



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ

T E S I S

COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE DESINFECCIÓN CON LUZ UV-C CONTRA
LA DESINFECCIÓN HABITUAL EN SUPERFICIES AMBIENTALES
HOSPITALARIAS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN:

PEDIATRÍA

P R E S E N T A



DRA. LUISA MARIANA GUERRERO ESCUDERO

TUTORA: DRA. DANIELA DE LA ROSA ZAMBONI



Ciudad de México, febrero 2020





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dr. Sarbelio Moreno Espinosa
Director de Enseñanza y Desarrollo Académico



Dra. Daniela de la Rosa Zamboni
Jefa del Departamento de Epidemiología



Dra. Almudena Laris González
Médico Adscrito del Departamento de
Epidemiología

Dedicatoria

A mi abuelo, Félix Humberto Escudero Lemus, ya que gracias pude realizar mi sueño de estudiar medicina, y concluir mis estudios. Por su gran ejemplo de esfuerzo diario para lograr lo que uno quiere.

A mi familia, papás, hermanos y tías que me han apoyado en este largo camino.

A los pacientes del Hospital Infantil de México Federico Gómez que sin lugar a duda son los mejores maestros tanto de medicina como de vida que uno puede tener.

A mis residentes tanto de menor como de mayor jerarquía que me han impulsado a ser mejor residente y persona.

A los doctores que me han guiado en este camino, con enseñanza, tanto académica como práctica, por el ejemplo que dan, el entusiasmo de hacer lo que mas les gusta y hacer lo de la mejor forma posible. Por ese afán de contagiar el no dar el mínimo esfuerzo, en ver que las cosas siempre se pueden mejorar y siempre se puede hacer algo mas en beneficio de los pacientes.

A los jefes de residentes de los primeros 2 años y del año en curso, ya que siempre han buscado la forma de como apoyarnos e implementan el amor y orgullo por este instituto.

Índice

| | |
|------------------------------------|-----------|
| • Antecedentes | 5-9. |
| • Marco teórico | 10,11. |
| • Planteamiento del problema | 12. |
| • Pregunta de investigación | 13. |
| • Justificación | 14. |
| • Objetivos | 15. |
| • Método | 16,17,18. |
| • Plan de análisis | 19-20. |
| • Descripción de variables | 21-22. |
| • Resultados | 23-24,25. |
| • Discusión | 26,27. |
| • Conclusión | 28. |
| • Limitaciones del estudio..... | 29. |
| • Cronograma de actividades | 30. |
| • Referencias bibliográficas | 31,32,33. |
| • Anexos..... | 34,35. |

Antecedentes

Las infecciones asociadas al cuidado de la salud (IACS) constituyen un problema de salud pública, considerándose una epidemia de magnitud similar a paludismo, VIH y tuberculosis juntas. En países desarrollados, ocurren entre 4 y 10 infecciones por cada 100 egresos, y se estima que en los países de bajos recursos el problema es mayor, reportándose cifras de entre 10 y 20 por cada 100 egresos. Las IACS son más frecuentes en las unidades de cuidados intensivos, afectando en ocasiones a más de una tercera parte de los pacientes (30, 31, 32).

Las IACS incrementan significativamente la mortalidad, ocasionando un aproximado de 75,000 muertes anuales tan sólo en Estados Unidos de América (EUA). Además implican una carga económica alta, estimándose un costo de entre 13 y 24 billones de euros anuales en Europa y 6.5 billones de dólares en EUA (33,34,35).

La contaminación de las superficies ambientales en los hospitales juega un papel importante en la transmisión de los patógenos causantes de IACS, incluyendo *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina (SARM), *Enterococcus* resistente a vancomicina (ERV), *Acinetobacter*, *Clostridium difficile* y *Norovirus* (36, 37, 39). Todos estos patógenos son capaces de persistir en el ambiente por horas a días, en ocasiones memes, contaminar las superficies y equipo médico, colonizar de manera transitoria las manos del personal de salud y ser transmitidas de persona a persona por estas vías (36,38). Por otro lado, *Norovirus* y *C. difficile* se caracterizan por su baja dosis infectante y su resistencia a antisépticos y desinfectantes (39).

El origen de los patógenos causantes de IACS es diverso. De acuerdo con un estudio del siglo pasado, aproximadamente el 40-60% de los patógenos procede de la flora endógena del paciente, un 20-40% de las manos del personal médico, un 20-25% de cambios de flora endógena inducidos por el uso de antibióticos, y un 20% procede de otras fuentes, el ambiente entre ellas (32). Aunque pudiera parecer que la contribución del ambiente en la génesis de IACS es relativamente pobre, estudios recientes han implicado cada vez más al ambiente como una fuente importante de patógenos causantes de IACS (33-37).

La evidencia se resume en los siguientes puntos (38,39):

- El cuarto de un paciente colonizado o infectado se halla frecuentemente contaminado por el mismo patógeno.
- El ingreso de un nuevo paciente a dicho cuarto supone un riesgo incrementado de colonización o infección con el mismo patógeno.
- La mejoría de la limpieza y desinfección terminal de los cuartos se asocia a reducción de las tasas de IACS.
- El uso de desinfectantes en lugar de detergentes se asocia con reducción de las tasas de IACS.
- La desinfección diaria de los cuartos reduce la contaminación del personal de salud con patógenos.

La desinfección terminal optimizada mediante estrategias de “no contacto” se asocia con una tasa menor de IACS en pacientes ingresados a cuartos previamente ocupados por pacientes colonizados o infectados con patógenos.

