

Artículo original

Luz emitida por diodo (LED) en el tratamiento de la hiperbilirrubinemia neonatal. Un prototipo de fototerapia a bajo costo hecho en México

Ricardo Ávila Reyes,* Brenda Azucena Suárez Llanas,* Claudia Evelyn Pérez Abrego,*
José Luis Masud Yunes Zárraga,† Mariana Herrera Pen,* Oswaldo Iván Hernández Moreno,*
Rocío Isabel Camacho Ramírez,* Nora Inés Velázquez Quintana*

* Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales. Hospital Infantil de Tamaulipas.

† Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales. Clínica Hospital del ISSSTE de Cd. Victoria, Tamaulipas.

Resumen

Introducción: Distintos tipos de fototerapia se emplean para la hiperbilirrubinemia; tubos fluorescentes de luz blanca y azul, luz de halógeno, fibra óptica y luz por emisor de diodo (LED); todos cumplen las recomendaciones de la Academia Americana de Pediatría (irradiación de 30 $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ y la longitud de onda de 460 a 490 nm). Se innovó un panel de luz de LED azul de alta luminosidad a fin de emplearlo como fototerapia tan eficaz como los dispositivos de fototerapias ya existentes.

Material y métodos: Se empleó la fototerapia en tres grupos; fototerapia con tubos fluorescentes de luz azul (G-I), fibra óptica (G-II) y el panel de LED con luz azul (G-III). Se asignaron 15 neonatos en cada grupo con criterios de fototerapia. Se midieron los niveles de bilirrubina al inicio, 24, 48 y 72 horas de tratamiento. Se compararon los resultados de descenso de bilirrubina en cada grupo.

Resultados: El G-I, G-II y G-III tenían en promedio 20.40 mg/dL, 13.69 mg/dL y 15.45 mg/dL ($p = 0.004$) al inicio. El promedio a las 24 horas fue el G-I 16.91 mg/dL, G-II 10.77 mg/dL y G-III de 11.09 mg/dL ($p = 0.003$). A las 48 horas, el promedio fue el G-I 13.43 mg/dL, el G-II 8.69 mg/dL y G-III de 9.62 mg/dL, ($p = 0.004$). A las 72 horas, el promedio fue G-I 9.75 mg/dL, G-II 7.45 mg/dL y G-III de 9.93 mg/dL ($p = 0.42$).

Discusión: Los tres tipos de fototerapia fueron capaces de disminuir los niveles de bilirrubina. El panel LED fue superior que la luz azul fluorescente y semejante al de fibra óptica. Con lo anterior, se logró obtener una lámpara de fototerapia LED azul eficaz para disminuir los niveles de bilirrubina a bajo costo.

Palabras clave: Fototerapia LED azul, hiperbilirrubinemia, recién nacidos.

Abstract

Introduction: Different types of phototherapy for hyperbilirubinemia used; white and blue fluorescent tubes, halogen light, fiber optic, and light emitting by diode (LED), all meet the recommendations of the American Academy of Pediatrics (30 $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ irradiation and wavelength of 460 to 490 nm). Use innovated a light panel high brightness blue LED to use as phototherapy, which was able to be effective as existing phototherapy devices.

Material and methods: Phototherapy was used in three groups; phototherapy with blue fluorescent light (G-I), fiber optic (G-II) and the LED panel with blue light (G-III). 15 infants was included in each group with phototherapy criteria, was measured bilirubin levels at baseline, 24, 48 and 72 hours of treatment. We compare the results of bilirubin decline in each group.

Results: The G-I, G-II and G-III had an average 20.40 mg/dL, 13.69 mg/dL and 15.45 mg/dL ($p = 0.004$) at baseline. The average at 24 hours G-I 16.91 mg/dL, G-II 10.77 mg/dL and G-III 11.09 mg/dL ($p = 0.003$). After 48 hours, the average was G-I 13.43 mg/dL, G-II 8.69 mg/dL and G-III 9.62 mg/dL, ($p = 0.004$). At 72 hours the average was G-I 9.75 mg/dL, G-II 7.45 mg/dL and G-III of 9.93 mg/dL ($p = 0.42$).

Discussion: The three types of phototherapy were able to decrease the levels of bilirubin. The LED panel was better than the fluorescent blue light and equal than the fiber optic. With the above managed to get a blue LED phototherapy lamp effective in reducing bilirubin levels at low cost.

Key words: Blue LED phototherapy, hyperbilirubinemia, newborns.

