



ARTIGO DE REVISÃO

Proposta de padronização para aferição de equipamentos de fototerapia

Standardizing the calibration of phototherapy devices – a proposal

Fernando Perazzini Facchini*

Resumo

Objetivo: propor método de avaliação e manutenção da eficiência dos equipamentos mais comumente usados em nosso meio, de maneira a uniformizar os resultados obtidos em tratamentos fototerápicos por diferentes serviços.

Material e métodos: o radiômetro/fotômetro utilizado na medida da irradiância espectral é de fabricação nacional e atende aos requisitos básicos indispensáveis. As padronizações de medida procuram ser facilmente aplicáveis e reproduzíveis aos aparelhos de fototerapia em uso no país. O material necessário às aferições, excetuando-se o radiômetro, pode ser facilmente confeccionado em qualquer serviço de neonatologia. Procuramos nos trabalhos publicados nos últimos 10 anos no Medline os pertinentes a esta revisão.

Resultado: propõe-se que a irradiância relatada nos trabalhos de fototerapia seja fornecida como Irradiância Espectral Média e descreve-se como obtê-la, tanto em fototerapias com fontes fluorescentes como halógenas.

Comentários: são descritos os componentes dos radiômetros/fotômetros, cuja compreensão é importante para que possamos perceber variações na sensibilidade e diferenças significativas na irradiância quando as faixas de leitura dos radiômetros são um pouco diferentes. A adoção de um tipo de equipamento padrão facilitaria muito a comparação de resultados obtidos por diferentes serviços. São ainda comentadas as características de diferentes equipamentos de fototerapia que podem interferir na mensuração da irradiância dos mesmos.

J Pediatr (Rio J) 2001; 77 (2): 67-74: fototerapia, radiometria, equipamento.

Introdução

Embora se conheça de longa data a ação *in vitro* da luz sobre a bilirrubina, somente em 1958, Cremer, Perryman e Richards puderam demonstrar *in vivo* o efeito da luz azul na redução dos níveis de bilirrubinemia, após observações argutas da equipe de enfermagem do Rockford General

Abstract

Objective: to propose a method to evaluate and maintain the efficiency of equipment commonly used in Brazil in order to obtain uniform results in phototherapy treatments in different services.

Material and methods: the radiometer/photometer used to measure spectral irradiance is locally manufactured and fulfills basic requirements. Measure standardization seeks to be applicable and reproducible to phototherapy devices employed in Brazil. The material necessary for measurements can be easily assembled by the neonatology staff, except for the radiometer. We searched Medline for papers relevant to this review published throughout the last 10 years.

Results: irradiance in phototherapy issues should be referred to as “medium spectral irradiance”. We describe how to obtain medium spectral irradiance using fluorescent and halogen phototherapies.

Comments: the components of a radiometer/photometer are described. This knowledge is fundamental to understanding sensibility variations and to justifying differences in irradiance when ranges of radiometer recording are a little different. The standardization of this device will certainly simplify the comparison between results in different services.

We also analyzed characteristics of different equipment used in phototherapy that might interfere with their irradiance.

J Pediatr (Rio J) 2001; 77 (2): 67-74: phototherapy, radiometry, equipment.

Hospital, Inglaterra¹. Esta nova propriedade da luz foi utilizada de maneira empírica nos países não industrializados até 1968, quando Lucey, Ferreiro e Hewitt retomaram seu estudo de forma científica e concluíram que a degradação fotoquímica da bilirrubina não produzia produtos tóxicos para o organismo². O verdadeiro modo de ação da luz sobre a bilirrubina, produzindo primordialmente sua fotossomerização, só foi esclarecido em 1980 por Brodersen e colaboradores³.

* Professor-Assistente Doutor do Depto. de Pediatria da UNICAMP. Trabalho realizado no Centro de Atenção à Saúde da Mulher-Campinas-São Paulo.

A eficácia da fototerapia depende do comprimento de onda (cor) e da intensidade de irradiância (energia) da fonte utilizada, bem como da superfície de pele exposta ao efeito transformador⁴. O Comitê de Fototerapia do Recém-nascido, sob direção do Conselho Nacional de Pesquisas da Academia Nacional de Ciências dos EUA⁵, afirmou em relatório de 1974 que a região de absorção máxima de luz pela bilirrubina, provavelmente implicada *in vivo* na ação fotoquímica sobre a mesma, é a faixa entre 425 e 475 nanômetros, isto é, a da luz azul. Sabe-se hoje que comprimentos de onda fora dessa faixa podem ser usados de forma eficiente^{6,7}. Entretanto, o Comitê de Fototerapia até hoje não modificou sua recomendação sobre a faixa a utilizar. Lâmpadas fluorescentes e de quartzo/halógenas são as usadas presentemente nos aparelhos de fototerapia disponíveis no mercado.

Em relação à irradiância, para a seleção das diferentes lâmpadas empregadas, são disponíveis as curvas de absorção espectral fornecidas pelos fabricantes, que permitem verificar quais as que emitem energia na faixa que melhor transforma a bilirrubina⁸. A eficácia é avaliada pela medida da irradiância, que, no caso dos aparelhos de fototerapia, pode ser realizada de forma satisfatória através dos radiômetros/fotômetros¹⁰ para fototerapia, equipamentos relativamente baratos e eficientes, desde que perfeitamente compreendidas suas limitações. Entende-se por irradiância a quantidade de energia que incide em uma determinada superfície, por unidade de área da mesma.

