

Comparativa de Equipos de Fototerapia basados en LEDs

Sergio M. Blanco esse@adinet.com.uy

"Monografía vinculada a la conferencia del Dr. Horacio Failache y el Ing. Daniel Geido sobre "Fuente de Fototerapia en base a LEDs" del 3 de abril del 2006

Resumen- Se analizarán diferentes lámparas de fototerapia basadas en LEDs y se compararán con la lámpara desarrollada por el Instituto de Física de la Facultad de Ingeniería (BilliLED) teniendo en cuenta las características tanto técnicas como físicas de las mismas así como también su precio.

Palabras clave: lámparas LEDs, Ictericia, hiperbilirrubinemia, Fototerapia

Introducción

La ictericia neonatal o hiperbilirrubinemia neonatal, es un problema común que afecta a los niños al nacer y se estima que el 60% de los niños prematuros la padece. Se produce porque el hígado del neonato no puede eliminar la bilirrubina, un producto de la degradación de las células sanguíneas¹.

La fototerapia es el procedimiento más común usado para tratar la hiperbilirrubinemia neonatal. La luz visible en el rango de 450 nanómetros (espectro azul-verde) convierte la bilirrubina no conjugada en isómeros no tóxicos y solubles, además estimula el flujo biliar y la excreción de bilirrubina en la bilis, mejorando al mismo tiempo la motilidad intestinal.

Existen varios equipos de fototerapia, las lámparas halógenas o con tubos fluorescentes, pads de fibra óptica y recientemente están apareciendo en el mercado lámparas a base de LEDs (Light Emitting Diode).

En la tabla I se observa como a los 60 minutos, en los grupos de fibra óptica (Wallaby II) y LEDs, y a los 90 minutos para el caso de lámparas fluorescentes, la concentración de bilirrubina es significativamente inferior que para los de control (luz natural). Los grupos se diferencian significativamente después de los 240 minutos donde los equipos de fototerapia LED demuestran el mayor grado de desintegración de bilirrubina.

Tiempo (min.)	Control	Fluorescentes	Wallaby	LEDs
0	8.7+0.1	8.8 + 0.1	8.8+0.1	8.7+0.1
30	8.8+0.2	8.8 + 0.1	8.7+0.2	8.7+0.2
60	8.8+0.2	8.6 + 0.2	8.5+0.1	8.5+0.2
90	8.8+0.2	8.4 + 0.2	8.4+0.1	8.3+0.2
120	8.9+0.1	8.3 + 0.1	8.2+0.1	8.0+0.4
180	9.0+0.1	8.0 + 0.2	7.8+0.1	7.6+0.4
240	9.0+0.1	7.7 + 0.2	7.5+0.2	6.9+0.6

Tabla I: Concentración de Billirubina (MG/DL) como una Función del tiempo bajo Fototerapia: Comparación entre equipos. Reproducción de tabla del paper mencionado en la bibliografía

En la tabla I se observa como la concentración de bilirrubina es significativamente inferior luego de 60 minutos en los grupos de fibra óptica (Wallaby II) y LEDs y de 90 minutos para el caso de lámparas fluorescentes. Los grupos se diferencian significativamente después de los 240 minutos donde los equipos de fototerapia LED demuestran el mayor grado de desintegración de bilirrubina.

Otras de las ventajas de estos equipos son que al tener un espectro de emisión reducido (ver figura), no emiten significativa cantidad de luz infrarroja ni ultravioleta. Además son muy eficientes ya que los LEDs son de las fuentes de luz más eficientes del mercado y con una vida útil de miles de horas.