INTRODUCCIÓN

La hiperbilirrubinemia no conjugada y no patológica comprende a la hiperbilirrubinemia fisiológica y por leche materna. La hiperbilirrubinemia no conjugada patológica com-

prende cuatro grupos, a saber: incremento en la producción de bilirrubina (enfermedades hemolíticas, trauma obstétrico, policitemia), dificultad en la conjugación de la bilirrubina (síndrome de Gilbert, Crigler-Najjar I y II), disminución de la excreción de la bilirrubina (obstrucción biliar, síndrome

de Rotor y Dubin-Johnson), causas diversas (prematurez, alteraciones metabólicas, infección, por drogas, etc.).¹ La fototerapia es el tratamiento estándar para el manejo de la ictericia causada por hiperbilirrubinemia no conjugada en el recién nacido; el inicio y duración de la fototerapia se determinan por el nivel total de bilirrubinas, la edad post-natal del neonato y el potencial riesgo de neurotoxicidad por bilirrubinas.² La eficacia de la fototerapia depende de la absorción de fotones de luz por las moléculas de bilirrubina. Sin embargo, sólo la luz de ciertos colores o longitudes de onda puede ser absorbida por la bilirrubina. Dado que la bilirrubina es un pigmento amarillo, durante la fototerapia de color azul y verde absorben mejor las moléculas de bilirrubina que la luz blanca porque sólo una fracción de la luz blanca actúa sobre la bilirrubina. La longitud de onda de la luz azul está en alrededor de 450 nm y es absorbida más rápidamente, mientras que la luz verde es menos absorbida. Para que la luz sea eficaz debe penetrar en la piel del recién nacido y tener una longitud de onda más larga, por lo que la luz verde se espera que penetre en la piel del bebé más profundamente. Aún es controvertido si el uso de la luz verde tiene o no ventaja sobre el azul *light*.² Se encuentran en el mercado varios tipos de fototerapia que van desde lámparas fluorescentes de color blanco (luz de día), turquesa y azul, lámparas de halógeno, dispositivos de fibra óptica/halógeno y desde hace varios años fototerapias de luz emitida por diodo (LED) de color azul.³ Todos con diferentes niveles de irradiación ($\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$) y longitud de onda de luz pero dentro de lo recomendado por la Academia Americana de Pediatría, la cual sugiere que la irradiación de la fototerapia debe ser de al menos $30 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ y la longitud de onda (intervalo de banda) de 460 a 490 nm.³ No obstante que todos los tipos de fototerapia referidos resultan eficaces para disminuir los niveles de bilirrubinas, su costo en algunos es muy elevado, con el inconveniente, por ejemplo, de que las lámparas fluorescentes deben ser remplazadas cada cierto tiempo porque disminuye su irradiación; las lámparas de halógeno, en el caso de los dispositivos de fibra óptica, tienen el inconveniente de que el filamento se va desgastando lentamente y cada foco tiene corta duración; debemos comentar que la fototerapia de fibra óptica tiene un alto costo de adquisición, mientras el simple remplazo del foco de halógeno resulta costoso. Las fototerapias de LED importadas tienen un costo elevado (> 3,500 US dólares), lo que limita su adquisición, aunque la ventaja del LED es que su vida es por arriba de las 30,000 horas.¹⁻⁴ Una ventaja de la luz por LED es que no es térmica, lo cual evita pérdidas por evaporación en el recién nacido y puede colocarse a 10 cm del neonato, lo que aumenta su irradiancia; también los focos LED son de bajo consumo de energía.^{3,4} Por lo anterior, se diseñó el presente estudio basado en las ventajas de la luz por LED y se implementó un dispositivo de luz LED como fototerapia en recién nacidos que cumplieran los criterios de la Academia Americana de