Não existe consenso a respeito dos valores que definiriam um aparelho de fototerapia como eficiente, quanto à sua irradiância, variando desde níveis extremamente baixos como 4 a 6 $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ ^{12,13} até valores dezenas de vezes mais elevados (≈ 60 a 80 $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$).^{14,15} No que diz respeito à sua aferição, até o momento, não existe nenhuma proposta de padronização. Assim, o presente trabalho é uma tentativa no sentido de conseguir a padronização, pois desta forma os resultados obtidos por diferentes autores ficarão melhor comparáveis.

Equipamentos e Métodos

Para a avaliação periódica dos aparelhos de fototerapia é necessária a adoção de um Radiômetro/Fotômetro. O único equipamento nacional disponível que se conhece é o Fanem^â-Mod 620 com faixa de leitura fixa entre 380 e 530nm (pontos de 10%) e pico em 450 nm.¹⁶ É um aparelho muito simples, robusto, operado com bateria de 9 volts. Sua leitura é feita em irradiância espectral ($\text{mW}/\text{cm}^2/\text{nm}$), que é a média da irradiância em relação à amplitude da faixa de leitura.

Fototerapias convencionais – são alimentadas por banco de lâmpadas fluorescentes contendo 4 a 10 unidades de 20 Watts. Para se proceder à quantificação da irradiância, deixa-se o aparelho ligado previamente por duas horas até ter assegurada a temperatura de operação¹⁷. Coloca-se o

conjunto de lâmpadas transversalmente em relação a uma incubadora, deixando apenas 1 cm entre a placa que fecha o conjunto de emissão de luz e o teto da cúpula da mesma. Assim posicionada, a distância entre o conjunto de lâmpadas e a superfície do colchonete da incubadora é de aproximadamente 40cm. Essa distância, embora não seja a ideal, fica limitada pela altura da cúpula da incubadora.

A medida da irradiância é feita na superfície do colchonete da seguinte maneira: uma folha de cartolina medindo 34X60cm é fixada em sua superfície. Na porção central dessa folha foi demarcada uma área de 42X34cm, que corresponde à projeção do aparelho de fototerapia, visto que este é utilizado em posição transversal em relação à incubadora. A área assim demarcada foi dividida em nove retângulos de igual área, e no ponto central de cada um, recortada a porção com a forma do sensor do radiômetro usado para as leituras (Figura 1). A média aritmética desses nove pontos é considerada a irradiância espectral média a que está submetido o recém-nascido em tratamento.

Sempre que os valores de irradiância caírem a níveis inferiores a um valor prévio estabelecido (80% do valor detectado com as lâmpadas novas), as lâmpadas do mesmo deverão ser trocadas e, em seguida, novamente aferidas. Deverão ser também medidas a tensão de alimentação e a temperatura ambiente¹⁶, pois ambas podem fazer variar os valores de irradiância.

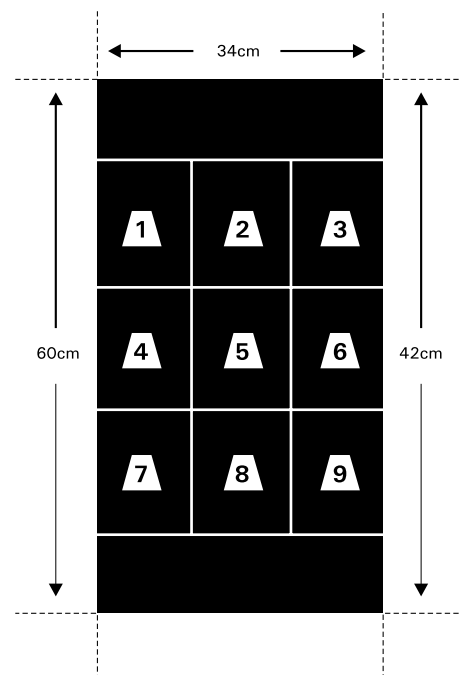


Figura 1 – Gabarito usado para medida de irradiância em aparelhos de fototerapia de lâmpadas fluorescentes

