

## **Pulsioximetría continua del sueño nocturno, domiciliaria, no controlada, con el Oxímetro cubano OXY9800. Propuesta de modificaciones en el software**

### **Continuous pulse oximetry nocturnal sleep, at home, uncontrolled, with the Cuban Oximeter OXY9800. Proposed software modifications**

**Dr. MSc. Alfredo Jané Lara,<sup>I</sup> Lic. Gisela Montes de Oca Colina,<sup>II</sup> Dra. MSc. Mireya Fernández Fernández,<sup>III</sup> Dr. MSc. Jorge Ortiz Roque<sup>I</sup>**

<sup>I</sup> Centro de Investigaciones Clínicas. Playa. La Habana. Cuba

<sup>II</sup> Instituto Central de Investigación Digital. Playa .La Habana.Cuba

<sup>III</sup> Hospital Neumológico Benéfico-Jurídico. Cerro. La Habana.Cuba

---

#### **RESUMEN**

**Introducción:** la pulsioximetría de sueño nocturno establece un importante método de tamizaje o cribado para detectar aquellos casos que presentan desaturaciones de la oxihemoglobina durante el sueño, lo que constituye una de las principales alteraciones fisiopatológicas del síndrome de apnea del sueño. Se presentó un nuevo método manual, empleado para determinar las desaturaciones nocturnas en pacientes con sospecha del síndrome de apnea-hipopnea del sueño, tomando como referencia, los ficheros creados con la extensión.oxi del programa OXYTREND del Pulsioxímetro cubano OXY 9800.

**Objetivo:** mostrar la manipulación de los datos finales utilizando Windows Explorer, NotePad, Microsoft Office (Excel) y dos macros creadas, además de las modificaciones realizadas al hardware con el fin de obtener los resultados alcanzados y proponer dichas modificaciones al Instituto Central de Investigación Digital para una nueva versión de este equipo.

**Desarrollo:** se estudiaron 232 pacientes durante 5 años para determinar la cantidad de desaturaciones menores del 90 % y con una duración mayor de 10 s por hora, durante tres o más horas de sueño nocturno.

**Conclusiones:** la variación de la frecuencia cardíaca, los valores medios, máximos y mínimos, el tiempo de grabación, el total de desaturaciones, unido a la clínica, ayudó a plantear con mayor seguridad el diagnóstico positivo o negativo del síndrome de apnea de sueño. Se proponen cambios en el equipo OXY9800.

**Palabras clave:** pulsioximetría, desaturaciones, síndrome de apnea, hipopnea del sueño, Oxímetro OXY9800.

---

## ABSTRACT

**Introduction:** Dream night pulse oximetry provides an important screening method or screening to detect those cases presenting oxyhemoglobin desaturation during sleep, which constitute a major pathophysiological change in the syndrome of sleep apnea. In this paper we present the new manual method used to determine the nocturnal desaturation in patients suspected of apnea, hypopnea, taking as reference files created with the program OXYTREND extensión.oxi the Cuban oximeter OXY 9800.

**Objective:** The aim is to show the final data handling models using Windows Explorer, NotePad, Microsoft Office (Excel) and two macros created, in addition to modifications the hardware, for the results achieved and to propose these amendments to the Central Institute of Digital Research for a new version of this equipment.

**Development:** 232 patients were studied in five years to determine the amount of desaturation less than 90 % and more than 10 s duration per hour for three or more hours of sleep a night.

**Conclusions:** The change in heart rate, average, maximum and minimum values, the recording time, the total desaturation, joined the clinic helped us raise more safely positive or negative diagnosis of the sleep apnea syndrome. We propose these changes to the equipment OXY 9800

**Keywords:** pulse oximetry desaturation, apnea-hypopnea, OXY9800 Oximeter.

---

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años los trastornos del sueño y especialmente el síndrome de apnea-hipopnea del sueño (SAHS) han generado un gran interés entre los médicos de muchos países. Estudios realizados en Europa y EE.UU. sugieren que en la población general adulta de edades medias, entre el 4 y 6 % de los hombres y entre el 2 y 4 % de las mujeres, padecen SAHS, que además afecta del 1 al 3 % de la población infantil.<sup>1-3</sup>