Pediatría (AAP) para recibir tratamiento por fototerapia.^{3,5} Dicho dispositivo LED se comparó con fototerapias existentes en la Unidad de Cuidados Intensivos, fototerapia de fibra óptica/halógeno marca Biliblanket™, y fototerapia azul de seis tubos fluorescentes marca INTELEC Modelo LF 06®, con la hipótesis de que la fototerapia LED sería igual de efectiva que ambas fototerapias.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un ensayo prospectivo, comparativo y longitudinal. Se incluyeron todos los recién nacidos que por criterios de la AAP ameritaran fototerapia por el nivel de bilirrubina. Los niveles de bilirrubina con los que se dictó iniciar fototerapia se consideraron como iniciales y posteriormente se tomaron a las 24, 48 y 72 horas posteriores; las muestras sanguíneas se obtuvieron por punción y se colocaron en un tubo de cristal sin anticoagulante; la medición de la bilirrubina total se hizo por el método de química seca en el System Vitros 250. Se compararon tres tipos de fototerapia: el de fibra óptica con fuente de luz halógena marca Biliblanket™, fototerapia INTELEC Modelo LF 06®, con seis tubos marca Philips™ Bili blue F20T 12/BB 20W nuevos y el panel de LED azul Vecttor®. En la Unidad de Cuidados Intensivos se cuenta con siete fototerapias Biliblanket™ (Ohmeda Medical™) y tres fototerapias INTELEC Modelo LF 06®, y se implementó el panel Vecttor®; la asignación de los pacientes fue al azar al inicio y posteriormente la asignación fue consecutivamente, conforme estuvieran disponibles las fototerapias hasta completar quince pacientes en cada grupo. De acuerdo con el valor de bilirrubina total que resultara en las mediciones cotidianas se determinó continuar o suspender la fototerapia, ya que cuando disminuyó su nivel de bilirrubina $\leq 5 \text{ mg/dL}$ en el pretérmino y ≤ 15 en el paciente de término la fototerapia fue retirada. La fototerapia en los tres tipos fue de modo continuo, suspendiéndose momentáneamente cuando requiera alimentación el neonato o por atender cualquier circunstancia fortuita. En el caso de la fototerapia azul fluorescente y LED azul se mantuvo al paciente con protección ocular y se retiró el pañal para una exposición corporal total a la luz. En el caso del grupo Biliblanket™, se le colocó la banda de fibra óptica adosada directamente a la piel y se envolvió en una manta. En todos los casos se tuvo el cuidado de hacer cambios frecuentes de posición cada tres horas; para la exposición frontal y dorsal a la luz en el caso de las fototerapias azules y en el Biliblanket™, la banda de fibra óptica, de igual manera se hicieron cambios intermitentes dorsoventrales en el mismo tiempo. Para la fototerapia fluorescente azul se colocó a una distancia de 30 cm con una inclinación de 15°; el panel Vecttor® se colocó a una distancia de 10 cm con inclinación de 15°. En todos los casos se determinó el balance hídrico por turno y se registraron los efectos adversos atribuidos a la fototerapia.

PANEL DE LUZ LED

El Vecttor® RGB panel DMX, conformado con 240 LED de 10 mm, fue diseñado para emitir luces programables de distintos colores audiorrítmicos y estroboscópicos; sin embargo, para el estudio se innovó el panel programándose para emitir exclusivamente luz azul fija (no estroboscópica), cuya longitud de onda, de acuerdo con el fabricante, es de 470 nm. Las medidas del panel son 15 x 30 x 6 cm; se le construyó una base metálica con ruedas y un brazo soporte a fin de colocarlo sobre la cuna de calor radiante (*Figura 1*). Mediante el protocolo se sometió a evaluación, mismo que fue aprobado por el Comité de Investigación y Ética del Hospital. Se realizó estadística no paramétrica y para la diferencia entre las medias se empleó ANOVA tomando una $p < 0.5$ como nivel de significancia. Se empleó el paquete estadístico Analyse-It.

RESULTADOS

El total de pacientes fueron 45, quince para cada uno de los tres grupos. Del total de los pacientes 30 fueron masculinos

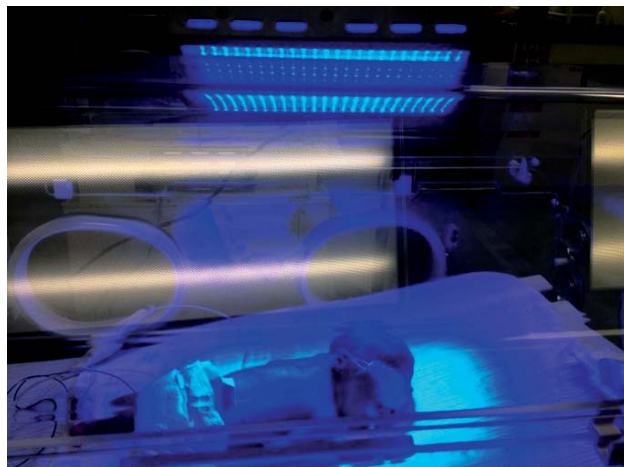


Figura 1. Panel Led Vecttor® innovado para fototerapia.

