

# Luz ultravioleta germicida y control de microorganismos ambientales en hospitales

# Germicidal ultraviolet light and environmental control of microorganisms in hospitals

Juan Paulo Sánchez C<sup>1</sup>, María Arias Echandi<sup>2</sup>, Johnny Armenta Prada<sup>3</sup>, Donato Salas Segura<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Licenciado en Medicina, Residente Medicina Interna, Hospital Calderón Guardia. drpaulos@hotmail.com

<sup>2</sup> Licenciada en Microbiología, Jefe Microbiología Alimentos-Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica. San José. maria.ariasechandi@ucr.ac.cr

<sup>3</sup> Ingeniero Bioagícola, Sistemas Desinfección y Esterilización W Tres S.A.

<sup>4</sup> Médico Internista, Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital Calderón Guardia.

Recibido: 17 marzo Aprobado: 11 mayo 2012

## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar el efecto de la luz ultravioleta germicida sobre los microorganismos ambientales y las condiciones de climatización en los cuartos de la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Calderón Guardia.

**Materiales y métodos:** La Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Calderón Guardia posee catorce cuartos individuales, de los cuales se seleccionaron dos cuartos contiguos para realizar el estudio. En cada cuarto se colgó una lámpara de luz ultravioleta germicida protegida, a sesenta centímetros de la rejilla de entrada del aire acondicionado a la habitación en la parte superior y se utilizó un tercer cuarto como control. Se tomaron muestras dobles de medio de cultivo con placas de Petri para bacterias (agar sangre) y hongos (Agar Papa Dextrosa “APD”) antes de encender las lámparas de luz ultravioleta y 5 horas posterior a su encendido.

**Resultado:** Se encontraron concentraciones ambientales de flora aerobia total no aceptables para una Unidad de Cuidados Intensivos en los cuartos 1 y 3. El efecto de la lámpara de luz ultravioleta germicida fue absoluto sobre los hongos y no así sobre las bacterias, pero mejorando de manera significativa la calidad del aire de las salas, llevándolas a valores ambientales de limpio.

**Discusión:** La mejor forma de mantener las áreas donde se concentran pacientes vulnerables tan libre de microorganismos como se pueda será garantizando el buen funcionamiento de los sistemas de climatización, disponer de cierre hermético/automático de puertas, limitar el número de personas que entren al personal necesario, mantener los protocolos de limpieza y de lavado de manos, uso de lámparas de luz ultravioleta germicidas protegidas en las zonas donde exista un adecuado flujo del aire garantizando el paso de este a través de la luz y así alcanzar el máximo impacto.

**Palabras claves:** Rayos ultravioleta (UVGI), infección hospitalaria, cuidados Intensivos, Costa Rica (fuente: DeCS, BIREME)

## ABSTRACT:

**Objective:** To evaluate the germicidal effect of ultraviolet radiation on environmental microorganisms and on the environmental conditions of the Intensive Care Unit at the Calderón Guardia Hospital.

**Methods:** The Intensive Care Unit at the Calderon Guardia Hospital has fourteen single rooms; of which two adjacent rooms were selected for the study. In every room a protected germicidal UV lamp was hung, two feet from the air inlet of the air conditioner in the top of the room, and a third room was used as control. Duplicate samples were used as culture medium for bacteria using Petri dishes (blood agar) and fungi (potato dextrose agar “PDA”) before turning on the UV lamps and 5 hours after being turned on.

**Result:** Environmental concentrations of total aerobic flora were found to be not acceptable for an Intensive Care Unit in rooms 1 and 3. The use of ultraviolet germicidal lamp was totally effective for fungi but not on bacteria, but it significantly improved air quality of the rooms, reaching clean environmental values.

**Discussion:** The best way to keep vulnerable patient areas as free as possible from microorganisms is to assure the proper functioning of air conditioning systems, having an automatic and air-tight door-closing system, limiting the number of entering personnel, establishing and maintaining cleaning and hand-washing protocols, and using germicidal and protected ultraviolet lights, making sure that air flow is through these lamps, in order to achieve a maximum impact.

**Key Words:** Ultraviolet rays (UVGI), cross infections, Intensive Care, Costa Rica (source: MeSH, NLM)

Las infecciones hospitalarias, intrahospitalarias o nosocomiales pueden definirse como una infección contraída en el hospital en un paciente internado por una razón distinta a esa infección (1), o bien como una infección que se presenta en un paciente internado en un hospital o en otro establecimiento de atención de salud en quien la infección no se había manifestado ni estaba en periodo de incubación en el momento del internamiento. También, comprenden las infecciones contraídas en el hospital, pero manifiestas después del alta hospitalaria y las infecciones ocupacionales del personal del establecimiento (2).