La Sociedad Española de Patología Respiratoria (SEPAR) definió el SAHS como un cuadro caracterizado por somnolencia diurna, trastornos neuropsiquiátricos y cardio-respiratorio secundarios a una alteración anatómico-funcional de la vía aérea superior que conduce a episodios repetidos de obstrucción de la misma durante el sueño, provocando descensos de la SaO<sub>2</sub> y despertares transitorios (no conscientes) que dan lugar a un sueño no reparador.<sup>4</sup>

La polisomnografía es el elemento técnico más importante para el diagnóstico y clasificación de la enfermedad. Se trata de un equipo costoso que de forma sincronizada monitorea diferentes variables a la vez, una de las cuales, entre las más importantes, es la medición de la saturación de oxígeno por medio de la

---

pulsioximetría. La polisomnografía, debido a su costo, no está al alcance de muchos centros, lo que conlleva a buscar otras alternativas diagnósticas como se corrobora en la literatura internacional.<sup>3,5-7</sup>

La pulsioximetría digital es una técnica no invasiva, que consiste en un sensor (dedal o una pequeña pinza), que sin molestia alguna se coloca en uno de los dedos de las manos o pies o en el lóbulo de la oreja, determina el porcentaje de combinación del oxígeno (O<sub>2</sub>) con la hemoglobina (Hb) de la sangre, es decir, cuantifica la saturación de la hemoglobina (SaO<sub>2</sub>) la cual constituye la mejor variable para aseverar la oxigenación de la sangre.<sup>8-10</sup>

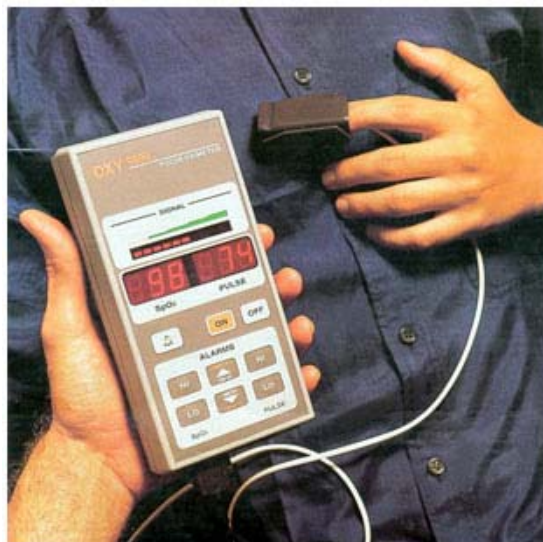
Por medio del principio físico de la fotopletismografía digital, los oxímetros discriminan los vasos que laten (arteriolas digitales) y se obtiene el registro del pulso digital. De esta forma se determina la frecuencia del pulso así como el porcentaje de saturación del oxígeno en la sangre arterial al mismo tiempo. El patrón típico del registro de la SaO<sub>2</sub> en el SAHS es el de desaturaciones repetidas con recuperación rápida de los valores previos, con aspecto en "dientes de sierra" del trazado global.<sup>5-7</sup>

La realización de la medición de la SaO<sub>2</sub> con un pulsioxímetro en modo grabación continua durante el sueño, es un método sencillo, fácil de reproducir y de evaluar, tanto la frecuencia cardíaca como la saturación de la oxihemoglobina en un período de tiempo, que facilita con una alta sensibilidad la sospecha clínica de este síndrome<sup>8-12</sup>. Por su importancia mundial, esta técnica se describe con el mismo propósito pero relacionado con otros órganos como el corazón y el cerebro y con otros métodos más novedosos y de alta tecnología.<sup>13-16</sup>

## **METODO**

Proyecto de intervención con eje temporal longitudinal-prospectivo, durante los años 2010-2015, con vistas a desarrollar una nueva prestación de servicio al Pulsioxímetro cubano OXY9800 (Fig. 1) el cual fue modificado al retirarles las alarmas internas por corte del cable a la bocina para no despertar al paciente. También, con el fin de evitar desconexiones por movimientos involuntarios del paciente dormido, el cable del sensor se hizo más largo de lo habitual; ambas modificaciones realizadas al equipo fueron ejecutadas por los técnicos del Instituto Central de Investigación Digital (ICID).