La contaminación del ambiente no solamente presupone un riesgo directo para el paciente. Se ha determinado que el contacto con el ambiente del paciente es un factor tan importante como el contacto directo con el paciente para la contaminación de manos y guantes del personal de

salud. Posteriormente, el personal de salud actúa como un vector para la transmisión de esos mismos patógenos a otros pacientes a través de sus manos. (40,41).

Por la evidencia mencionada, últimamente se ha generado un interés enfocado al desarrollo de tecnologías de limpieza y desinfección optimizadas.

La correcta descontaminación del ambiente hospitalario depende de la correcta aplicación de dos procedimientos en orden sucesivo: la limpieza en primer lugar, y la desinfección en segundo lugar.

La limpieza es la eliminación del material orgánico e inorgánico visible de objetos y superficies, normalmente se realiza mecánicamente usando agua con detergentes o productos enzimáticos. La limpieza a fondo es esencial antes de la desinfección, porque los materiales inorgánicos y orgánicos que permanecen en las superficies interfieren con la eficacia de los desinfectantes. (1).

La desinfección es un proceso que elimina la mayoría de los microorganismos patógenos a excepción de las esporas bacterianas en objetos inanimados. Los factores que afectan la eficacia de la desinfección incluyen la limpieza previa del objeto; carga orgánica e inorgánica presente; tipo y nivel de contaminación microbiana; concentración y tiempo de exposición al germicida; naturaleza física del objeto, presencia de biofilms, temperatura y pH del proceso de desinfección. (2, 3, 4).

La esterilización, a diferencia de la desinfección, es esporicida. Sin embargo, algunos desinfectantes matan esporas con tiempos de exposición prolongados (3-12 horas) y son llamados esterilizantes químicos.

Los hipocloritos, el más ampliamente utilizado de los desinfectantes de cloro, están disponibles como líquido (por ejemplo, hipoclorito de sodio). Los productos de cloro más frecuentes en los Estados Unidos son soluciones acuosas de hipoclorito de sodio al 5.25%-6.15%, usualmente llamados cloro doméstico. Tienen un amplio espectro de actividad antimicrobiana, no dejan residuos tóxicos, son económicos y de acción rápida (5), eliminan los organismos secos o fijos y las biopelículas de las superficies (6) y tienen una baja incidencia de toxicidad grave (7-9). El hipoclorito de sodio a la concentración utilizada en el cloro doméstico puede producir irritación ocular o quemaduras orofaríngeas, esofágicas y gástricas (10-14).

La actividad microbicida del cloro se atribuye en gran medida al ácido hipocloroso no disociado (HOCl). La disociación de HOCl a la forma menos microbicida (hipoclorito ion OCl-) depende del pH. La eficacia desinfectante del cloro disminuye con un aumento del pH que es paralelo a la conversión del HOCl no disociado en OCl- (15,16).

El mecanismo exacto por el cual el cloro libre destruye los microorganismos no ha sido aclarado. La inactivación por cloro puede resultar de una serie de factores: oxidación de enzimas sulfhidrilas y aminoácidos; cloración en anillo de aminoácidos; pérdida de contenido intracelular; disminución de la absorción de nutrientes; inhibición de la síntesis de proteínas; disminución de la absorción de oxígeno; oxidación de componentes respiratorios; disminución de la producción de trifosfato de adenosina; interrupciones en el ADN; y síntesis de ADN deprimida. El mecanismo microbicida real del cloro podría implicar una combinación de estos factores o el efecto del cloro en sitios críticos (15, 17).

Las concentraciones bajas de cloro disponible tienen un efecto biocida sobre el *Mycoplasma* (25 ppm) y bacterias vegetativas (<5 ppm) en segundos en ausencia de una carga orgánica (15, 18). Se requieren concentraciones más altas de cloro (1,000 ppm) para matar a *M. tuberculosis* utilizando la prueba tuberculocida (19). Una concentración de 100 ppm matará $\geq 99,9\%$ de las esporas de *B. atrophaeus* en 5 minutos (20,21) y destruirá los agentes micóticos en menos de una hora (10). El cloro acidificado y el cloro regular (5,000 ppm de cloro) pueden inactivar 106 esporas de *Clostridium difficile* en menor o igual a 10 minutos (22). Un estudio informó que 25 virus diferentes se inactivaron en 10 minutos con 200 ppm de cloro disponible (25). Varios estudios han demostrado la eficacia del hipoclorito sódico diluido y otros desinfectantes para inactivar el VIH (24). El cloro (500 ppm) mostró inhibición de *Candida* spp después de 30 segundos de exposición (30). En otros experimentos, 100 ppm de cloro libre mataron *S. aureus*, *Salmonella choleraesuis* y *P. aeruginosa* en menos de 10 minutos (26). Debido a que el cloro doméstico contiene 5.25% -6.15% de hipoclorito de sodio, o expresado de otra forma, 52,500-61,500 ppm de cloro disponible, una dilución de 1:1,000 proporciona aproximadamente 53-62 ppm de cloro y una dilución 1:10 de cloro doméstico proporciona aproximadamente 5250-6150 ppm de cloro.

La desinfección es un procedimiento enfocado a la reducción de las cuentas bacterianas presentes sobre las superficies del ambiente hospitalario. Esto puede lograrse actualmente a través del uso de dos tipos de productos: los químicos y los físicos. Los primeros son los más utilizados; el cloro es el mayor representante, aunque el uso de peróxido de hidrógeno ha ganado aceptación los últimos años. El mayor representante de los productos físicos es la luz ultravioleta. Finalmente, aunque aún bajo investigación y por ende no ampliamente usados, superficies con propiedades bactericidas inherentes como el cobre, o con texturas modificadas que resisten la formación de biopelículas han sido creados por ingeniería de superficies, y muestran a futuro potencial para ser empleados a mayor escala (39).