Los agentes microbiológicos más frecuentemente asociados a este tipo de infecciones son las bacterias y los hongos. Los virus y parásitos se presentan esporádicamente. Los bacilos gram negativos aerobios constituyen la principal causa de infección y los cocos gram positivos le siguen en frecuencia. Entre los hongos, las levaduras tipo *Candida albicans* y las especies no *albicans* son las que lideran. En ciertos pacientes (trasplantados, oncológicos, diabéticos) los hongos filamentosos son los que causan infecciones con mayor frecuencia (3).

Los microorganismos son particularmente vulnerables a la luz ultravioleta a longitudes de onda cerca de los 254 nanómetros ya que esta representa la longitud de onda de absorción máxima de su molécula de ácido desoxirribonucleico. A nivel de una célula biológica los factores de la luz ultravioleta son absorbidos por los ácidos nucleicos que conducen a la formación de dímeros de Pirimidina y otros foto productos letales. La formación de dímeros de Pirimidina conduce a cambios en la estructura de doble hélice, la mutación de células y a su muerte (4).

Los efectos de las infecciones nosocomiales desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo se caracterizan por incrementos de la morbilidad, mortalidad, costos, estancias hospitalarias, ausentismo laboral y daño psicológico (3). Además, de ser un indicador en salud de los servicios prestados (Organización Panamericana de la Salud. Infecciones Hospitalarias-Legislación en América Latina. 2007).

Aproximadamente una cuarta parte de estas infecciones ocurren en pacientes ingresados en unidades de cuidados intensivos, aunque estas unidades no sean más que un 10 % de las camas hospitalarias (5). La neumonía asociada al ventilador es la infección más frecuente, siguiéndoles la infección del torrente sanguíneo, la infección del tracto urinario asociado mayormente a catéter urinario y la infección

del sitio quirúrgico (6).

Las tasas de prevalencia de infección son superiores en pacientes con mayor vulnerabilidad como por ejemplo: edad avanzada, enfermedad onco-hematológica, quimioterapia, inmunosupresión por VIH o tuberculosis, diabetes, insuficiencia renal, procedimientos terapéuticos y de diagnóstico como biopsias, exámenes endoscópicos, cauterización, intubación/ventilación mecánica y procedimientos quirúrgicos que afectan las defensas del huésped, ejerciendo una presión constante en las infecciones nosocomiales (Ducel G, et al. Organización Mundial de la Salud. Prevención de las Infecciones Nosocomiales-Guía práctica. 2003).

Las infecciones nosocomiales interrelacionan tres factores importantes: el agente etiológico, la transmisión y el huésped (7). Los microorganismos asociados a infecciones nosocomiales pueden proceder de fuentes endógenas o exógenas. Los asociados a fuentes endógenas se presentan en la flora normal del paciente, como en el caso del tracto gastrointestinal. La contaminación exógena es causada por el movimiento de microorganismos desde fuentes externas, como la flora normal residente en las manos y piel del personal de salud, el instrumental biomédico contaminado y el medio ambiente hospitalario o contraída de otra persona en el hospital (infección cruzada). El segundo elemento de la cadena lo constituye el huésped, los factores de importancia que influyen en la posibilidad de contraer una infección comprenden los de mayor vulnerabilidad, como se ha descrito anteriormente. Por último, el tercer elemento lo constituye el ambiente tanto animado como inanimado que ésta constituido por el propio entorno hospitalario, pacientes que tienen infección o son portadores de microorganismos patógenos, condiciones de hacinamiento, traslado frecuente de pacientes de una unidad a otra, equipos e instrumental para el diagnóstico y tratamiento, personal asistencial y concentración de pacientes vulnerables a infección contribuyen a la manifestación de infecciones nosocomiales. La flora microbiana puede contaminar objetos, dispositivos, materiales que ulteriormente entran en contacto con sitios vulnerables del cuerpo de los pacientes (Ducel G, et al. Organización Mundial de la Salud. Prevención de las Infecciones Nosocomiales-Guía práctica. 2003). Se pretende con el presente trabajo evaluar el efecto de la luz ultravioleta germicida sobre los microorganismos ambientales y las condiciones de climatización en los cuartos de la Unidad de Cuidados

Intensivos del Hospital Calderón Guardia.

## MATERIALES Y METODOS

La Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Calderón Guardia sita en el cuarto piso del edificio sur, para un área total de 465 metros cuadrados, con catorce cuartos individuales cada uno de 3,5 metros de largo x 3 metros de ancho x 3 metros de altura con su propio sistema de ventilación de alta eficacia (HEPA). Existe una estación central donde está ubicado el puesto de enfermería, la central de monitoreo y el área de preparación de medicamentos.