Una vez descargada la información del monitoreo durante tres o más horas del sueño nocturno, del Pulsioxímetro OXY9800 a la microcomputadora, por medio del software de fábrica (OXYTREND) y salvado en un fichero creado por el programa y reconocido como .oxi, que corresponde a la base datos, se realiza la manipulación de los resultados de SaO<sub>2</sub> y de pulso, utilizando los programas NotePad de Windows, Excel de Microsoft Office, más dos pequeños programas macros (divide.bas y formula.xls) con el fin de establecer los valores mínimo, máximo y media aritmética de ambos parámetros y además precisar cuántas desaturaciones por debajo del 90 % y con más de 10 s de duración existen por cada hora de grabación.



**Fig. 1.** Pulsioxímetro Cubano OXY9800.

### **Descripción del procedimiento**

*Monitoreo en modo grabación. Uso en el hogar.*

Se realiza la pulsioximetría a los pacientes con sospecha de SAHS dado por uno o preferentemente varios de estos síntomas: somnolencia diurna, ronquidos con paradas, insomnio, disminución del intelecto o trastornos en la memoria, en hombres obesos fundamentalmente.

Se solicita a los pacientes objeto de estudio asistir a la consulta con un acompañante y a todos se entrega el Pulsioxímetro para llevar a sus hogares. Se explica al acompañante o pareja del paciente el modo de conectar a la red de alimentación eléctrica o a la batería de 9 V, cómo colocar el sensor digital, encender en modo grabación y sincronizar; se ajusta el reloj y la hora del equipo a partir del inicio de la grabación. Por último se enseña cómo apagarlo después de 3 h o más de funcionamiento ininterrumpido durante el sueño, preferiblemente nocturno, para después analizar, en valores y en gráficas, los resultados de la saturación de la oxihemoglobina y del pulso.

Con el sensor digital blando, mucho más cómodo que los anteriores, la mayoría de los pacientes se mantienen con el equipo más de las 3 h mínimas requeridas, algunos logran toda la noche, igual que en la polisomnografía convencional, sin contratiempo (hasta 6 h con un total de 2 160 mediciones promediadas de pulso y saturación de O<sub>2</sub>).

*Recogida de los datos grabados.*

Una vez terminado el tiempo del estudio (el equipo cubano OXY 9800 puede grabar hasta 11 h 20 min ininterrumpidamente) debidamente apagado por el familiar a cargo del equipo; se recibe y se procede a conectarlo a la microcomputadora mediante un cable RS 232, después se utiliza el programa OXYTREND previa instalación y comienza la descarga a la microcomputadora de los datos recogidos.

El software OXYTREND proyecta en el monitor una gráfica a colores durante el tiempo del estudio donde se observa en azul el comportamiento de la saturación del oxígeno arterial (SAO<sub>2</sub>) y en rojo el comportamiento del pulso digital, la hora y los

valores numéricos de la SAO<sub>2</sub> y también el pulso. Al mismo tiempo se pueden observar de forma interactiva en la pantalla (Fig. 2-3) .Una segunda pantalla muestra en tablas de barras el porcentaje de tiempo de los valores de SAO<sub>2</sub> y pulso.



**Fig. 2.** La flecha negra señala el 90 % de SAO<sub>2</sub>.

Nota: se puede observar un típico ejemplo del paciente con sospecha de apnea de sueño nocturna (dientes de sierra).