Los enfoques estándar para la limpieza del medio ambiente pueden ser inefectivos para eliminar la contaminación ambiental en las habitaciones de hospital (31,56,57). Muchos complementos a los métodos estándar de limpieza ambiental han sido descritos en la literatura y están en el mercado para uso. Uno de estos métodos adjuntos es el uso de radiación ultravioleta (UV). Los emisores de luz ultravioleta C (UV-C) son dispositivos automáticos que usan UV-C (rango de 254 nm) para desinfectar superficies; algunos dispositivos pueden medir la reflexión UV de superficies planas para calcular el tiempo de entrega de la dosis programada. Una persona capacitada opera el dispositivo a través de un mando a distancia desde el exterior de la habitación. (58-61).

La Radiación ultravioleta tiene una longitud de onda de la radiación UV varía de 328 nm a 210 nm (3280 Å a 2100 Å). Su efecto bactericida máximo ocurre a 240-280 nm. La acción biocida del espectro de UVC es atribuida a la dimerización de los componentes de pirimidina del ADN. (65) La radiación UV se ha empleado en la desinfección de agua potable, aire, implantes de titanio y lentes de contacto (52-54). Las bacterias y los virus son más fácilmente muertos por la luz UV que las esporas bacterianas (52). La radiación UV tiene varias aplicaciones potenciales, pero su eficacia y uso germicida está influenciada por la materia orgánica; longitud de onda; tipo de suspensión; temperatura; tipo de microorganismo; y la intensidad UV, que se ve afectada por distancia (55). La aplicación de la radiación UV en el entorno de la salud (por ejemplo, quirófanos, salas de aislamiento y gabinetes de seguridad biológica) está limitada a la destrucción de organismos en el aire o a la inactivación de microorganismos en las superficies.

Katie Penno et al. publicaron en el 2017 un estudio en donde compararon efectividad de UV-C con la desinfección terminal habitual en 2 fases. La fase 1 incluyó cultivos de 11 superficies ambientales de alto contacto después de la desinfección terminal de la sala y después del uso de un dispositivo emisor de UV-C. La fase 2 incluía cultivos antes de la desinfección de la sala terminal, después de la desinfección habitual y después de utilizar rayos UV. Se compararon las unidades formadoras de colonias entre los grupos. Las pruebas de proporción de dos muestras mostraron la significancia de las diferencias observadas en las proporciones de superficies de alto contacto completamente limpias ($p=0.004$). (58-61),

Se muestrearon 594 superficies de alto contacto de 22 habitaciones. En la fase 1, la media de UFC disminuyó de 10.98 (IC 95%, 3.57 a 18.39) después de la desinfección a 1.07 (IC 95%, -0,88 a 3,02) después de uso de rayos UV. En la fase 2 (desinfección terminal observada), la UFC media disminuyó de 28.91 (IC 95%, 18,26 a 39,55) previo a desinfección a 1.62 (IC 95%, 0.52 a 2.72) después de desinfección. La cuenta de UFC se redujo todavía más a 0.51 (95% IC, 0 a 0.15) después de uso de rayos UV. El número total de UFC detectadas en las placas de cultivo de todos los sitios ambientales muestreados durante el estudio disminuyó de 1,509 en el grupo después de desinfección habitual a 137 después del uso del dispositivo UV-C (reducción de 1.04 log₁₀, $p<0.01$). (58-61)

Anderson et al llevaron a cabo un ensayo clínico aleatorizado multicéntrico con diseño cruzado en 9 hospitales en el que evaluaron 4 estrategias de desinfección terminal de las habitaciones: desinfección estándar con amonio cuaternario (grupo A), amonio cuaternario + luz UV-C (grupo B), desinfección con cloro (grupo C), y cloro + luz UV-C (grupo D). Se consideró como “pacientes expuestos” a aquellos que ingresaron a una habitación previamente ocupada por un paciente infectado o colonizado por SAMR, EVR, *Acinetobacter spp* multidrogorresistente o *C. difficile* y se dio seguimiento a dichos pacientes para detectar IACS. La incidencia de infección por los microorganismos ya descritos fue 37% menor en el grupo B ($p=0.03$) y 32% menor en el grupo D ($p=0.01$) en comparación con el grupo A (36).

La radiación UV-C ha demostrado su efectividad para disminuir significativamente la contaminación de superficies con bacterias multidrogorresistentes, incluyendo SARM, ERV, *Acinetobacter baumannii* multidrogorresistente y enterobacterias resistentes a carbapenémicos. Empleando superficies previamente contaminadas con un inóculo $>4\text{-log}_{10}$ de cada uno de dichos microorganismos, se ha logrado una reducción en tres órdenes de magnitud (3-log_{10}) tras una exposición de 5 a 25 minutos a los rayos UV-C (47-50). Todos estos microorganismos tienen una gran relevancia en las infecciones asociadas a la atención a la salud, dado su impacto en la morbilidad y mortalidad de los pacientes y los retos que implica su tratamiento y erradicación.

La luz UV también es efectiva contra las esporas de *Clostridium difficile*, sin embargo, su eliminación requiere una dosis mayor, lográndose una disminución de 99.8% de las esporas en placas previamente inoculadas, tras la exposición por 50 minutos a rayos UV-C (47).

Sin embargo, la intensidad de la radiación y la efectividad antimicrobiana varían dependiendo del tiempo de exposición, la distancia y posición de las superficies con respecto al dispositivo de rayos UV-C. Boyce et al. estudiaron el impacto de la distancia y la orientación de objetos inoculados con microorganismos con respecto a la fuente de rayos UV-C, concluyendo que la dosis y el efecto antimicrobiano variaban notablemente (32). Por lo tanto, la utilidad de esta tecnología podría variar dependiendo de la disposición de las habitaciones, es necesario un correcto empleo y posición de la fuente de rayos UV-C (requiriendo con frecuencia realizar varios ciclos en distintas posiciones) para optimizar su efectividad en la descontaminación ambiental.