y 15 femeninos. El promedio de edad gestacional (SDG) por peso entre ambos géneros fue de 36.5 DE 2.3 semanas en los femeninos y 36.5 DE 2 SDG sin diferencias significativas ($p = NS$). El promedio de peso por género en los femeninos fue de 2,400 g DE 951 g, en los masculinos 2,316 g DE 830 g ($p = NS$). La edad gestacional promedio, en el grupo Biliblanck™, fue de 34.8 DE 2.1; en el grupo de luz azul 37.2 DE 1.3 y en el grupo LED 37.3 DE 2.2 ($p < 0.001$). El peso promedio, al nacer, en el grupo Biliblanck™ fue de 1,785 g DE 560 g; en el grupo de luz azul 2,969 g DE 690 g, y en el grupo LED 2,277 g DE 888 g ($p < 0.0003$) (*Cuadro I*). Al comparar el peso entre el grupo Biliblanck™ y el grupo LED no hubo diferencias estadísticas, no así al comparar los pacientes de luz azul con el grupo LED ($p = 0.02$). Las cifras de bilirrubina de inicio, 24, 48 y 72 horas se pueden observar en el *cuadro II* y en la *figura 1*, existiendo diferencias estadísticamente significativas al inicio puesto que el grupo Biliblanck lo hizo con promedios menores y su descenso en promedio fue menor en las veinticuatro y cuarenta y ocho horas al comparar los tres grupos. Cabe hacer mención que al inicio y 24 horas en los tres grupos se mantuvieron los quince pacientes por razones obvias del comienzo y del primer control de bilirrubinas; sin embargo, para las 48 horas el grupo de Biliblanck mantuvo 14 de los 15 pacientes, el grupo de luz azul mantuvo los 15 y en el grupo de LED se mantuvieron 12 pacientes, lo anterior porque hubo pacientes que alcanzaron niveles fuera de rango en las primeras 24 horas de fototerapia y por ende ya no fueron incluidos en el control de 48 horas. Para las 72 horas, el grupo Biliblanck mantuvo 10 pacientes, el grupo de luz azul 8 y el grupo LED 4. Esto significa que para las 48 horas

Cuadro I. Peso en gramos en los grupos.

| | n | Promedio | DE | p |
|------------------|----|----------|-------|--------|
| Biliblanck | 15 | 1785.7 | 560.7 | 0.0003 |
| Fototerapia azul | 15 | 2969.3 | 690.7 | |
| LED | 15 | 2277.0 | 888.3 | |

Cuadro II. Niveles de bilirrubina en los grupos.

| | Inicio Promedio (DE) | 24 h Promedio (DE) | 48 h Promedio (DE) | 72 h Promedio (DE) |
|------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Biliblanck | n = 15 13.69 (4.06) | n = 15 10.77 (3.57) | n = 14 8.69 (3.45) | n = 10 7.45 (3.58) |
| Fototerapia azul | n = 15 20.40 (5.21) | n = 15 16.91 (3.88) | n = 15 13.43 (3.70) | n = 8 9.75 (4.59) |
| LED | n = 15 15.45 (6.51) | n = 15 11.09 (5.19) | n = 12 9.62 (4.43) | n = 4 9.93 (4.57) |
| | p = 0.004 | p = 0.0003 | p = 0.004 | p = 0.42 |

en el grupo Biliblanck cinco pacientes ya estaban fuera de rango de fototerapia, siete del grupo de luz azul igualmente fueron retirados de la fototerapia y en el grupo LED 11 pacientes lograron descensos fuera de rango de fototerapia. Al comparar los promedios de bilirrubinas por pares, al inicio entre el grupo Biliblanck con LED no hubo significancia estadística ($p = 0.38$), tampoco lo hubo a las 24 horas ($p = 0.84$) ni a las cuarenta y ocho horas ($p = 0.55$) ni a las setenta y dos horas ($p = 0.29$). Al comparar la fototerapia azul con LED azul y el grupo al inicio hubo diferencias significativas ($p = 0.02$) siendo menor el nivel de inicio de las bilirrubinas en el grupo LED. Existieron diferencias significativas en los promedios de bilirrubinas entre el grupo de fototerapia azul y LED a las 24 y 48 horas ($p < 0.001$ y $p = 0.02$ respectivamente); a las setenta y dos horas no hubo diferencia significativa ($p = 0.76$). Las diferencias estadísticas al compararse en pares se pueden observar en el *cuadro III*. Como ya se dijo, los promedios de inicio de bilirrubinas fueron menores en los pacientes del grupo Biliblanck; por tanto, se realizó un corte en los promedios iguales o mayores a 18 mg/dL, es decir, se buscó comparar niveles críticos de hiperbilirrubinemia entre los grupos de luz azul y LED, sin incluir los de Biliblanck porque sus promedios fueron estadísticamente más bajos al inicio. En el *cuadro IV* se pueden ver las diferencias al inicio, siendo más elevados en el grupo LED aunque sin diferencias estadísticas, a las 24, 48 y 72 horas; en ambos grupos sus descensos fueron sin diferencias estadísticamente significativas. En la (*Figura 2*) se pueden apreciar los niveles iniciales y sus descensos comparativos mediante el diagrama de cajas (*box-plot*) y se observa que la mediana en el grupo LED a las 24 y 48 horas estuvo poco

más abajo que en el grupo de fibra óptica. Por último, los efectos adversos fueron deshidratación leve en once niños con fototerapia azul, mientras los grupos de Biliblanck™ y LED no tuvieron ningún efecto adverso.