Fototerapias duplas – este modelo de fototerapia dupla foi desenvolvido em colaboração com o Centro de Engenharia Biomédica da UNICAMP. São constituídas por dois conjuntos de sete lâmpadas cada, idênticos aos das fototerapias simples, colocados frente a frente e com um berço de acrílico transparente intercalado entre os dois conjuntos. Cada um possui uma placa de acrílico ou vidro recobrendo os bancos de lâmpadas, como as fototerapias simples. Suas lâmpadas são ventiladas por um ou dois pequenos circuladores de ar que, embora melhorem a temperatura de funcionamento das mesmas, não as mantêm próximas de 25°C, aquecimento adequado para que apresentem rendimento máximo. Assim sendo, deve-se aguardar período de duas horas até que ocorra estabilização térmica. O conjunto de lâmpadas superior é colocado a 30cm do fundo do berço e o inferior a 10cm. A medida da irradiância espectral, tanto do conjunto superior quanto do inferior, é feita utilizando-se a mesma tira de cartolina com nove pontos demarcados, cuja utilização descrevemos nas fototerapias simples. Nas fototerapias duplas, fixamos a cartolina na superfície de acrílico do berço e como os pontos de medida são vasados, virando-se o sensor do radiômetro para cima ou para baixo poderemos avaliar a irradiância tanto do conjunto superior de lâmpadas como do inferior. A média dos nove pontos superiores e dos inferiores não deve cair abaixo de valores previamente estabelecidos (80% dos valores iniciais). Nas fototerapias duplas, utilizamos cortinas laterais azuis que refletem a radiação que se perderia lateralmente, fazendo aumentar em 10 a 15% a irradiância do equipamento. Devem ser usadas inclusive durante a monitorização dos conjuntos¹⁸.

Fototerapias com fonte halógena – estes aparelhos empregam lâmpadas halógenas para gerar energia radiante. A energia após filtragem adequada é projetada como um fecho luminoso sobre o recém-nascido (holofotes ou *spot-lights*), ou conduzida através de um feixe de fibras ópticas até um difusor em contacto com a pele do mesmo (mantas ópticas).

Bilispot® - Fanem Mod 006BP. É o primeiro aparelho do tipo holofote fabricado no Brasil. Na última Hospitalar, exposição de equipamentos médicos hospitalares realizada em São Paulo, em Junho de 2000, outros equipamentos nacionais semelhantes foram apresentados.

Tem basicamente o formato de um tubo metálico articulado a uma haste que permite variar o ângulo de incidência do feixe luminoso, bem como aproximá-lo ou afastá-lo do paciente. Sua fonte de energia é constituída por lâmpada halógena dicróica de 75 Watts, refrigerada por um sistema de circulação de ar forçado para dissipar parte do calor produzido. Possui sistema de filtragem de radiações indesejáveis, como as da faixa do infra-vermelho, na fototerapia. Na extremidade do tubo metálico existe um conjunto de duas lentes Fresnel, cuja finalidade é direcionar as ondas radiantes em um feixe estreito de energia. Este feixe,

quando projetado perpendicularmente numa superfície plana, a exatamente 50 cm de distância, produz um círculo iluminado com 15 cm de diâmetro, de bordas nítidas.

A irradiância espectral (IEM) média deste equipamento é obtida da seguinte maneira: o círculo projetado é desenhado sobre um cartão e subdividido em três áreas concêntricas obtidas pelo traçado de duas circunferências adicionais de 2,5 e 5cm de raio, que desta forma dividem o círculo em 3 áreas (A,B e C) de 19,6, 58,9 e 98,2 cm² respectivamente (Figura 2). Em cada uma dessas áreas são marcados 4 pontos diametralmente opostos para servirem de local de aferição de irradiância que, segundo o próprio fabricante, se reduz consideravelmente do centro para a periferia. As médias aritméticas desses 4 pontos, uma vez ponderadas com as respectivas áreas e somadas, darão a irradiância espectral média do feixe de energia terapêutico.

$$IEM_{total} = IEM_A \times 19,6/176,7 + IEM_B \times 58,9/176,7 + IEM_C \times 98,2/176,7$$

IEM_A = irradiância espectral média obtida nos 4 pontos da área A

IEM_B = irradiância espectral média obtida nos 4 pontos da área B

IEM_C = irradiância espectral média obtida nos 4 pontos da área C
176,7 = área total em cm² do círculo de luz projetado pelo aparelho

A verificação da irradiância espectral média deverá ser realizada 400 horas após a troca de lâmpadas e, depois disso, a cada 200 horas. Propomos que a substituição deva ser feita quando o valor for menor ou igual a 80% do valor apurado inicialmente.

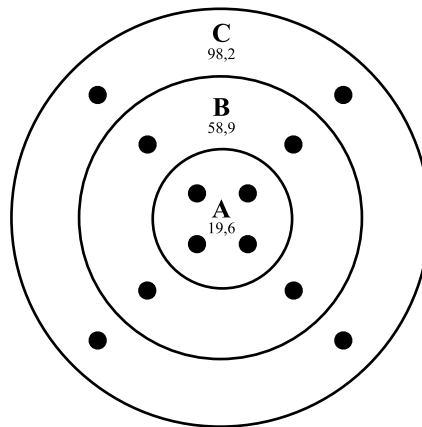


Figura 2 – Gabarito para medida de irradiância no feixe de energia luminosa do Bilispot®

Biliblanket Plus®-Ohmeda. Neste aparelho de fototerapia, a geração de energia irradiante é também através de lâmpada halógena, porém, ao invés do fecho de raios luminosos ser projetado sobre a pele do paciente, é conduzido por feixe de fibras ópticas. Na sua porção terminal, tais fibras sofrem processo que altera seu invólucro refletor. Essa porção passa então a difundir ao invés de conduzir a energia luminosa. Após serem tecidas, as fibras transformam-se em “manta luminosa”, com distribuição razoavelmente homogênea de energia, sobre a qual é colocado o paciente objeto do tratamento.