Además de los estudios llevados a cabo empleando superficies previamente contaminadas con un inóculo bacteriano, se ha evaluado la eficacia de los sistemas de luz UV-C para la descontaminación de habitaciones tras el egreso de pacientes colonizados o infectados por microorganismos multidrogosresistentes, incluyendo SARM, ERV, *Acinetobacter baumannii* y *Clostridium difficile*. Los tiempos de exposición empleados fueron de 10 a 25 minutos para bacterias vegetativas y de 10 a 45 minutos para *Clostridium difficile*, con lo que se logró una reducción de 2-log_{10} en todos los casos. (62-64).

Pocos estudios han comparado la efectividad de distintos sistemas de "no contacto" para la descontaminación ambiental contra la desinfección. Nerandzic et al. compararon la efectividad de un dispositivo de xenon pulsado con el empleo de rayos UV-C empleando superficies de vidrio inoculadas con SARM, ERV y esporas de *C. difficile* y expuestas a la luz UV durante 10 minutos a 4 pies de distancia en cada caso. El sistema UV-C logró una reducción significativamente mayor en la cuenta de UFC en comparación con el xenon pulsado. (51).

Los sistemas de "no contacto", como se ha descrito, son útiles para disminuir de manera significativa la contaminación ambiental por microorganismos multidrogosresistentes, deben ser vistos como métodos adyuvantes, complementarios a la limpieza adecuada de las áreas de hospitalización y al resto de medidas de control de infecciones, particularmente la higiene de manos que previene la contaminación cruzada entre los pacientes y su entorno (39, 45, 46).

Marco teórico

Desde la antigüedad se le otorga al sol una fuerza curativa. Pero sólo a partir del año 1878, los científicos Arthur Downes y Thomas P. Blunt descubrieron que los microorganismos dejaban de multiplicarse al ser sometidos a una intensa radiación solar. Tras este descubrimiento, aún se tardaría algo más de tiempo en descubrir una dependencia específica de la longitud de onda con un máximo de reacción para el rango de 250 a 270 nm, una parte de la radiación UV de la banda C de onda corta (UVC). (29)

La estructura en doble hélice del ADN se basa en una pareja de bases de purina y pirimidina. Estas parejas de bases son en realidad portadoras de información del ADN y se distingue cuatro bases: adenina, timina, guanina y citosina. La investigación llevada a cabo en los siguientes años permitió averiguar que la radiación UVC de onda, causa principalmente en las timinas, un efecto fotoquímico. Estas se dimerizan, se encadenan o adhieren dos portadoras de energía adyacentes. Mediante esta modificación molecular, el ADN se convierte de hecho en algo inutilizable para el proceso biológico esencial de la transcripción y la replicación. Una célula que reciba un daño suficiente morirá como última consecuencia. (27,28).

El funcionamiento inhibitorio de la tecnología UVC, es la principal diferencia que la distingue del procedimiento de desinfección química, generalmente oxidativa. Este es el motivo principal por el que queda descartada la formación de resistencia causada por una mutación. (27,28)

La eficacia de un método de desinfección basado en radiación UVC está directamente relacionada con la dosis aplicada (= tiempo x energía irradiada/superficie). Altas intensidades durante un breve período de tiempo o bajas intensidades durante un período de tiempo prolongado son prácticamente intercambiables y casi equivalentes en cuanto a eficacia de la desinfección. La dosis como magnitud determinante se indica en $\mu\text{W}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ y, con frecuencia también en J/m^2 . (27)

Como norma general se aplica lo siguiente: cuanto más simple esté estructurado el microorganismo, menos problemático será inactivarlo mediante la radiación UV. Por tanto, los virus o bacterias se pueden destruir mucho más fácilmente que los microorganismos complejos, como las levaduras y hongos vegetativos. Las esporas de hongos, cuyo ADN está protegido, entre otros medios, mediante una pared celular pigmentada y un citoplasma concentrado, son muy difíciles de combatir con esta técnica.(27)

La radiación ultravioleta (UV) es una energía de onda corta y pertenece al grupo de radiación óptica. Por tanto, esta radiación se puede redireccionar, desviar, romper y reflejar. No obstante, permanecen invisibles para el ojo humano. En el rango de 260 nm, la radiación UV actúa como un potente exterminador de gérmenes.

La denominación "ultravioleta" (en el sentido de "más allá del violeta") se basa en el hecho de que el espectro de radiación UV comienza con unas longitudes de onda más cortas que las longitudes de onda que el ser humano es capaz de reconocer como color azul violeta.

Los rayos UV se subdividen en tres rangos de longitudes:

UV-A (onda larga): 400 - 315 nm

UV-B (onda media): 315 - 280 nm

UV-C (onda corta): 280 - 100 nm

La radiación UVC es una radiación de onda más corta y energética que la radiación UVA y UVB. Comprende la mayor parte del rango de radiación UV y posee un potente efecto esterilizador. Como las longitudes de onda visibles de la luz, la radiación UVC avanza en dirección rectilínea y disminuye en intensidad al alejarse de la fuente. (29)

Los aparatos que irradian luz UV-C son empleados para la descontaminación terminal una vez que el paciente ha sido egresado de su cuarto. Estos aparatos emiten luz UV-C continua o pulsada en el espectro de 200-270 nm de longitud de onda, cuya propiedad principal es actuar como germicida al provocar la ruptura de ADN (4). La eficacia está en función de diversas variables: carga orgánica, tipo de microorganismo, intensidad, tiempo de exposición, distancia, ubicación del aparato en el cuarto, tamaño y forma del cuarto, superficie del cuarto, dirección de la onda y patrones de movimiento del aire dentro del cuarto(38,42).