DISCUSIÓN

La fototerapia es la intervención más utilizada para tratar y prevenir la hiperbilirrubinemia severa. En los recién nacidos prematuros y de término general, la fototerapia es segura y reduce el riesgo de que la bilirrubina sérica total (BST) alcance el nivel en que la exanguinotransfusión se recomienda. La fototerapia disminuye o atenúa el aumento de BST en casi todos los casos de hiperbilirrubinemia, independientemente del origen o la etiología de la hiperbilirrubinemia. Se estima que 5 a 10 lactantes con BST entre 15 y 20 mg/dL deben recibir fototerapia para prevenir que un paciente desarrolle una BST > 20 mg/dL.¹⁻⁴ La fototerapia convierte la bilirrubina en un compuesto soluble en agua llamado lumirrubin, mismo que se excreta en la orina o la bilis sin requerir la conjugación en el hígado. La fototerapia convierte el estable isómero de bilirrubina 4Z, 15Z al isómero 4Z, 15E, que es más polar y menos tóxico que la forma 4Z, 15Z e igualmente se excreta en la bilis sin conjugación. A diferencia de la isomerización estructural a lumirrubin, la fotoisomerización es reversible; sin embargo, el aclaramiento del isómero 4Z, 15E es muy lento y la fotoisomerización es reversible; así, algunos isómeros 4Z, 15E en la bilis se convierten de nuevo al isómero estable 4Z 15Z. Como resultado, esta vía puede tener poco efecto sobre los valores de BST. La fotoisomerización reduce la cantidad de bilirrubina potencialmente tóxica por la rápida conversión del 15% de la misma a una forma no tóxica.¹⁻⁶ La bilirrubina es un pigmento amarillo, por lo que la mayor parte se absorbe con la luz azul en la longitud de onda de 460 nm. Además, un efecto fototerapéutico se ve sólo cuando la longitud de onda penetra el tejido y absorbe la bilirrubina. Las lámparas con salida en el 460-490 nm son las más eficaces en el tratamiento de la hiperbilirrubinemia. La dosis de fototerapia, conocida como irradiancia (medido en $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$), determina su eficacia. La irradiación depende del tipo de luz utilizado, la distancia entre la luz y el bebé (excepto con diodos

Cuadro III. Significancia estadística al comparar los promedios de los niveles de bilirrubina en pares.

| | p | | | |
|-------------------------|--------|-------|------|------|
| | Inicio | 24 h | 48 h | 72 h |
| Biliblanck LED | 0.38 | 0.84 | 0.55 | 0.29 |
| Fototerapia azul LED | 0.02 | 0.001 | 0.02 | 0.76 |

Cuadro IV. Niveles de bilirrubina ≥ 18 mg/dL en los grupos de fototerapia fluorescente azul versus LED.

| | Inicio Promedio (DE) | 24 h Promedio (DE) | 48 h Promedio (DE) | 72 h Promedio (DE) |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Fototerapia azul | n = 10 22.99 (4.36) | n = 10 19.1 (2.67) | n = 10 15.48 (2.43) | n = 4 13.95 (0.99) |
| LED | n = 5 23.42 (4.45) $p = 0.86$ | n = 5 16.78 (3.13) $p = 0.15$ | n = 4 14.7 (2.54) $p = 0.60$ | n = 2 13.7 (.42) $p = 0.76$ |