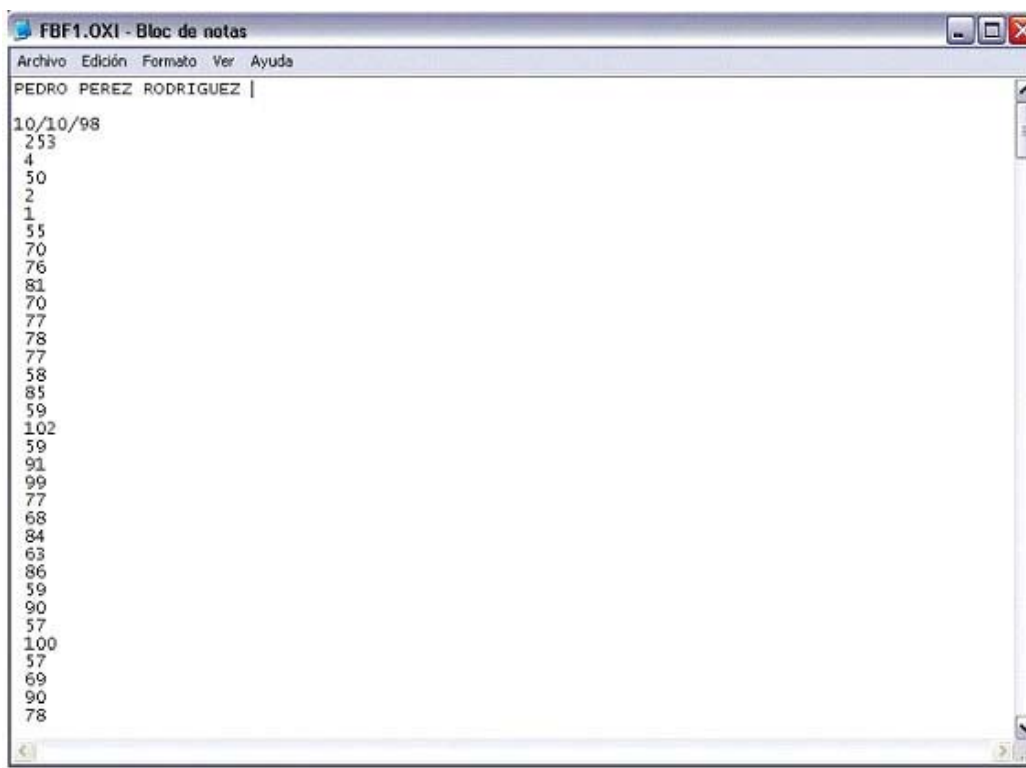
Tomado de: gráfica de salida obtenida del OXY9800 (desaturaciones mayores de 10 s de duración y más de 10 en una hora) que se relacionan con aumentos de la FC.(aceleraciones y desaceleraciones). Véase el entrecruzamiento de la gráfica azul (SAO<sub>2</sub>) con la roja (Pulso).



**Fig. 3.** Notable mejoría de la saturación del O<sub>2</sub> que se mantiene todo el tiempo con una SAO<sub>2</sub> de alrededor del 100 % en el mismo caso anterior al hacer la pulsioximetría de sueño nocturno con el paciente respirando por mascarilla nasal del equipo CPAP KnightStar. También se normaliza su frecuencia cardíaca, lo que confirma el diagnóstico presuntivo.

*Manipulación de los ficheros y datos:*

**Paso 1.** Después de observadas las gráficas del estudio, se procede a cuantificar el grado de desaturaciones trabajando sobre los ficheros del software OXYTREND, aquellos que al ser abiertos por Windows presentan la extensión .oxi y que se guardan en la subcarpeta Casos, de la carpeta principal OXYSOFT, creada al instalar el programa. Dichos ficheros .OXI, que corresponden a la base de datos de cada paciente, se abren con NotePad y se observan por debajo de los números y datos iniciales, como el nombre y apellidos etc., una columna vertical de números, de dos y hasta tres cifras, con el orden de primero SAO<sub>2</sub> y debajo pulso (Fig. 4).



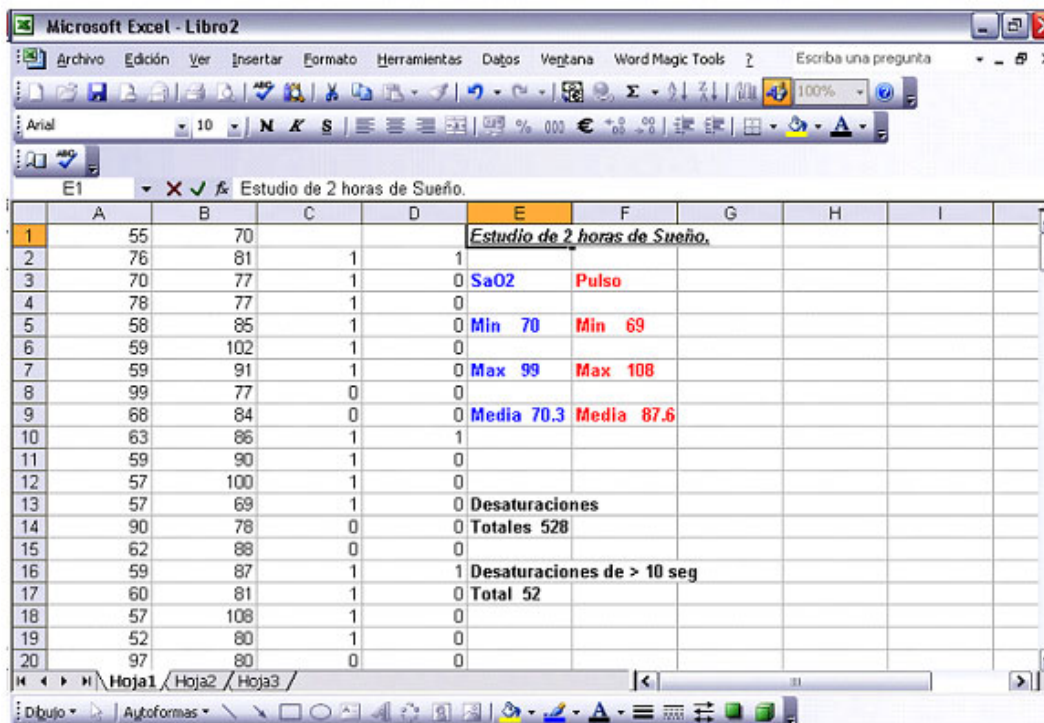
**Fig. 4.** Columna vertical de números con el orden de primero SAO<sub>2</sub> y debajo Pulso. Nota: los primeros cinco números corresponden a la inicialización del equipo y no son tomados en cuenta para el análisis (Paso 1).