Se seleccionaron dos cuartos contiguos para realizar el estudio. En cada cuarto se colgó una lámpara de Luz Ultravioleta Germicida (UVGI) protegida, a sesenta centímetros de la rejilla de entrada del aire acondicionado a la habitación en la parte superior y se utilizó un tercer cuarto como control. La luz ultravioleta se dirigió hacia la rejilla con dos objetivos:

1- Inactivar cualquier microorganismo a la entrada a la habitación a través de la rejilla y tomando en cuenta la convección natural del aire y las renovaciones por hora en la habitación, purificar el medio ambiente.

2- Para evitar la exposición directa a la luz ultravioleta que es particularmente perjudicial, la lámpara se colocó de tal manera que no estuviese dirigida al personal ni pacientes.

Se tomaron muestras dobles de medio de cultivo con placas de Petri para bacterias (agar sangre) y hongos (Agar Papa Dextrosa "APD") antes de encender las lámparas de luz ultravioleta y 5 horas posterior a su encendido. Las muestras fueron tomadas a una altura de un metro cincuenta sobre el suelo con un aspirador de biocontaminantes marca Vacuo Metro Magnehelic®, a un volumen de aspiración entre 90-100 litros por minuto. Las placas de agar papa dextrosa acidificado fueron incubadas por cinco días a temperatura ambiente, las placas de agar sangre fueron incubadas a 35°C por 48 horas. El cálculo de las Unidades Formadoras de Colonias por Metro Cúbico (ufc/m<sup>3</sup>) se utilizó la siguiente fórmula: número de colonias x 1 000 (constante)/volumen de aire aspirado.

La radiación emitida por la lámpara de luz ultravioleta se determinó con un medidor de exposición a rayos ultravioleta estandarizado, por encima de la lámpara, por debajo y a nivel de la camilla del paciente. La velocidad de entrada del aire por la rejilla del ducto del aire acondicionado se determinó con un anemómetro

La-Crosse® modelo ea-1010u cn8v01(u).

La temperatura de superficie de la pared en la habitación se midió a tres niveles superior-medio e inferior con un termómetro infrarrojo de puntero laser Master Cool® modelo 52224-a.

La humedad relativa en la habitación se determinó con un dispositivo humidity/temperature pen modelo 445580 Extech Instruments®.

## RESULTADOS

En la tabla 1, se muestran las condiciones de climatización en los cuartos de la Unidad de Cuidados Intensivos y en la tabla 2, los resultados obtenidos antes y después del uso de la luz ultravioleta germicida sobre los microorganismos ambientales. La emisión de la luz por arriba de la lámpara fue de 1 400 uw/cm<sup>2</sup>/seg, por abajo de la misma y a nivel de la camilla del paciente fue de 0 uw/cm<sup>2</sup>/seg.

**Tabla 1. Condiciones de climatización en los cuartos**

Cuarto	Temperatura °C Pared tres niveles	Temperatura °C Cuarto	Humedad Relativa %	Velocidad del Aire m/s Rejilla
1	Superior 15,3	15,8	69,3	0,9
	Medio 15,1			
	Inferior 14,6			
2	16,8	15,9	68	0,8
	16,1			
	15,9			
3	20,4	17,8	67,5	0,3
	20,2			
	20,1			

Fuente: Elaboración propia con base en resultados.

**Tabla 2. Efecto de la luz ultravioleta germicida sobre la concentración de microorganismos ambientales/m<sup>3</sup>**

Cuarto	Antes de UVGI		Después de UVGI	
	Bacterias	Hongos	Bacterias	Hongos
1	220 ufc/m <sup>3</sup>	100 ufc/m <sup>3</sup>	215 ufc/m <sup>3</sup>	0 ufc/m <sup>3</sup>
2	120 ufc/m <sup>3</sup>	75 ufc/m <sup>3</sup>	115 ufc/m <sup>3</sup>	0 ufc/m <sup>3</sup>
3	420 ufc/m <sup>3</sup>	114 ufc/m <sup>3</sup>	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia con base en resultados.

## DISCUSIÓN

A nivel de climatización los parámetros de ventilación aceptados para estas áreas son de: temperatura 18-24 °C, humedad relativa 40-60 %, filtración de aire, presión diferencial positiva entre las salas y áreas adyacentes, un mínimo de 12 renovaciones

de aire/hora, toma del aire del exterior y si es por recirculación que un 20 % sea del exterior (*Cruceta Gloria. Verificación y validación de la calidad ambiental en áreas quirúrgicas. SEGLA, España 2007*). En nuestro estudio documentamos que las salas se encuentran con temperaturas por debajo y niveles de humedad por encima de lo recomendado así como flujo de aire acondicionado turbulento favoreciendo el crecimiento de microorganismos, situación prevenible con el uso de sistemas de monitorización local (idealmente digital) en el interior de los cuartos.