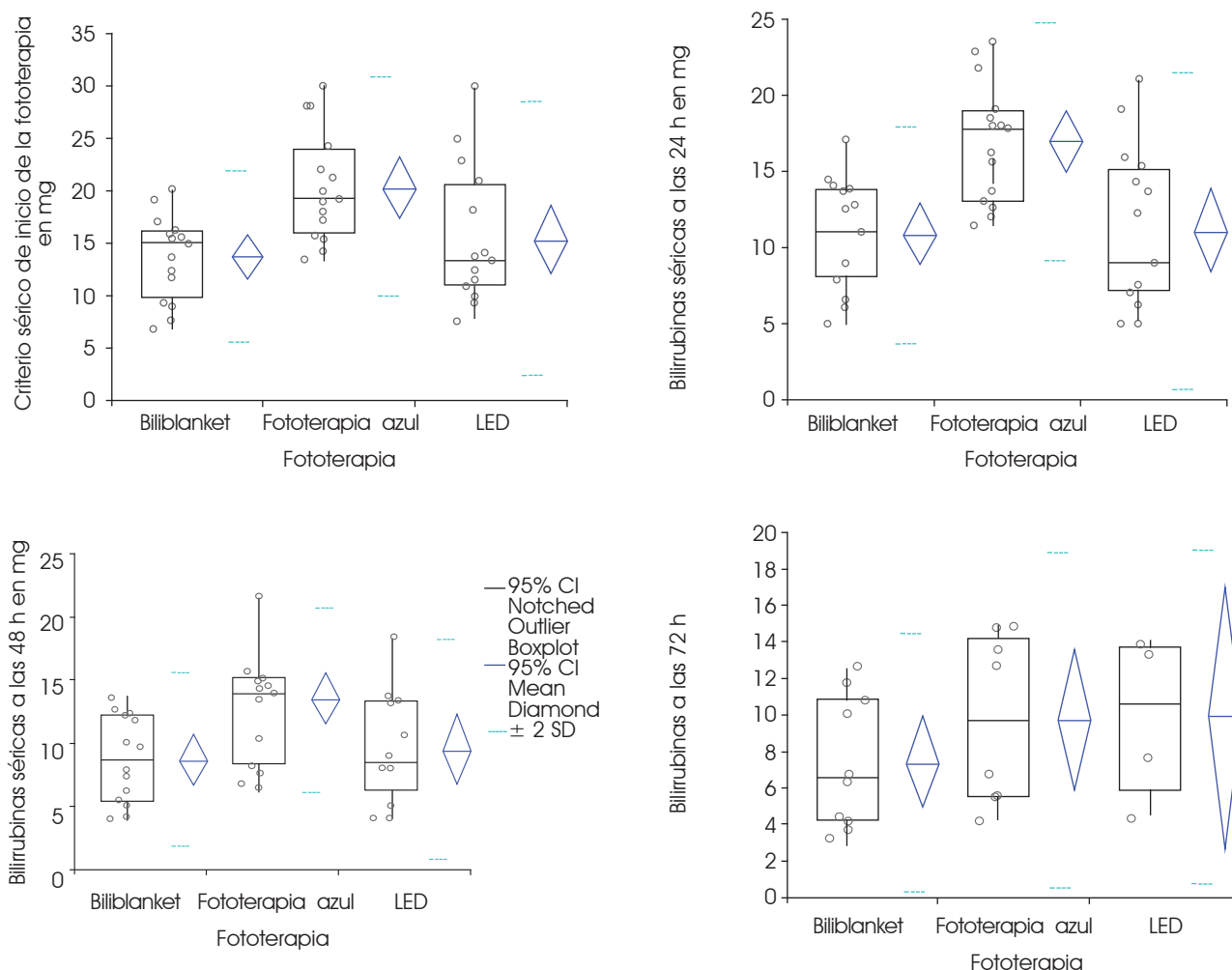


Figura 2. Diagrama de cajas comparativo.

emisores de luz), y el área de la superficie expuesta del bebé. La irradiancia por lo general se expresa mediante una banda de longitud de onda determinada (irradiancia espectral). En la fototerapia convencional, la dosis de irradiación es típicamente 6 a 12 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ de área de superficie corporal expuesta por nm de longitud de onda (425 a 475 nm) y con fototerapia intensiva que es 30 $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$. Para niveles de BST > 20 mg/dL, la fototerapia se debe administrar continuamente, hasta que la BST cae por debajo de 20 mg/dL. Una vez que esto ocurre, la fototerapia puede ser interrumpida para la alimentación y visitas de los padres.¹⁻⁶ Múltiple tipos de unidades de fototerapia que se utilizan hoy en día contienen luz del día, blanco frío, azul, o fluorescente, tubos especiales de color azul o lámparas halógenas. Las mantas de fibras ópticas son también disponibles y proporcionan una luz en la región azul-verde. Así mismo, diversos estudios han tratado de probar la eficacia entre estos tipos de dispositivos; por ejemplo, estudios donde se usan bandas de fibra óptica refieren tener

varias ventajas sobre la fototerapia convencional, ya que se minimizan las dificultades en los neonatos pudiendo ser envueltos con la manta de fibra óptica y colocando al bebé dentro de las mantas o ropa; no generan calor. Estos niños no necesitan tener los ojos tapados a menos que el bebé esté acostado (desnudo); en fibra óptica es aconsejable cubrir los ojos y puede alimentarse al bebé sin necesidad de apagar la fototerapia de fibra óptica. En algunos estudios en niños con bajo peso al nacer, la fototerapia de fibra óptica ha sido tan eficaz como la convencional, pero es menos eficaz cuando se compara con fototerapia con lámparas especiales de color azul; además, no son convenientes en niños de término porque la superficie a irradiar es menor por el tamaño del niño.^{6,7} Por otro lado, cuando se comparan tubos convencionales fluorescentes azules con lámparas compactas de color azul no hay diferencias entre ambas.⁷ Sin embargo, la luz fluorescente azul es bien aceptada; es la fuente más eficaz en la reducción de la BST, ya que suministra luz en el espectro azul-verde, penetra