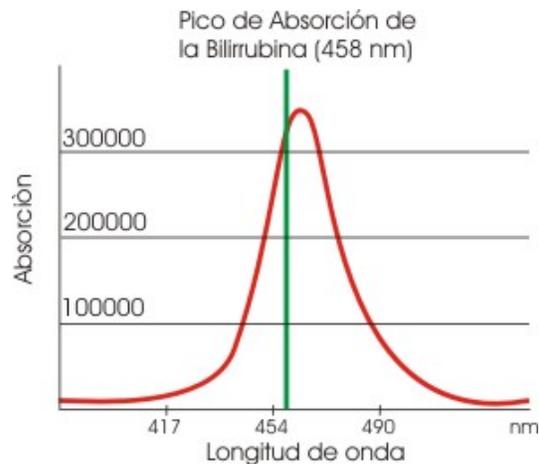


Figura 1: Emisión espectral de la luz azul de los leds en relación con la absorción de bilirrubina.

¹ MedLinePlus Enciclopedia Medica

Productos

Actualmente encontramos en el mercado al menos tres productos que utilizan tecnología a base de LEDs para sus equipos de fototerapia, los que se analizan en esta monografía son:

BabyBlue DBUP Electrónica www.dbup.com.ar
NeoBlue² Natus Medical Inc. www.natus.com
Billitron Fanem www.fanem.com.br

Se compararán estos tres productos juntos con el BilliLED producido por el Laboratorio de Espectroscopia Láser del Inst. de Física de la Facultad de Ingeniería - Universidad de la República.

BabyBlue



Figura 2: Lámpara Babyblue .
Tomada del folleto de BabyBlue

Babyblue es un sistema móvil de fototerapia de alta intensidad, de origen Argentino, fabricado por la empresa DBUP Electrónica, que incorpora leds de última generación para el tratamiento de la hiperbilirrubinemia Neonatal.

BabyBlue ofrece tres niveles de iluminación, luz azul (para el tratamiento de la ictericia), blanca (para trabajar sobre el bebé) y celeste (que aumenta la potencia lumínica), mediante el uso de arreglos de LEDs azules y blancos alternados. Posee también un microcontrolador que comanda y supervisa las funciones de la lámpara. La lámpara babyblue tiene un soporte con base rodante, y liviana que permite que sea utilizada en múltiples posiciones, ajustándola tanto horizontal como verticalmente e inclinándola (hasta 90 grados hacia delante).

Línea NeoBlue

La empresa Natus Medical Inc. ofrece todo un set de equipos para el tratamiento de la ictericia, tres de ellos a base de LEDs, que son los que se analizarán a continuación.

NeoBlue LED Phototherapy

El NeoBlue LED Phototherapy es una lámpara LED al igual que la BabyBlue con la diferencia de que este utiliza LEDs azules y amarillos (no da la opción de alternar entre luz azul y amarilla).

Su control solo dispone de dos modos de operación fototerapia simple o doble (12-15 $\mu\text{W}/\text{cm}^2\text{nm}$ o 30-35 $\mu\text{W}/\text{cm}^2\text{nm}$). Y su base rodante también permite un amplio rango de posiciones y alturas. Su precio de lista es de U\$S 3995 con la base rodante (U\$S 3775 solo la lámpara)



Figura 3: Lámpara NeoBlue.
Tomada del Folleto de NeoBlue

NeoBlue Mini

Básicamente el NeoBlue Mini es la versión compacta del anterior ya que posee todas la mayoría de las características técnicas de este



Figura 4: Lámpara NeoBlue Mini. Tomada del folleto de NeoBlue mini

(solo ofrece un modo de funcionamiento), y su gran ventaja es que en vez de tener un soporte rodante, tiene un brazo ajustable a cualquier superficie que la hace ideal para espacios reducidos. Su precio es de U\$S 2995.