**Paso 2.** Esta gran columna vertical de números se selecciona toda, se copia y se pega en la casilla o celda A1 de un archivo en blanco del programa Excel.

**Paso 3.** Posteriormente la columna se divide en dos utilizando la macro creada para este fin llamada Divisor.bas.

Se abre de la siguiente manera: herramientas de Excel, Macro, Editor de Visual Basic, Archivo, Importar archivo (Divisor.bas), colocado en la Carpeta creada en la instalación del programa OXYTREND llamada Casos. Se abre y se ordena ejecutar dicha macro, la cual, en segundos, divide la columna en dos.

**Paso 4.** Divididas las columnas en dos variables (SAO<sub>2</sub> y Pulso), se procede a realizar cálculos aritméticos desde el icono de auto-suma de Excel ( $\Sigma$ ) y de esta manera se obtiene el valor mínimo, máximo, y media aritmética de ambas variables (Fig.5).



**Fig. 5.** Hoja de Excel con los cálculos aritméticos realizados y con la aplicación de la macro fórmula.xls (Paso 4 al 7).

**Paso 5.** Después se abre el fichero creado \* Formula. xls en la carpeta OXYSOFT y se copia la ecuación cuando marcamos las casillas C2 y D2 de esta hoja de cálculo [=SI (Y (A1<90; A2<90); 1; 0)].

**Paso 6.** Se pega en la casilla C2 y D2 de la hoja de cálculo que contiene las dos columnas de SAO2 y de PULSO del estudio actual (Libro 1).

**Paso 7.** Se arrastra hacia abajo con el clic derecho apretado hasta el final de ambas columnas y de forma automática aparecen ceros y unos, en estas celdas y que corresponden al sumarlas, al número total de desaturaciones por debajo del 90 % y el número de desaturaciones por debajo de 90% y de más de 10 s de duración (Fig.5).

Nota:

\* Fórmula: [=SI (Y (A1<90; A2<90); 1; 0)]

Así se obtienen los resultados, donde se infiere, unido a la clínica, con este tamizaje o *screening*, la sospecha de un síndrome de apnea-hipopnea durante el sueño si se alcanzan 10 o más desaturaciones por debajo del 90 % de 10 o más segundos de duración por hora.

Estos procedimientos, que se realizan desde hace 12 años, con un total de 232 estudios hasta el momento, tienen diferentes indicaciones como: las roncopatías de todo tipo, hipersomnias diurnas, disnea de causa cardiovascular o respiratoria, estudio de la saturación de O<sub>2</sub> durante el sueño en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, en la insuficiencia cardíaca, en la obesidad severa, etc. Su alta

correlación con la clínica en los resultados son de gran ayuda desde el punto de vista clínico y fisiopatológico.

Durante todo el tiempo de uso, el equipo que se ha entregado a los pacientes no ha sufrido roturas ni daños, lo que demuestra la resistencia del mismo.

## **CONCLUSIONES**

En los casos francamente positivos con más de 10 desaturaciones por hora, durante varias horas, y con correlación importante con la clínica, la posibilidad real del diagnóstico del síndrome de apnea-hipopnea de sueño (SAHS) es alta.