Para quantificarmos a irradiância espectral dessa manta, a mesma é vestida com envelope de papel especial fornecido pelo fabricante. A porção luminosa, que mede 10 X 15cm, é dividida em 6 retângulos de igual tamanho, e a mensuração é realizada na porção central de cada um (Figura 3). A irradiância espectral média é a média aritmética apurada nos seis pontos referidos. Essa aferição deve ser repetida com 400 horas de uso da lâmpada e, posteriormente, a cada 200 horas. A substituição deve ocorrer quando a irradiância espectral média cair a níveis inferiores a 80% do valor apurado com a lâmpada nova.

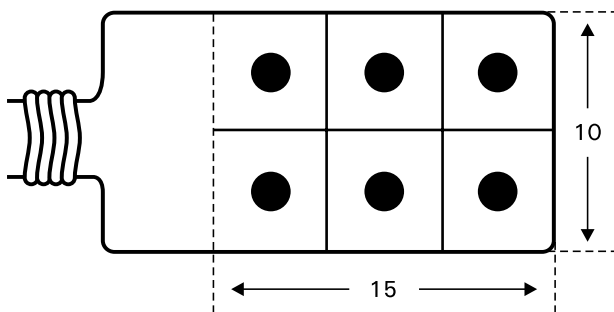


Figura 3 – Gabarito usado para a medida de irradiância da manta óptica do Biliblanket®-Plus

Comentários

O radiômetro mais usado em fototerapia é o de faixa fixa. Compõe-se basicamente de um sensor constituído por um filtro que deixa passar apenas a energia que se deseja medir. Alguns aparelhos dispõem de difusores que corrigem parcialmente o efeito da inclinação dos raios de luz (lei do co-seno)¹⁹. A energia que atravessa o sensor é transformada em corrente elétrica por um detector e é transportada até o radiômetro propriamente dito, onde é quantificada em “irradiância total”, medida em micro ou mili watts/cm². Alguns aparelhos calculam a média da energia em relação à amplitude da faixa, fornecendo assim a “irradiância espectral” em $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ ⁸.

É importante que haja a maior correspondência possível entre a faixa de emissão de energia que pretendemos medir e a captada pelo radiômetro. Como, até o presente momento, a faixa aceita como a ideal para a transformação da bilirrubina é a situada entre 425 e 475nm, seria desejável que todos os radiômetros lessem a energia emitida nesse intervalo de espectro. Na prática, tal fato infelizmente não ocorre. Radiômetros com faixas de leitura muito largas assinalam energia não transformadora de bilirrubina e outros, com bandas muito estreitas, deixam de registrar energia que pode ser utilizada na fotoisomerização da mesma. Fica dessa forma esclarecido por que radiômetros com faixas de leitura um pouco diferentes podem atribuir radiações diferentes a um mesmo aparelho de fototerapia. Os Comitês de Neonatologia deveriam pressionar os fabricantes para que tal requisito fosse observado. Talvez, seguindo o exemplo da Comissão Nacional de Fototerapia da Sociedade Francesa de Medicina Perinatal, o Comitê de Neonatologia da Sociedade Brasileira de Pediatria pudesse adotar um radiômetro nacional de referência e editar uma tabela de conversão da irradiância obtida com diferentes radiômetros e esse aparelho. Além disso, caso venha a ser confirmada a eficácia das emissões próximas à faixa da cor verde (500 a 570 nm)⁶, talvez os radiômetros devessem ser comercializados com faixa dupla para permitir a avaliação de fontes azuis e verdes.

Apesar de todas essas limitações, os radiômetros para fototerapia são extremamente úteis na manutenção dos equipamentos de fototerapia. Sua grande utilidade reside na avaliação da queda de eficiência das fontes radiantes. Achamos indispensável a substituição da fonte irradiante quando a queda se aproxima de 20% de seu valor inicial, para manter a eficácia próxima aos seus valores máximos e também porque a troca de lâmpadas assim feita não onera significativamente o paciente. As lâmpadas azuis especiais importadas, que são as mais caras existentes no mercado, custam aproximadamente R\$16,00 (dezesesseis reais) cada. Levando-se em conta que um conjunto de fototerapia de 7 lâmpadas dura no mínimo 1.500 horas, o custo/lâmpada de uma hora de tratamento será R\$ 0,072 e de um tratamento de 96 horas, R\$6,91. No Brasil, o único radiômetro de fabricação nacional é o Fanem-Mod 620. A sua curva espectral está na faixa de 380 a 530 nm (pontos de 10%) com o pico no comprimento de onda de 450 nm¹⁶. Embora sua faixa espectral seja um pouco mais larga que a recomendada pelo Comitê de Fototerapia, julgamos que preenche plenamente as exigências atuais¹⁰.