La reducción de la carga orgánica, como se mencionó anteriormente, está en función directa del adecuado procedimiento de limpieza que antecede a la descontaminación. La intensidad requerida para la reducción de las cuentas de bacterias vegetativas es de 12,000 $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$ y para esporas es de 22,000-36,000 $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$, típicamente alcanzadas en el rango de longitudes de onda que emite el aparato. El tiempo de exposición es variable, desde 10-25 minutos para bacterias en estado vegetativo hasta 10-45 minutos para eliminar esporas de *C. difficile* (39). La distancia y demás variables del cuarto son controladas para cada circunstancia particular mediante el programado del equipo; cada cuarto debe ser estudiado antes de iniciar los ciclos con la finalidad de garantizar la adecuada exposición de todas las superficies contaminadas. Teniendo el cuidado para la adecuada selección de todos los parámetros es posible lograr una reducción mayor de 2 log₁₀ de forma consistente para todos los microorganismos, y hasta del doble en algunos casos (39,43,44).

Planteamiento del problema

Las IACS son responsables de un aumento significativo en la morbimortalidad de los pacientes atendidos en instituciones sanitarias. Así mismo, prolongan la estancia hospitalaria y aumentan los costos. Además, las superficies en los hospitales frecuentemente están contaminadas por microorganismos resistentes a antibióticos que pueden generar IACS difíciles de tratar.

Los hospitales que proponen el presente estudio enfrentan una serie de retos para lograr una desinfección ambiental óptima: recursos materiales limitados, personal de limpieza limitado y sujeto a recambio constante, poca aceptabilidad de los desinfectantes químicos por parte del personal de limpieza, y gran ocupación hospitalaria con rápido recambio de pacientes. Lo que ha obligado a buscar nuevas tecnologías de desinfección que sean más fáciles y rápidas de aplicar, que requieran pocos consumibles y mínimo mantenimiento, que sean aceptables y seguros para el personal de limpieza y los pacientes, que supongan necesidad de capacitación mínima y que mantengan al mismo tiempo la eficacia de los procesos de desinfección actualmente empleados a un costo igual o menor. En este sentido, consideramos que los dispositivos emisores de luz UV-C pueden cumplir con el perfil de tecnología de desinfección que se busca.

Por otro lado, la luz UV-C siempre ha sido usada de forma aditiva a otros desinfectantes químicos, pero no ha sido estudiado como estrategia de desinfección individual comparado contra los desinfectantes habitualmente empleados.

Pregunta de investigación

¿El uso de rayos UV-C con o sin cloro previo logra reducir la cuenta bacteriana en superficies ambientales de alto contacto de 4 hospitales de la Ciudad de México comparado contra el método de desinfección terminal habitual?

¿Cómo se compara el uso de rayos UV-C contra la desinfección habitual en termino de tiempo?

¿Cómo se compara el uso de rayos UV-C contra la desinfección habitual en termino de recursos?

Justificación

El papel de las superficies del ambiente hospitalario como fuente de patógenos causantes de IACS hace necesario encontrar alternativas para lograr una disminución en la contaminación microbiana de las mismas, con el fin de reducir las IACS.

Las superficies ambientales contaminadas dentro del hospital constituyen un reservorio importante de patógenos que pueden ser transmitidos a pacientes susceptibles.

La descontaminación con luz UV-C como parte de la estrategia de desinfección posterior a la limpieza ha demostrado ser eficaz y segura en países desarrollados, aunque hasta el momento no ha sido probada en nuestro país ni ha sido comparada contra la desinfección con cloro, que es el estándar empleado en los cuatro hospitales del presente estudio.

Objetivos

Objetivo principal:

Determinar la eficacia de dos protocolos de desinfección terminal con luz UV-C comparada con el protocolo de desinfección terminal habitual para la reducción de cuentas bacterianas en superficies ambientales de alto contacto en cuartos hospitalarios de 4 hospitales de la Ciudad de México.

Objetivo secundario:

Evaluar la eficacia de los protocolos de limpieza (previo al uso de desinfectantes) para la reducción de la contaminación bacteriana de superficies de alto contacto en el Hospital Infantil de México Federico Gómez.

Medir el tiempo utilizado en cada protocolo de desinfección.

Cuantificar los recursos materiales y el capital humano de los tres protocolos de desinfección.

Metodo

Estudio experimental, multicéntrico en el cual participaron 4 hospitales de la Ciudad de México, Hospital Infantil de México Federico Gómez, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, Instituto Nacional de Cancerología, Centro Médico ABC, (tres del sector público y uno del sector privado), de los cuales se eligieron habitaciones aisladas, sin preferencia alguna de tipo de paciente antes hospitalizados, para probar la eficacia de una intervención epidemiológica: uso de luz UV-C para la descontaminación terminal de cuartos hospitalarios.

