 1d pueden deberse a las particularidades de cada órgano. Mientras que la aorta presenta un flujo de sangre a través de un vaso, la irrigación sanguínea de la pared gástrica y del mesocolon se produce a través de múltiples vasos y capilares.

Es necesario modificar la geometría del sensor empleado y desarrollar sensores adaptados y optimizados para ser fijado a diferentes órganos, sin que se resbalen, ni presionen en exceso, opriman, deformen o afecten el órgano analizado. Tanto en el diseño del sensor como en el análisis, procesamiento y calibración de las mediciones se deben tener en cuenta las particularidades de la vascularización o irrigación sanguínea, y de los niveles de oxigenación y pulsación, arterial y venosa, del órgano en cuestión.

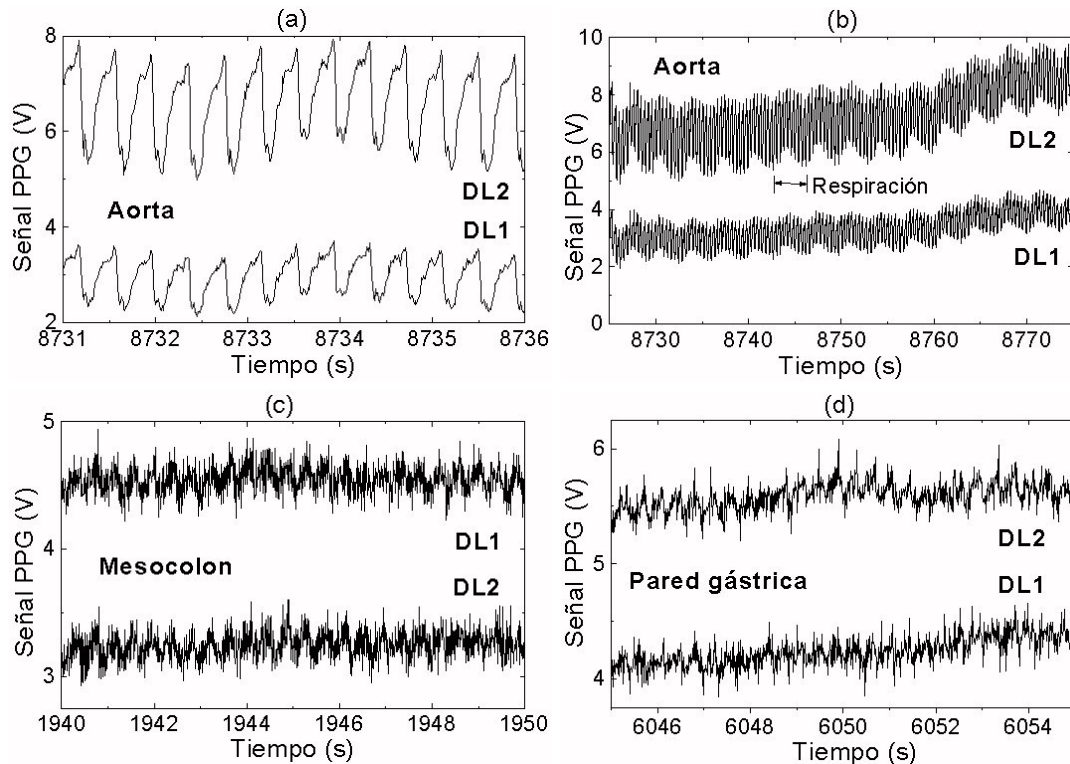


Fig. 1. Fotopleletismogramas registrados con los diodos láser DL1 (850 nm) y DL2 (750 nm) en la aorta (a, b), el mesocolon (c) y la pared gástrica (d) de un cerdo.

Bibliografía.

- [1] G.M. Sloan and G.H. Sasaki, *Clinics Plastic Surg.* **12** (1985) 185.
- [2] A.C. Vahl, G.L. Van Rij, J.J. Visser, S.H.M. Nauta, G.Q.M. Vink, G.J. Scheffer, E.S.M. de Lange-de-Klerk, A. Uyterlinde, H.L.F. Brom and J.A. Rauwerda, *J. Am. Coll. Surg.* **180** (1995) 57.
- [3] N. Uribe, E. García-Granero, J. Belda, J. Calvete, R. Alos, F. Martí, T. Gallen and S. Lledó, *Eur. J. Surg.* **161** (1995) 569.
- [4] J. Pickett, P. Amoroso, D.V. Nield and D.P. Jones, *Proc. 19th Ann. Int. Conf. IEEE/EMBS* (1997) 2330.
- [5] P. Ljung, S. Bornmyr and H. Svenson, *Acta Orthop. Scand* **66** (1995) 59.
- [6] A.A.R. Kamal, J.B. Harness, G. Irving and A.J. Mearns, *Comp. Methods Programs Biomed.* **28** (1989) 257.
- [7] L.G. Lindberg, C. Lenmarken and M. Vegfors, *Acta Anesthesiol. Scand.* **39** (1995) 279.
- [8] J.P. Silveira, S.M. López Silva, M.L. Dotor, D. Golmayo, R. Giannetti, J.R. Sendra y J.L. Alvarez-Salas, *Libro de Actas de CASEIB 2000* (2000) 13.
- [9] S.M. López Silva, J.P. Silveira, J.R. Sendra, R. Giannetti, M.L. Dotor and D. Golmayo, *Proc. SPIE* **4255** (2001) 80.

Agradecimientos.

Este trabajo ha sido financiado por la Asociación Cántabra de Cirugía y el proyecto CICYT TIC98-1025. S.M. López Silva es investigadora del Programa Ramón y Cajal del Ministerio de Ciencia y Tecnología.