Nas fototerapias fluorescentes, quatro tipos de lâmpadas são usadas: as azuis comuns (como a Sylvania F20WT12/AZ, que podem perder a irradiância rapidamente, podendo necessitar reposições freqüentes⁸), as do tipo luz do dia, as verdes, e as azuis especiais (Philips F20WT12/52, que costumam manter 80% da irradiância inicial até 2.000 a 5.000 horas de uso²⁰). Nosso objetivo será manter a irradiância o mais próximo possível dos valores máximos para que os tratamentos sejam eficientes e rápidos²¹. Isso se

torna possível pela aferição periódica dos equipamentos e pela troca de lâmpadas conforme sugerido. A melhor maneira de acompanhar tais controles é mediante a instalação de um "horímetro" (contador de horas) em cada aparelho. Alguns autores recomendam a avaliação de irradiância com grande frequência, alguns até a cada 12 horas⁹. Não conseguimos entender a razão desse cuidado, tendo em vista a durabilidade das lâmpadas já referida anteriormente. A aferição da irradiância espectral média, neste tipo de equipamento, é realizada 1.000 horas após a troca de lâmpadas e, depois, a cada 500 horas. Quando a queda de irradiância atinge um valor mínimo, trocamos todo o conjunto de lâmpadas.

Todas as medidas de irradiância devem ser efetuadas em quarto escuro, sem luz ambiente²². É conveniente evitar batidas e "liga/desliga" frequentes, que encurtam a vida média dos bulbos.¹⁰ As lâmpadas fluorescentes têm seu funcionamento ótimo em temperatura em torno de 25°C, porém a maior parte dos aparelhos que usam tais lâmpadas trabalham em temperaturas muito mais elevadas. Este fato faz com que a durabilidade das lâmpadas diminua, assim como a irradiância¹⁷.

O invólucro de vidro das lâmpadas filtra a maior parte das radiações indesejáveis na faixa do ultravioleta e infravermelho dos bulbos fluorescentes. As radiações remanescentes serão absorvidas quase que totalmente pela placa de acrílico ou vidro que praticamente todos aparelhos possuem, fechando o banco de lâmpadas²³. Essa placa tem ainda a finalidade de proteger o neonato contra eventuais quedas ou quebras de lâmpadas dos conjuntos¹⁰.

A obtenção da irradiância espectral média é detalhada em poucas publicações. De Carvalho¹¹ media apenas na projeção central da fonte emissora, a uma distância de 45 cm do paciente. Em trabalho posterior²⁹, trabalhando com o Biliberço, um equipamento no qual há 7 lâmpadas fluorescentes colocadas abaixo do berço de acrílico, e existem superfícies refletoras colocadas superiormente e nas paredes laterais do berço, avaliou a irradiância média medindo 22 pontos sob irradiação direta e mais 3 (2 laterais e um superior) sob irradiação refletida. Tan^{25,26} determinava a média pelos valores lidos na cabeça, tronco e joelhos. Holtrop²⁷ determinou a irradiância na cabeça, tórax e abdome. Sarici²⁸ o fez em quatro pontos de uma linha que passava no centro da área irradiada. A maioria das publicações não dão detalhes de como foi determinada a irradiância dos conjuntos de lâmpadas^{9,22,30-32,34,36-41,43}.

Como nas fototerapias fluorescentes a irradiância espectral na área ocupada pelo paciente não é homogênea¹⁶, a necessidade de se utilizar a média para monitorizar o desempenho do equipamento é fundamental. Como obtê-la de forma uniforme em diferentes aparelhos torna-se indispensável se pretendermos avaliar o desempenho dos mesmos.

Deve-se admitir que pelo menos ¼ da superfície corporal do neonato receba a energia procedente do conjunto de lâmpadas²¹.

Um grande problema do tratamento fototerápico dos prematuros é a necessidade de permanecerem em incubadoras, o que impossibilita a redução da distância da fonte de energia pela interposição da cúpula da incubadora.

Nas fototerapias duplas, a medida de irradiância faz-se da mesma maneira, porém as distâncias entre o conjunto de lâmpadas e o fundo do berço de acrílico pode ser reduzida a um mínimo que permita manipular o recém-nascido adequadamente. Usamos para o conjunto superior 30 cm e para o inferior 10 cm de distância.

Neste tipo de equipamento, o uso de cortinas laterais¹⁶ aumenta de 10 a 15% a irradiância a que o paciente é submetido, como pudemos observar. Uma vez que desejamos expor a maior área possível de pele, o neonato é colocado nu, sem fraldas, apenas com os olhos vendados, diretamente sobre o berço de acrílico. Não utilizamos colchões de água, silicone ou qualquer outro material, pois reduzem sensivelmente a irradiância do conjunto inferior³³ (25% no colchão de silicone, em medição por nós realizada) e aparentemente não modificam o comportamento do paciente, que não parece experimentar desconforto quando colocado diretamente sobre a cuba de acrílico do berço^{25,26,43}.

Quando utilizamos esse equipamento em salas com temperatura controlada (aproximadamente 25°C), não temos observado hipo ou hipertermia nos neonatos tratados.

Nesses aparelhos, os cuidados dispensados às lâmpadas devem ser os mesmos que para as fototerapias simples.

O fabricante do Bilispot[®] recomenda que o equipamento seja usado a uma distância não inferior a 50 cm, provavelmente devido à incompleta filtragem de radiação infravermelha, que poderia causar algum dano ao paciente se usado a uma distância menor. Dessa forma, entendemos que a monitorização do equipamento também deva ser realizada nessa distância.