NeoBlue cozy

El NeoBlue cozy (Imagen 3) es una especie de cuna que posee un colchón de LEDs sobre el que se acuesta al bebé y que lo irradian desde abajo, permitiendo de esta forma que se proteja al niño del frío con mantas, sin interrumpir el tratamiento. Otra de las ventajas de este equipo es que se logra una mayor área irradiada, ya que

² NeoBlue ofrece una gama de equipos de fototerapia a base de LEDs

se irradia al niño desde la espalda hasta los pies y permite que se utilice con otro sistema de fototerapia. Aunque tiene la limitante de que el tamaño del niño esta limitado a 55.9 cm que es el largo de la cuna. Su precio es de U\$S 3495



Figura 5: Sistema NeoBlue Cozy.
Tomada del folleto de NeoBlue cozy

Su sistema de control es tan simple como una llave de encendido y apagado, aunque cuenta con un sensor que advierte ante un incremento en la temperatura o por una obstrucción en la ventilación del mismo

Bilitron

El Bilitron 3006, es fabricado por la empresa Fanem de Brasil, fue presentado en la Feria Mundial de Medicina, MEDICA, entre el 24 y 27 de noviembre 2004, en Dusseldorf, Alemania.



Figura 6: Lámpara Bilitron 3006
Tomada de página web de medafarm.

Y desde entonces cuenta con la certificación CE, de la comunidad europea.

Entre sus características posee:

- Teclado con membrana y sistema con microprocesador que controla varias funciones.
- Control de intensidad irradiada.
- Contador de horas de uso y conexión RS232.

Este equipo utiliza una batería de 5 súperLEDs (LEDs con alto poder de emisión) para irradiar,

lo que le permite tener dimensiones muy reducidas. Se presenta en forma de lámpara con base rodante y una articulación que le permite alcanzar diversos ángulos de emisión. Y su precio en Europa ronda los 4000 euros (U\$S 5000 aproximadamente).

BilliLED

El *BilliLED* es un equipo que fue desarrollado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.



Figura 7: Equipo de Fototerapia BilliLED. Detalle de Fotografía de la presentación del Dr. Failache

A la hora de diseñar este sistema se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de diseño:

- Máxima Intensidad
- Mínimo Costo
- Alta eficiencia en iluminación (alta homogeneidad y contornos bien definidos)
- Fuente lejana al paciente (50cm)
- Dimensiones pequeñas

El *BilliLED* consta de dos módulos, un módulo de potencia, que se encarga de alimentar eléctricamente al todo el equipo y que se encarga de controlar la potencia de los leds y la lámpara.

Una de sus ventajas es que el control de la lámpara permite variar la intensidad lumínica hasta un máximo de $50\mu\text{W}/\text{cm}^2\text{nm}$.

Además cuenta con un sistema de control que permite que la intensidad lumínica del equipo permanezca en su valor nominal pese al desgaste de los LEDs. Aunque el *BilliLED* no se comercializa aún, tiene un costo estimado de materiales de U\$S 400.

La Comparación

Para la mejor comprensión de la comparación de los equipos se la dividió en tres partes.

En una primera etapa se comparó sus cualidades ópticas, como intensidad de luz, área iluminada, homogeneidad, etc (Tabla II). Lo primero que se notó es que todos los equipos emiten en la zona de máxima absorción de bilirrubina (458 nm).

En cuanto a intensidad se ve que los de mayor comportamiento son el BilliLED y el Bilitron 3006 con un máximo de $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2\text{nm}$, mientras que los de mayor área irradiada son el Bilitron 3006 y la lámpara de NeoBlue.⁶

Luego en segunda instancia se estudiaron las especificaciones eléctricas de los diferentes modelos haciendo hincapié en su consumo eléctrico (Tabla III). Donde el BilliLED mostró

	BabyBlue	NeoBlue			Bilitron	BilliLED
		Lámpara	Mini	Cozy		
Longitud onda (nm)	450-470	450-595	450-595	450-470	400-550	453-487
Intensidad ($\mu\text{W}/\text{cm}^2\text{nm}$)	N/D	12-15 / 30-35	mas de 30	30-35	4-50	hasta 50
Área Iluminada (cm^2) ³	N/D	1250	258	613	707	314
Homogeneidad (%)	N/D	10%	10%	40%	N/D	10%
Calor Emitido ($^{\circ}\text{C}$) ⁴	N/D	$\Delta T=10$	$\Delta T=10$	40	$\Delta T=1,5$	N/D
Cantidad de Leds	640	N/D	N/D	N/D	5 ⁵	196

Tabla II: Características ópticas de los diferentes equipos de fototerapia LED.