Procedimientos:

1. El servicio de Epidemiología Hospitalaria de cada hospital fue el responsable de detectar los cuartos candidatos a protocolo. Fueron 2 cuartos desocupados de pacientes, cerrados en su totalidad y sin permitir el paso de luz UV-C al exterior. Fueron incluidos cuartos individuales que alojaron pacientes con o sin patógenos resistentes y que sean motivo de limpieza y desinfección terminal antes de la admisión del siguiente paciente.
2. El servicio de Epidemiología Hospitalaria de cada centro solicitó permiso al encargado de la asignación de cuartos para efectuar el protocolo.
3. Los protocolos de comparación fueron conformados de la siguiente manera:
 - a) Protocolo A1: limpieza seguida de desinfección con cloro.
 - b) Protocolo A2: limpieza seguida de desinfección con cloro, seguida de desinfección con luz UV-C.
 - c) Protocolo B: limpieza seguida de desinfección con luz UV-C.
4. Cada centro eligió 2 cuartos que fueron sometidos a estudio:
 - a) Cuarto tipo 1: protocolo A1 + A2 (es decir, limpieza, cloro y UV-C).
 - b) Cuarto tipo 2: protocolo B (es decir, limpieza y UV-C).
5. En cada uno de los protocolos el personal de limpieza estuvo cegado a las maniobras experimentales. Se solicitó al personal de limpieza que efectuara la limpieza y la desinfección habitual con cloro con una concentración de 5000 a 500 ppm de acuerdo al protocolo establecido en cada centro hospitalario (la desinfección con cloro sólo se llevó a cabo en el cuarto tipo 1). Y se aplicaron 2 ciclos con Rayos UV-C (UVDI V-360° TM) por personal externo capacitado (2 ciclos de 5 minutos, con una distancia máxima de 2.4m de superficies de interés).
6. Sitios de muestreo: se tomaron muestras de barandal (derecho e izquierdo), colchón y mesa. Ver diagrama de toma de muestras más adelante para procedimiento de muestreo. (Anexo 1.1)
7. La secuencia de muestreo fue la siguiente:
 - a) Para el cuarto tipo 1 se tomaron muestras de barandal (derecho e izquierdo), colchón y mesa en 5 momentos:
 - i. Antes de la limpieza.
 - ii. Después de la limpieza y antes de la desinfección con cloro.
 - iii. Después de la desinfección con cloro y antes de la desinfección con UV-C.
 - iv. Después de la desinfección con UV-C primer ciclo.
 - v. Después del segundo ciclo con UV-C.

Al finalizar se habrán tomado 20 muestras en total por centro hospitalario, 80 muestras en total.

- b) Para el cuarto tipo 2 se tomaron muestras de barandal (derecho e izquierdo), colchón y mesa en 4 momentos:
 - i. Antes de la limpieza.
 - ii. Después de la limpieza y antes de los Rayos UV-C.
 - iii. Después del primer ciclo con Rayos UV-C.
 - iv. Después del segundo ciclo con Rayos UV-C.

Al finalizar se habrán tomado 16 muestras por cuarto, 64 muestras en total.

Con un total de ambos cuartos de 144 muestras de los 4 centro hospitalarios.

8. La toma de muestra secuencial no se repitió en el lugar exacto del muestreo previo sino que se realizó en un sitio contiguo para evitar resultados falsos negativos.

9. Las muestras se enviaron al laboratorio clínico del centro después de ser tomadas. Se usaron placas BD BBLTM RODAC™ para muestrear colchones y mesas, e hisopos para muestrear barandales de cama. Los hisopos se inocularon al igual en placas. Ambos tipos de placas se incubaron y se leyeron. Cuando el recuento de UFC excedió el umbral de lectura máximo de 1000 CFU, se asignó un valor de 1000 UFC. Se solicitó la lectura de la totalidad de unidades formadoras de colonias de cualquier microorganismo presente en la placa, sin restricción por género ni especie. No se solicitó identificación por especie ni susceptibilidad con fines de este estudio piloto.

10. Se dió aviso al responsable de asignación de camas al término del experimento. Los cuartos tipo 2 se sometieron a desinfección habitual al terminar el experimento y antes de admitir al siguiente paciente, de acuerdo con las políticas de cada centro hospitalario.

Objetivos secundarios:

1. Se tomó tiempo de cada uno de los protocolos de desinfección únicamente en el Hospital Infantil de México Federico Gómez:

a. Cuarto tipo 1: se tomó nota de la hora de inicio y término de la desinfección con cloro, y la hora de inicio y término de la desinfección con luz UV-C.

b. Cuarto tipo 2: se tomó nota de la hora de inicio y término de la desinfección con luz UV-C.

2. Recursos materiales empleados para cada uno de los protocolos de desinfección únicamente en el Hospital Infantil de México Federico Gómez:

Se tomó nota de la cantidad usada de diferentes materiales para la desinfección del cuarto: trapos, microfibras, paños, esponjas, cloro, cubetas, atomizadores, equipo de protección personal (batas, guantes, goggles, cubrebocas, etc.).

3. Recursos humanos empleados para cada uno de los protocolos de desinfección únicamente en el Hospital Infantil de México Federico Gómez:

a. Cuarto tipo 1: se tomó nota de las personas empleadas en la desinfección del cuarto con cloro.

b. Cuarto tipo 2: se tomó nota de las personas empleadas en la desinfección del cuarto con UV-C.

Plan de análisis

Se empleó una hoja diseñada (Dibujo 1.0) expresamente para recabar los siguientes datos en tiempo real: hospital, fecha, programación del ciclo, número de ciclos, duración de cada ciclo e identificadores de cultivos tomados.

Una vez recolectados los resultados de unidades formadoras de colonias se graficaron y se reportaron las medianas de UFC comparando cada momento de intervención de los sitios muestreados.

Se reportaron la media, promedio y desviación estándar de UFCs antes y después del tratamiento con UVC.

Se describieron dos tipos de datos: las cuentas bacterianas absolutas obtenidas de cada sitio de muestreo en cada tiempo de medición, y las deltas (o cambios en las cuentas bacterianas) por cada sitio de muestreo en cada tiempo de medición.

Para el primer caso se emplearon medias y desviaciones estándar.