A área irradiada nessa distância é bastante restrita (176,7 cm²). Aumentando-se a distância ou inclinando-se o aparelho, obviamente a área irradiada aumenta, porém a irradiância cai por aumentar a distância da fonte energética.¹⁶

O Bilispot[®] usa a superposição de duas lentes Fresnel na sua porção frontal para direcionar as ondas luminosas. É importante verificar a correta colocação dessas lâminas, caso contrário teremos uma dispersão grande de energia. Quando corretamente colocadas, a 50cm de uma superfície plana, o círculo luminoso mede exatamente 15cm de diâmetro e tem bordos precisos. A energia irradiada por esses aparelhos cai rapidamente da parte central para a periferia do fecho. Como a transformação da bilirrubina é determinada pela intensidade da irradiância do equipamento, fornecer a irradiância em um único ponto de valor máximo, conforme recomendação do fabricante, não nos parece adequado. A média ponderada da irradiância se nos afigura como muito mais próxima da eficiência que tentamos exprimir. No trabalho de apresentação do aparelho, realizado por De Carvalho⁴², no teste de irradiância emitida, se

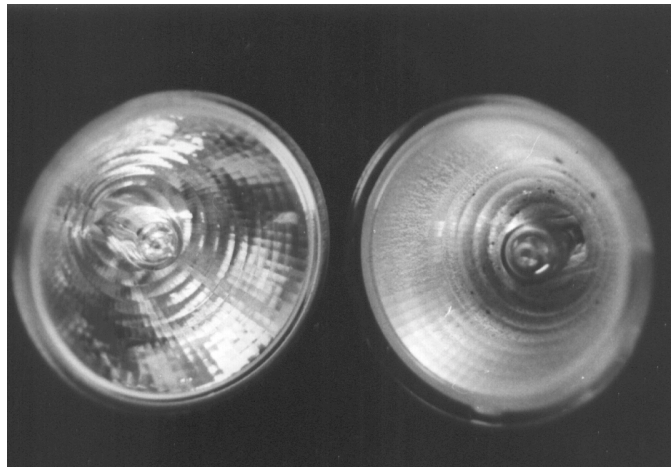


Figura 4 - Fotografia comparando o estado da superfície refletora de lâmpadas halógenas, uma nova e outra após 900 horas de uso no Bilispot[®] (notar a opacificação ocasionada pela utilização, na lâmpada da direita)

calcularmos a irradiância por média ponderada, chegaremos a um valor de $13,14\text{mW/cm}^2/\text{nm}$, bastante diferente dos $23\text{W/cm}^2/\text{nm}$ medidos no ponto central ou mesmo $31\text{mW/cm}^2/\text{nm}$ medidos no segundo halo do centro para a periferia. O mesmo autor, em outros trabalhos, utiliza a mesma técnica de aferição^{44,45} assim como Almeida & Lyra F^{o31}.

O sistema de dissipação de calor da lâmpada halógena é insuficiente, fazendo com que, pelo uso, a superfície refletora das mesmas torne-se progressivamente opaca, reduzindo rapidamente sua eficiência (Figura 4). Dessa forma, achamos interessante que esse tipo de equipamento seja testado inicialmente com 400 horas de uso e, posteriormente, a cada 200 horas. O acréscimo de um horímetro a esse tipo de aparelho é muito útil, pois permite controlar a utilização dos mesmos, evitando testes de irradiância sem que um tempo razoável de utilização haja ocorrido. Nenhum equipamento que utiliza fonte halógena de geração de energia deve ser submetido a solavancos quando ligado e, após desligamento deverá permanecer imóvel para resfriamento, pelo menos por 5 minutos, sob pena de danificar permanentemente o filamento da lâmpada.⁴⁷

O Biliblanket[®] -Plus possui fonte de energia bastante mais potente que o Bilispot[®]. Sua resposta espectral relativa, após filtragem, é bastante diferente das lâmpadas fluorescentes azuis especiais (Figura 5). Seu pico ocorre entre 500 e 540nm, na faixa da luz verde, portanto. Em vista disso, o radiômetro Fanem[®]Mod.620 não é o melhor equi-

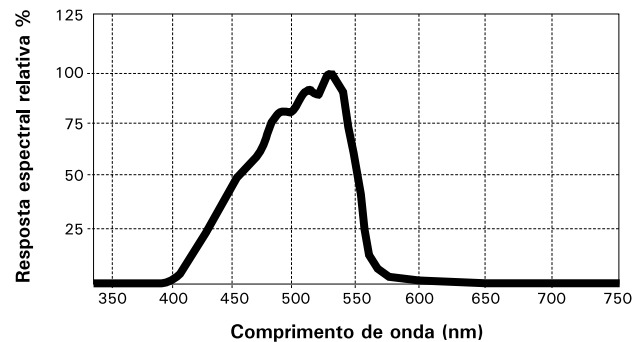


Figura 5 - Absorção espectral relativa da energia gerada no BiliBlanket[®], após filtragem e antes de ingressar no cabo de fibras ópticas

pamento para avaliá-lo, embora o Manual do fabricante não faça essa advertência. Esse equipamento, quando avaliado por esse tipo de radiômetro, mesmo quando utilizado em sua potência máxima, tem irradiância média apenas ligeiramente superior ao Bilispot[®].