Los estándares microbiológicos del aire en medios hospitalarios para flora aerobia total son: <10 UFC/m<sup>3</sup> muy limpio, 10-100 UFC/m<sup>3</sup> limpio y de 100-200 UFC/m<sup>3</sup> aceptable (Hospital Poniente. Protocolo de verificación de bioseguridad ambiental de hongos oportunistas. 2008). El área del hospital en estudio y por el tipo de pacientes que tratamos deberíamos tener un ambiente limpio e idealmente muy limpio. En los análisis realizados se encontraron concentraciones ambientales de flora aerobia total no aceptables para una Unidad de Cuidados Intensivos en los cuartos 1,3 y limpio para el cuarto 2. El efecto de la lámpara de luz ultravioleta germicida fue absoluto sobre los hongos y no así sobre las bacterias, pero mejorando de manera significativa la calidad del aire de las salas, llevándolas a valores ambientales de limpio. El hecho de que el efecto no fue visto sobre las bacterias pero si en los hongos se explica en el tamaño propio de estos microorganismos, las esporas de hongos son grandes lo cual las hace más vulnerables a la luz ultravioleta, mientras que las bacterias, al igual que los virus, por su pequeño tamaño se necesita un mayor tiempo de exposición para conseguir el efecto germicida, una cuestión de tiempo de exposición directo para tener el efecto deseado. La ciencia no ha descubierto un microorganismo que sea resistente a los efectos de la radiación ultravioleta germicida. La eficacia de esta depende de: nivel/duración de radiación, tamaño/dimensiones de la sala, flujo de aire, porcentaje de humedad relativa y ubicación de la lámpara (*Dreiling JB. An Evaluation of Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) Technology in Health Care Facilities. Kansas State University 2008*). Dentro de las bacterias *Mycobacterium tuberculosis* se utiliza con frecuencia para evaluar la efectividad de la radiación ultravioleta germicida. En un estudio realizado en el Hospital Dos de Mayo en Perú, la radiación ultravioleta germicida disminuyó

la transmisión intrahospitalaria de tuberculosis en un 72 % (*Escombe, et al. Evaluación operativa de dos estrategias de prevención de transmisión intrahospitalaria de tuberculosis. Hospital Nacional Dos de Mayo, Perú. 2002*).

Se puede concluir que la mejor forma de mantener las áreas donde se concentran pacientes vulnerables tan libre de microorganismos como se pueda será garantizando el buen funcionamiento de los sistemas de climatización, disponer de cierre hermético/automático de puertas, limitar el número de personas que entran al personal necesario, mantener los protocolos de limpieza y de lavado de manos, uso de lámparas de luz ultravioleta germicidas protegidas en las zonas donde exista un adecuado flujo del aire garantizando el paso de este a través de la luz y así alcanzar el máximo impacto.

## AGRADECIMIENTOS

Equipo de salud de la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Calderón Guardia y a Bioagricola UW Tres S.A. con la tecnología y el aporte de los equipos UV desarrollados en Costa Rica, así como los equipos de medición y monitoreo.

## REFERENCIA

1. Mayon-White, Ducl G, Kereselidze T, Tikomirov E. An international survey of the prevalence of Hospital-acquired infection. *J Hosp Infect*, 1988; 11(suppl A):43-48.
2. Emmerson AM, Enstone JE, Griffin M, Kelsey C, Smyth ETM. The Second National Prevalence Survey of Infection in Hospital-overview of the result. *J Hosp Infect*, 1996; 32:175-190.
3. Ponde de Leon L. Infecciones Nosocomiales. *Diagnóstico*, 2009; 48:1-7.
4. Howar B, Keiser J, Smith T, Weisfeld A, Tilton R. *Clinical and Pathogenic Microbiology. Mosby year book. St. Louis: 1994; 83-99.*
5. Eggimann P, Pittet D. *Infection Control in the UCI. Chest. 2001; 120(6):2059-93.*
6. Nodarse R. *Visión Actualizada de las Infecciones Intrahospitalarias. Rev Cubana Med Milit. 2002; 3(3):201-208.*
7. Bennet J, Brachman P. *Epidemiology of Nosocomial Infections. 4th ed., Lippincott Raven, Philadelphia, 1998.*