La poligrafía cardio-respiratoria o la polisomnografía puede ratificar este diagnóstico siendo esta última la prueba de oro, sin embargo en ocasiones se dificulta la posibilidad de aplicar estas costosas y complicadas técnicas.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda la valoración de agregar esta posibilidad o aplicación diagnóstica a las futuras versiones del Oxímetro cubano.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

1. Young T, Palta M, Dempsey J, y cols. The occurrence of sleep disorders breathing among middle aged adults. *N Engl J Med* 1993; 328:1230-6.
2. Durán J, Esnaola S, Ramón R, y cols. Obstructive sleep apnea hypopnea and related clinical features in a population-based sample of subject saged 30 to 70 years. *Am J RespirCritCareMed*. 2001;163:685-9
3. Durán C J, González M N. Consenso Nacional sobre el síndrome de apneas-hipopneas del sueño. *Arch Bronconeumol*. 2005;41:5-6.
4. Montserrat JM, Amilibia J, Barbé F, y cols. Tratamiento del síndrome de las apneas-hipopneas durante el sueño. *Arch Bronconeumol*. 1998;34:204-206.
5. Camarasa A, González, Serrano JC, Barbé F. El síndrome de apnea hipopnea en 2009. *Arch Bronconeumolo*. 2009;45(supl 3):14-21
6. Berdeja M L, Jonquera J. Temas de medicina interna. Síndrome de apnea-hipopnea obstructiva del sueño. Universidad Católica de Chile. CD
7. Durán C J, González M N. Consenso Nacional sobre el síndrome de apneas-hipopneas del sueño. *Arch Bronconeumol* 2005; 41: 5 – 6



8. Series F, Marc I, Cormier Y, et al. Utility of nocturnal home oximetry for cases finding in patients with suspected sleep apnea hypopnea syndrome. *Ann Intern Med* 1993; 119:449-53.
9. Campo M F, Hornero S R, Zamarrón S R, Álvarez G D, Marcos M JV. Variabilidad de la señal de frecuencia de pulso obtenida mediante pulsioximetría nocturna en pacientes con síndrome de apnea hipopnea del sueño. *Arch Bronconeumol*. 2010;46:116-21.
10. Alvarez D., HorneroR., García M, del Campo F, López M, Zamarrón C. Applying cross approximate entropy to blood oxygen saturation and heart rate from nocturnal oxymetry in screening for obstructive sleep apnea. En: Wickramashinghe N., Geisler G., editors. In *Encyclopedia of healthcare Information Systems*. New York: Hersbey; 2008. 74-83.
11. Alvarez D, Hornero R, García M, del Campo F, Zamarrón C. Improving diagnostic ability of blood oxygen saturation from overnight pulse oximetry in obstructive sleep apnea detection by means of central tendency measure. *ArtifIntellMed*. 2007; 41:13-24.
12. Jané L. Alfredo, cols. Salbutamol Inhalado y frecuencia cardíaca. *Arch Med*. 2006;2(5) Sept-Oct 2006 <http://archivosdemedicina.com>
13. Krishnaswamy U, Aneja A1, Kumar RM, Kumar TP. Utility of portable monitoring in the diagnosis of obstructive sleep apnea. *J Postgrad Med*. 2015 Oct-Dec; 61(4):223-9. DOI: 10.4103/0022-3859.166509.
14. Miyazaki T1, Kojima S, Yamamuro M, Sakamoto K, Izumiya Y, Tsujita K, Yamamoto E, Tanaka T, Kaikita K, Hokimoto S, Ogawa H. Nocturia in patients with sleep-disordered breathing and cardiovascular disease. Department of Cardiovascular Medicine, Graduate School of Medical Sciences, Kumamoto University. *Circ J*. 2015 Oct 19.
15. Overnight Home Oximetry - Intermountain Healthcare 2009–2014. Available from: <https://intermountainhealthcare.org>
16. Khan N, Hou H, Swartz HM, Kuppusamy P. Direct and repeated measurement of heart and brain oxygenation using in vivo epr Oximetry. *MethodsEnzymol*. 2015;564:529-52. DOI: 0.1016/bs.mie.2015.06.023. Epub 2015 Jul 21.

Recibido: 26 octubre 2015

Aprobado: 5 noviembre 2015

Dr. MSc. Alfredo Jané Lara Centro de Investigaciones Clínicas. Playa. La Habana. Cuba. Email: [ajane@infomed.sld.cu](mailto:ajane@infomed.sld.cu)