Por informação do fabricante, a lâmpada do Biliblanket[®] deve durar aproximadamente 800 horas, quando utilizada em sua potência máxima⁴⁷. É o único equipamento de fototerapia de nosso Serviço que já é fornecido com horímetro. Fazemos o primeiro monitoramento com 400 horas

de uso e, depois, a cada 200 horas, uma vez que sempre utilizamos tal aparelho em sua potência máxima.

A medida de irradiância recomendada pelos fabricantes não parece justificada. Sugerem que se divida a região difusora de energia em quatro quadriláteros e que se meça a irradiância na parte central de cada um dos mesmos. O ponto mais central da manta é também medido. Aceita-se como irradiância média, a média aritmética da soma dos quatro pontos mais duas vezes a medida na porção central. Os trabalhos por nós consultados não especificam a técnica de avaliação empregada^{41,46}.

Esperamos, com esta proposta de monitorização, chamar a atenção para a necessidade de estabelecer critérios comparáveis entre os diferentes serviços dedicados à assistência do recém-nascido e também divulgar nossa experiência no assunto, acumulada graças às dificuldades com que nos defrontamos nestes mais de 40 anos de uso da fototerapia.

Referências bibliográficas

1. Cremer RJ, Perryman PW, Richards DH. Influence of light on the hyperbilirubinemia of infants. *Lancet* 1958;1:1094-97.
2. Lucey JF, Ferreiro M, Hewitt J. Prevention of hyperbilirubinemia of prematurity by phototherapy. *Pediatrics* 1968;41:1047-54.
3. Brodersen R. Medical Progress: Bilirubin transport in the newborn infant, reviewed with relation to Kernicterus. *J Pediatr* 1980;96:349-56.
4. Granati B, Largajolli G, Rubaltelli FF, Pollazzon P, Bottos M, Sartori E. Efficacy and safety of the "integral" phototherapy for neonatal hyperbilirubinemia. *Clin Pediatr* 1984;23:483-86.
5. National Research Council of the National Academy of Sciences. Preliminary report of the Committee on Phototherapy in the Newborn Infant. *Fetal and Neonatal Medicine* 1974;84:135-47.
6. Donzelli G P, Pratesi S, Rapisardi G. One-day phototherapy of neonatal jaundice with blue-green lamp. *Lancet* 1995;346:184-5.
7. Vecchi C, Donzelli GP, Migliorini MG, Sbrana G, Pratesi R. New light in phototherapy. *Lancet* 1982;2:390.
8. Sisson TRC, Kendall N, Shaw E, Kechavarz-Oliai L. Phototherapy of jaundice in the newborn infant II: effect of various light intensities. *J Pediatr* 1972;81:35-8.
9. Alkalay AL, Sola A. Neonatal jaundice guidelines. *Neonatal Intensive Care* 2000;13:15-25.
10. ECRI. Freestanding phototherapy units (Evaluation). *Health Devices* 1981;10:133-151.
11. De Carvalho M, Lopes JMA. Phototherapy units in Brazil: are they effective? *J Perinat Med* 1995;23:315-9.
12. Fetus and Newborn Committee, Canadian Paediatric Society. Use of phototherapy for neonatal Hyperbilirubinemia. *CMAJ* 1986;134:1237-45.
13. Warshaw JB, Gagliardi J, Patel A. A comparison of fluorescent and nonfluorescent light sources for phototherapy. *Pediatrics* 1980; 65:795-8.
14. Caldera R, Sender A. Indications et technique de la photothérapie intensive chez le nouveau-né à terme. *Arch Pédiatr* 1997;4:803-4.
15. Babin JP, de Lachaux V, Sender AG. La photothérapie intensive de l'ictère neonatal. *Arch Fr Pédiatr* 1991;48:433-6.
16. Januário Netto E. Monitor de radiação para fototerapia. [tese de mestrado]. Campinas(SP): Faculdade de Engenharia Elétrica – UNICAMP; 1987.
17. Facchini FP, Calil SJ, Hermi AH, et al. Influência da temperatura na eficácia e durabilidade de lâmpadas fluorescentes usadas em fototerapia. Anais do XII Congresso Brasileiro, IV Congresso Latino Americano, IX Reunião Brasileira de Enfermagem Perinatal; 1990 Nov 24 a 29; Rio de Janeiro, p. 13.
18. Eggert P, Stick C, Schröder H. On the distribution of irradiation intensity in phototherapy. Measurements of effective irradiance in an incubator. *Eur J Pediatr* 1984;142:58-61.
19. Ryer A. Light Measurement Instruments - Basic Concepts. International Light Inc. Catalog, 1997; p.5.
20. Philips Lighting. Tubular low-pressure mercury vapour fluorescent lamps-"TL"20W/52. Product information. 1989.
21. Maisels MJ. Why use homeopathic doses of phototherapy? *Pediatrics* 1996;98:283-7.
22. Hammerman C, Eidelman AI, Lee K-S, Gartner LM. Comparative measurements of phototherapy: a practical guide. *Pediatrics* 1981; 67: 368-72.
23. Wu PYK, Berdahl M. Irradiance in incubators under phototherapy lamps. *J Pediatr* 1974;84:754-5.
24. Levene MI. Uneven distribution of light in standard phototherapy. *Arch Dis Child* 1980;55:398-408.
25. Tan KL. Comparison of the Effectiveness of Single-Direction and Double—Direction phototherapy for neonatal jaundice. *Pediatrics* 1975;56:550-3.
26. Tan KL, Lim GC, Boey KW. Efficacy of "high-intensity" and "standard" daylight phototherapy for non-haemolytic hyperbilirubinemia. *Acta Paediatr* 1992;81:870-4.
27. Holtrop PC, Madison K, Maisels MJ. A clinical trial of fiberoptic phototherapy vs conventional phototherapy. *AJDC* 1992; 146:235-7.
28. Sarici SÜ, Alpaya F, Ünay B, Özcan O, Gökçay E. Comparison of the efficacy of conventional special blue light phototherapy and fiberoptic phototherapy in the management of neonatal hyperbilirubinaemia. *Acta Paediatr* 1999;88:1249-53.
29. De Carvalho M, Lopes JM, Barreto Netto D. Fototerapia integral de alta intensidade para o tratamento da icterícia do recém-nascido. *Rev Bras Eng Biomed* 1999;15:109-113.
30. Hansen TWR. Acute management of extreme neonatal jaundice—the potencial benefits of intensified phototherapy and interruption of enterohepatic bilirubin circulation. *Acta Paediatr* 1997; 86:843-6.
31. Almeida MFB, Lyra Fº FJC. Tratamento da Icterícia Neonatal. In: Rugolo LMSS. Manual de Neonatologia da Sociedade de Pediatria de S.Paulo. São Paulo: Revinter; 2000. p.192-6.
32. Holtrop PC, Ruedisueli K, Maisels JM. Double Versus Single Phototherapy in low birth weight newborns. *Pediatrics* 1992;90:674-7.
33. Job H, Hart G, Lealman G. Improvements in long term phototherapy for patients with Crigler-Najjar syndrome Type I. *Phys Med Biol* 1996;41:2549-56.
34. Donzelli GP, Moroni M, Pratesi S, Rapisardi G, Agati G, Fusi F. Fiberoptic phototherapy in the management of jaundice in low birthweight neonates. *Acta Paediatr* 1996;85:366-70.
35. De Carvalho M, De Carvalho D, Trzmielina S, Lopes JMA, Hansen TWR. Intensified phototherapy using daylight fluorescent lamps. *Acta Paediatr* 1999;88:768-71.
36. Sarici SÜ, Alpaya F, Ünay B, Özcan O, Gökçay E. Double versus single phototherapy in term newborns with significant hyperbilirubinemia. *J Trop Pediatr* 2000;46:36-9.