Para el cálculo de las deltas se obtuvieron las medias de las cuentas bacterianas por sitios de muestreo, en los siguientes puntos de tiempo:

1. Protocolo A1: término de limpieza y término de desinfección con cloro.
2. Protocolo A2: término de limpieza, término de desinfección con cloro y término de desinfección con luz UV-C.
3. Protocolo B: término de limpieza y término de desinfección con luz UV-C.

Las deltas fueron calculadas mediante la siguiente fórmula:

Delta= media pre – media post

Así, para cada protocolo se reportarán las siguientes deltas:

1. Protocolo A1: cambio de cuenta bacteriana atribuido a desinfección con cloro.
2. Protocolo A2: cambio de cuenta bacteriana atribuido a desinfección con cloro y cambio de cuenta bacteriana atribuido a luz UV-C después de desinfección con cloro.
3. Protocolo B: cambio de cuenta bacteriana atribuido a desinfección con luz UV-C.

El análisis estadístico se efectuó mediante prueba de Kruskal-Wallis para muestras correlacionadas, considerando $p < 0.05$ como estadísticamente significativa. Sin embargo, las diferencias en las deltas podrían estar dadas de forma falsa por los niveles de contaminación basal, por lo que se ajustó por nivel de contaminación basal mediante el cálculo de deltas relativas; solamente se asumió importancia biológicamente significativa para las diferencias de deltas relativas mayores de 10%, de acuerdo con los siguientes supuestos:

Diferencia biológicamente significativa a favor de cloro:

Delta relativa (protocolo A1) – delta relativa (protocolo A2 o B) ≥ 0.10

Diferencia biológicamente no significativa (supuesto de equivalencia entre cloro y UV-C):

Delta relativa (protocolo A1) – delta relativa (protocolo A2 o B) < 0.10

La fórmula para el cálculo de las deltas relativas fue la siguiente:

Delta relativa= (media pre – media post) / media pre

A falta de evidencia que correlacione los niveles de contaminación bacteriana con el riesgo de IACS, asumimos de forma arbitraria un valor de 10% como indicativo de diferencia biológicamente significativa en la eficacia de los diferentes procedimientos de desinfección.

Objetivos secundarios:

Se capturaron datos recopilados en hoja diseñada (dibujo 1.0).

Se resumieron los datos tomados de cada protocolo por separado (A1, A2 y B). El tiempo empleado en cada proceso por separado, el material utilizado y capital humano.

Descripción de variables

| Variable | Definición Conceptual | Definición Operacional | Indicador | Tipo de Variable |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| Numero de ciclos | Repetición de cualquier fenómeno periódico, en el que, transcurrido cierto tiempo. | Número de ciclos empleados para luz UV-C/placebo | 1 o 2 ciclos (cada uno 5 minutos) | Cuantitativa discreta |
| Duración de cada ciclo | Tiempo que transcurre entre el principio y el fin de cada ciclo de rayos UV-C. | Tiempo (en minutos) empleado por cada ciclo de luz UV-C en cada uno de los cuartos. Variable dimensional discreta. | 5 minutos por ciclo | Cuantitativa discreta |
| Duración de procedimiento | Tiempo que transcurre entre el principio y el fin del procedimiento de limpieza y desinfección. | Tiempo (en minutos) empleado desde el momento en que se dictamina que se puede iniciar el procedimiento de luz UV-C hasta el momento en que se dictamina que ha finalizado el mismo. Variable dimensional discreta | Minutos empleados en el procedimiento | Cuantitativa discreta |
| Identificador individual de cada cultivo. | Rasgo, carácter o elemento que identifica. | Número asignado a cada cultivo con fines de análisis estadístico. Variable nominal. | Unidades formadoras de colonias | Cualitativa nominal |
| Reducción de | Expresar una | Diferencia entre | Delta de | Cuantitativa |

| | | | | |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------|
| cuenta bacteriana | cantidad en unidades menores, sin que se altere su valor. | la cuenta bacteriana inicial y la final para cada uno de los sitios de alto toque muestreados en cada cuarto. Variable dimensional continua | Unidades formadoras de colonias | continua |
| Porcentaje de reducción de cuenta bacteriana | Razón de disminución de objeto medido. | proporción de la reducción de la cuenta bacteriana respecto de la cuenta bacteriana inicial para cada muestra tomada de cada cuarto. Variable dimensional continua. | Porcentaje de reducción de Unidades formadoras de colonias. | Cuantitativa continua |

Resultados

Se tomaron en total 144 muestras de los 4 centros hospitalarios, de enero y marzo del 2018. Se obtuvo un IQR de las medianas de UFC antes de que se realizara la limpieza sin ser diferente entre los 3 protocolos ($P=0.364$): 22(10,76.3) en protocolo A1 y A2. 115 (11,372.5) en protocolo B. El IQR de las medianas de UFC en cada objeto muestreado antes de la limpieza son los siguientes: colchón 21.5 (11, 407.5), mesa 81.5 (13.8, 377.5), barandal izquierdo 50 (7.5, 107.5), barandal derecho 35 (10, 372.5). (Kruskal-Wallis $p=0.941$).