bien en la piel y se absorbe al máximo; solamente tiene por inconveniente el desgaste de las lámparas, las cuales deben ser cambiadas cada cierto tiempo.^{2,3,6-8} Otro estudio compara luz LED azul-verde, LED azul y halógeno que han sido eficaces en disminuir la bilirrubina pero sin tener diferencias entre los tres dispositivos; los dispositivos LED contenían seis focos, cada foco con 100 LEDs azules o azul-verde. Los focos LED azul generaron una irradiación de $> 200 \text{ mW/cm}^2/\text{nm}$ a 10 cm, una longitud de onda de 459 nm y medio espectral de 22 nm. Los LED azul-verde tuvieron la longitud de onda de 505 nm, medio espectral de 38 nm, mientras que el halógeno fue de 450 nm la longitud de onda y $5\text{-}8 \text{ mW/cm}^2/\text{nm}$. En dicho estudio no hubo reacciones adversas en el neonato y refieren que no hubo sensación de vértigo o náuseas entre el personal de enfermería que atendió a los neonatos; solamente el color azul-verde dio un matiz de piel más «preocupante» entre los padres y enfermeras.⁸ En otro estudio se compara el uso de fototerapia de halógeno, luz fluorescente azul y se implementa un dispositivo con tiras de focos LED (60 focos LED) cuya longitud de onda es de 470 nm, y el espectro medio de 30 nm. Los tres tipos de fototerapia fueron efectivos, sin diferencias entre los tres dispositivos.⁹ En nuestro estudio empleamos la fototerapia con tubos fluorescentes azules, la fibra óptica (Biliblanket™) y el panel de LED Vector® se innovó para que emitiera exclusivamente luz azul y se adaptó a manera de fototerapia; no contamos con radiómetro para medir el nivel de irradiación, pero de acuerdo con el fabricante, la longitud de onda resultó de 470 nm. En los tres dispositivos el descenso de la bilirrubina fue de manera gradual al paso de los tres días. Aquí solamente cabe comentar que los niños con fototerapia de fibra óptica tuvieron menos peso y sus niveles de bilirrubina en promedio fueron menores, lo que sesga el estudio, ya que el estudio fue al azar simple, y de acuerdo con la disposición de las fototerapias disponibles; en este caso se contó con siete fototerapias de fibra óptica, tres de luz fluorescente y una sola de LED, por lo que se completó con más rapidez el grupo de fototerapia de fibra óptica, luego el de luz fluorescente azul y por último el grupo de LED; de hecho, cuando los de fibra óptica y luz fluorescente ya habían completado sus pacientes cada uno, el de LED solamente llevaba 10 pacientes. La falla en la selección estricta al azar pudo sesgar la homogeneidad en cuanto el peso y edad gestacional en los tres grupos; sin embargo, resulta satisfactorio notar que cuando se compararon los tres grupos el descenso fue vertiginoso en todos y cuando se compararon los pacientes con niveles críticos (bilirrubina $> 18 \text{ mg/dL}$) entre el grupo de fototerapia azul y LED las disminuciones fueron muy semejantes, sin diferencias estadísticas significativas. Por tanto, la efectividad de la fototerapia LED fue similar a las fototerapias de fibra óptica y de fluorescente de luz azul. Otro aspecto es el número de pacientes en quienes se les fue descontinuan-

do la fototerapia por alcanzar valores fuera de rangos para fototerapia a las 48 y 72 horas, quedando en los de Biliblanket™ 14 y 10 pacientes, en los de luz azul 15 y 8 pacientes y en los de LED 12 y 4 pacientes respectivamente; lo anterior nos explica que los pacientes del grupo LED lograron descenso más rápidos que los otros grupos, quedando sólo 4 de 15 pacientes a las 72 horas. Sin que existieran diferencias estadísticas, llama a la reflexión que los pacientes del grupo Biliblanket™, quienes tuvieron promedios de inicio más bajos que los otros dos grupos era de esperar que tuvieran descensos más rápidos y por ende alcanzaran en menor tiempo rangos fuera de fototerapia; sin embargo, el grupo Biliblanket™ terminó con 10 de los quince pacientes a las 72 horas, y los del grupo de luz azul, cuyos promedios de inicio fueron más elevados, terminaron con 8 de los 15 pacientes, menos que el grupo Biliblanket™. Nosotros consideramos que la fototerapia LED disminuyó los niveles de bilirrubina más pronto que los otros grupos, aunque la estadística no lo respalde; se requerirían más pacientes para demostrar este efecto. Finalmente, un punto a favor del panel Vector® es el costo, puesto que una fototerapia Biliblanket oscila en el orden de los 3,500 dólares y el foco de repuesto Ohmeda Biliblanket™ 20V 150W tiene un costo de 20.18 dólares; un tubo fluorescente marca Philips™ Bili blue F20T 12/BB 20W tiene un costo de \$ 350 pesos M.N. multiplicado por seis tubos fluorescentes sería \$ 2,100 pesos M.N. Algunas fototerapias que se venden por Internet en México como la Genedix de luz azul con cuatro focos azules, New baby phototherapy (espectro de onda 400 a 550 nm) y la Natus neoblu LED están en \$ 15,000.00 pesos M.N. cada una. Otras fototerapias tienen altos costos, como la Neo blue LED Phototherapy de \$ 3,995 dólares, Neo blue mini 2,995 dólares, Neo blue cozy 3,495 dólares, las cuales fueron comparadas en cuanto a las especificaciones de tales fototerapias con una fototerapia nominada BilliLED, la cual fue realizada en el Instituto de Física de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República de Uruguay cuyo costo fue de 400 dólares en materiales;⁴ las comparaciones de la fototerapia BilliLED con la Neo blue LED Phototherapy™, Neo blue mini™ y Neo blue cozy™ fueron similares en lo que respecta a irradiación y longitud de onda; sin embargo, con la fototerapia BilliLED no se realizaron estudios clínicos para pacientes con hiperbilirrubinemia; por otra parte, Viau Colindres y cols.⁹ diseñaron una fototerapia LED con 60 focos LED y en un estudio piloto compararon su eficacia clínica al compararla con las fototerapias de halógeno y fluorescente de luz azul, sin diferencias en la comparación entre las fototerapias; sin embargo, el costo de materiales de dicha fototerapia azul fue menos de 110 dólares. En el caso del panel de Vector® su costo es de \$ 990.00 M.N. más la implementación del soporte tuvo un costo total de menos de \$ 1,500.00 M.N. Las conclusiones del presente estudio son:

1. El panel Vecttor® de luz azul LED fue capaz de reducir los niveles de bilirrubina en pacientes con hiperbilirrubinemia.
2. El panel Vecttor® de luz azul LED parece similar en cuanto a la eficacia en el tratamiento de la hiperbilirrubinemia, comparado con la fototerapia Biliblanket e INTELEC Modelo LF 06®.
3. El panel Vecttor® de luz azul con focos LED no tuvo efectos adversos durante su aplicación.
4. El nivel de espectro de banda del panel Vecttor® de luz azul LED está dentro de lo recomendado por la AAP.
5. El costo del panel Vecttor® resulta ser bajo respecto a las fototerapias de marcas comerciales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lauer BJ, Spector ND. Hyperbilirubinemia in the newborn. *Pediatr Rev.* 2011; 32 (8): 341-349.
2. Seidman DS, Moise J, Ergaz Z, Laor A, Vreman HJ, Stevenson DK et al. Prospective randomized controlled study of phototherapy using blue and blue-green light emitting devices and conventional halogen-quartz phototherapy. *J Perinatol.* 2003; 23 (2): 123-127.
3. Bhutani VK, Committee on Fetus and Newborn. Phototherapy to prevent severe neonatal hyperbilirubinemia in the newborn infant 35 or more weeks of gestation. *Pediatrics.* 2011; 128 (4): e1046-e1053.
4. Blanco SM. Comparativa de equipos de fototerapia basados en LEDs. En: XV Seminario de Ingeniería Biomédica 2006. Uruguay: Facultades de Ingeniería y Medicina Universidad de la O. del Uruguay; 2006.
5. American Academy of Pediatrics Subcommittee on Hyperbilirubinemia. Management of hyperbilirubinemia in the new born infant 35 or more week of gestation. *Pediatrics.* 2004; 114 (1): 297-316.
6. Wong RJ, Stevenson D. Treatment of unconjugated hyperbilirubinemia in term and nearterm infant [Internet]. Up to Date. 2007. Topic 5063 Version 23.0. Available in: <http://www.uptodate.com/contents/treatment-of-unconjugated-hyperbilirubinemia-in-term-and-late-preterm-infants>. [Acceso 08.03.2014].
7. Maisels MJ, Watchko JF. Treatment of jaundice in low birthweight infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal.* 2003; 88 (6): 459-463.
8. Sarin M, Dutta S, Narang A. Randomized controlled trial of compact fluorescent lamp *versus* standard phototherapy for the treatment of neonatal hyperbilirubinemia. *Indian Pediatrics.* 2006; 43 (7): 583-590.
9. Viau CJ, Rountree C, Destarac MA, Cui Y, Pérez M, Herrera M et al. Prospective randomized controlled study comparing low-cost led and conventional phototherapy for treatment of neonatal hyperbilirubinemia. *J Trop Pediatr.* 2012; 58 (3): 178-183.

Correspondencia:
Dr. Ricardo Ávila Reyes
Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales.
Hospital Infantil de Tamaulipas.
Calzada Luis Caballero y Av. Del Maestro s/n,
87060, Cd. Victoria, Tamps.
Tel: (834) 3186900
E-mail: avilareyes@hotmail.com