	BabyBlue	NeoBlue			BilliLED
		Lámpara	Mini	Cozy	
Voltaje (V)	85-267	85-264	85-264	100-240	220-240
Frecuencia (Hz)	47-63	47-63	47-63	50-60	50
Corriente (A)	3	3	0.7	2	1.5

Tabla III: Características eléctricas de los diferentes equipos de fototerapia LED.

	BabyBlue	NeoBlue			Bilitron	BilliLED
		Lámpara	Mini	Cozy		
Dimensiones (mm)	350x300x42	N/D	190x104x50	305x648x102	116x230x50	220x140x40
Peso (Kg.)	8,3	3,6 (+18 soporte)	< 2,7	5	N/D	4

Tabla IV: Dimensiones físicas y peso de los equipos.

³ Área iluminada a una distancia de 40 cm al paciente.

⁴ A 30.5 cm del paciente luego de 6 hrs. para los equipos de natus (excepto cozy donde la Temperatura es la de la cuna).

⁵ Batería de 5 súperleds compuestos de Indio y Galio

⁶ Nótese que ambas son lámparas de pie, por lo que la luz tiende a dispersarse mas. Además las lámparas de NeoBlue tienen un lente para lograr una mayor dispersión.

tener la mejor relación potencia entregada sobre potencia consumida, ya que tiene uno de los menores consumos eléctricos y de las mayores intensidades de emisión. Y al Final se compararon sus dimensiones físicas, peso y costo de los equipos, estudiando de esta manera su practicidad y relación costo-beneficio.

Conclusiones

Después de haber comparado a los tres grupos de fototerapia a base de LEDs, se observa que las especificaciones de los productos comerciales y las del BilliLED son muy similares, destacándose este último en el consumo eléctrico y costo, ya que si bien en el caso del BilliLED solo se cuenta con los costos de materiales se puede estimar que el costo comercial del mismo será muy por debajo de los U\$S 4000.

Por lo que se puede concluir que el producto desarrollado por el Instituto de Física de la Facultad de Ingeniería estaría en condiciones bastante favorables para competir en el mercado internacional.

	NeoBlue			Billitron	BilliLED
	Lámpara	Mini	Cozy		
Precio (U\$S)	3995	2995	3495	5000 ⁷ aprox.	400 (de costo)

Tabla V: Costo Aproximado de algunos de los equipos de fototerapia

Bibliografía

[1] Páginas web de los fabricantes (junio 2006):

- DBUP: www.dbup.com.ar
- Natus Medical Inc. www.natus.com
- Fanem www.fanem.com.br

[2] Páginas de los productos

BabyBlue:

[http://www.dbup.com.ar/Babyblue%20lampara%20led%20para%20el%20tratamiento%20de%20la%20ictericia%20\(hiperbilirrubinemia\)%20neonatal.htm](http://www.dbup.com.ar/Babyblue%20lampara%20led%20para%20el%20tratamiento%20de%20la%20ictericia%20(hiperbilirrubinemia)%20neonatal.htm)

NeoBlue:

<http://www.natus.com/products/jaundice/neoblue.html>

NeoBlue Mini:

http://www.natus.com/products/jaundice/neoblue_mini.html

NeoBlue Cozy:

http://www.natus.com/products/jaundice/neoblue_cozy.html

Fanem:

<http://medafarm.ru/php/content.php?group=1&id=6400>

http://www.mct.gov.br/upd_blob/2013.pdf

[3] Paper: Use of a Light Emitting Diode (LED) Array for Bilirubin Phototransformation - *Harel Rosen, Arye Rosen, Danielle Rosen, Banu Onaral, Mark Hiatt*

[4] Presentación BilliLED para el NIB 2006 Por el Dr. Failache e Ing. Daniel Geido.

Agradecimientos:

Servicio de atención al consumidor de Natus por facilitarme los precios de la línea NeoBlue.

⁷ 4000 euros