37. Myara A, Sender A, Valette V, Rostoker C, Paumier D, Capoulade C, et al. Early changes in cutaneous bilirubin and serum bilirubin isomers during intensive phototherapy of jaundiced neonates with blue and green light. *Biol Neonate* 1997;71:75-82.
38. Araujo MCK, Vaz FAC, Ramos JLA. Progress in phototherapy. *Rev Paul Med* 1996;114:1134-40.
39. Polin RA. Management of neonatal hyperbilirubinemia: rational use of phototherapy. *Biol Neonate* 1990;58(suppl 1):32-43.
40. Garg AK, Prasad RS, Hifzi IA. Controlled trial of high-intensity double-surface phototherapy on a fluid bed versus conventional phototherapy in neonatal jaundice. *Pediatrics* 1995;95:914-6.
41. Van Kaam AHLC, van Beek RHT, van Keulen JGV, van der Heijden NL-D, Hop W, Sauer PJJ. Fibre optic versus conventional phototherapy for hyperbilirubinaemia in preterm infants. *Eur J Pediatr* 1998;157:132-7.
42. De Carvalho M, Lopes JM, Rossi O. Fototerapia halógena para o tratamento da icterícia neonatal. *RBE* 1994;10:25-39.
43. Amato M, Inaebnit D. Clinical usefulness of high intensity green light phototherapy in the treatment of neonatal jaundice. *Eur J Pediatr* 1991;150:274-6.
44. De Carvalho M, Goldani MP, Lopes JMA. Fototerapia com lâmpada halógena: avaliação da eficácia. *J Pediatr (Rio J)* 1993;69:186-91.
45. De Carvalho M, Cacho A, Neves EAF, Lopes JM. Fototerapia simples x dupla no tratamento da hiperbilirrubinemia em recém-nascidos de risco. *J Pediatr (Rio J)* 1996;72:151-154.
46. De Carvalho M, Lins MFC, Goldani MPS, Lopes JMA Ennever JF. Comparação entre fototerapia convencional e de fibra ótica. *J Pediatr (Rio J)* 1992; 68:289-92.
47. Ohmeda Inc.- BiliBlanket®Plus Phototherapy System Manual; 1996. p.2-1.

Endereço para correspondência:
Dr. Fernando Perazzini Facchini
Rua Coronel Quirino, 910 – apto. 101
Campinas – SP – CEP 13025-900
Fone: (19) 251.4735 – Fax: (19) 289.2586
E-mail: fecefaca@supernet.com.br