Reporte de Unidades formadoras de colonias antes y después de cada paso de los tres protocolos en los cuatro hospitales.

| Hospitales | Objeto | Protocolo A1 | | | Protocolo A2 | | Protocolo B | | | |
|------------|--------|--------------|--------|--------|--------------|--------|-------------|--------|--------|--------|
| | | Paso 0 | Paso 1 | Paso 2 | Paso 3 | Paso 4 | Paso 0 | Paso 1 | Paso 3 | Paso 4 |
| "I" | A | 1000 | 261 | 1 | 0 | 0 | 1000 | 5 | 1 | 0 |
| | B | 92 | 48 | 2 | 0 | 0 | 1000 | 8 | 1 | 0 |
| | C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 30 | 10 | 10 |
| | D | 30 | 10 | 0 | 0 | 0 | 740 | 30 | 0 | 0 |
| "II" | A | 17 | 4 | 0 | 0 | 0 | 210 | 71 | 24 | 7 |
| | B | 71 | 29 | 2 | 0 | 0 | 1000 | 90 | 4 | 0 |
| | C | 1000 | 10 | 9 | 9 | 9 | 60 | 0 | 0 | 0 |
| | D | 1000 | 10 | 10 | 70 | 9 | 40 | 0 | 0 | 0 |
| "III" | A | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 6 | 0 | 1 |
| | B | 18 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | C | 40 | 80 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | D | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| "IV" | A | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 5 | 2 | 0 |
| | B | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 170 | 4 | 3 | 1 |
| | C | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 250 | 150 | 80 | 20 |
| | D | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 250 | 40 | 20 | 10 |

Hospitales: I INCMNSZ, II HIM, III ABC, IV INCAN.

UFC: Unidades formadoras de colonias.

Objetos muestreados: A,colchón; B, mesa; C, barandal izquierdo; D, barandal derecho.

Pasos identificados de la siguiente manera: Paso 0, cuenta de UFC después del alta del paciente y antes de la limpieza; Paso1, cuenta de UFC después de la limpieza; Paso 2, cuenta de UFC después de la desinfección con cloro; Paso 3, cuenta de UFC después del primer ciclo de UV-C; Paso 4, cuenta de UFC después del segundo ciclo de UV-C.

Mediana (IQR) absoluta de la reducción de UFC antes y después de cada paso de los tres protocolos en los cuatro hospitales.

| Objeto | Protocolo A1 | | Protocolo A2 | Protocolo B | |
|--------------------|---------------------------|-------------------|----------------|----------------------|------------------|
| | Paso 1 Post-limpieza | Paso 2 Post-NaClO | Paso 4 Post-UV | Paso 1 Post-limpieza | Paso 4 Post-UV |
| Colchón | 19.5 (9.75, 204.25) | 4 (2, 132) | 4 (3, 132.5) | 74 (5.8, 353) | 5 (5, 19.8) |
| Mesa | 29.5 (12.3, 42.5) | 15 (2.5, 31.8) | 16 (2.5, 33.8) | 538 (124.5, 930.5) | 5.5 (2.3, 28.5) |
| Barandal izquierdo | 0 (-20, 495) ^a | 1 (0.5, 40.5) | 1 (0.5, 30.5) | 60 (45, 80) | 75 (47.5, 102.5) |
| Barandal derecho | 15 (7.5, 262.5) | 0 (0, 5) | 1 (0.5, 5.5) | 210 (125, 460) | 30 ^b |
| Todo | 17 (0, 43) | 3 (0, 27) | 3 (1, 29) | 119.5 (32.5, 585) | 14 (5, 38.5) |

UFC: unidades formadoras de colonias; IQR: intervalo intracuartil.

Pasos identificados de la siguiente forma: Paso 1, reducción de cuenta de UFC después de limpieza, (Paso 1 menos Paso 0); Paso 2, reducción de cuenta de UFC después de NaClO restando las UFC después de la limpieza (ej., Paso 2 menos paso 1); Paso 4, cuenta de UFC después del segundo ciclo de UV-C restando las UFC después de la limpieza (ej., Paso 4 menos Paso 1). Paso 3 no se incluyó en este análisis porque el procedimiento de desinfección con UV-C no se consideró completo hasta después de que finalizó el segundo ciclo. Las reducciones en el recuento de UFC no se calcularon si el recuento inicial de UFC era cero.

^aValores negativos indican mayor cantidad de UFC después de Paso 1.

^bSolo se incluyeron reducciones de dos UFC.

La reducción relativa de UFC (IQR, mediana) fue: Protocolo A1, 96% (0,100%), protocolo A2 100% (0,100%), protocolo B 55% (0,100%), (P= 0.722). No hubo diferencias en la reducción de UFC después a la limpieza (P= 0.272), ni después de los tres métodos de desinfección, posterior a la limpieza (P=0.209)

Los recuentos de UFC de la mediana final (IQR) fueron 0.5 (0, 3.8), 0 (0, 9) y 0 (0, 2.5) después de los protocolos A1, A2 y B, respectivamente (P = 0.271).

Objetivo secundario

En el Hospital Infantil de México

El tiempo en promedio que se requirió para la limpieza desinfección y aplicación de rayos UV fue de:

- Limpieza: 37 minutos.
- Desinfección: 23 minutos.
- Rayos UV: 1 ciclo 5 minutos 2 ciclo 5 minutos, total 10 minutos.

El material utilizado fue:

- Limpieza (cuarto) : cubeta, trapeador, jalador, franela, fibra, guantes, cubrebocas, agua 5 lts, 30 gr de jabon roma.
- Limpieza (cama y mesa): atomizador, franela, guantes, agua 500ml y jabón.
- Desinfección (cuarto): cubeta, trapeador, jalador, franela, fibra, guantes, cubrebocas, cloro 100ml, agua 5 lts.
- Desinfección (cama y mesa): atomizador, franela, guantes agua 500ml y cloro 4ml.
- Rayos UV: equipo de rayos.

Número de personal:

- Limpieza /desinfección: 3
- Rayos UV: 1

Discusión

En este estudio se demostró que, la reducción de unidades formadoras de colonias en superficies de alto contacto después fueron similares después de aplicar cualquiera de los tres protocolos de desinfección: NaClO solo, UV-C solo o NaClO seguido de UV-C.

Lynn El Haddad et al. evaluaron el uso de xenón pulsado ultravioleta, como sistema de desinfección para disminuir las bacterias en quirófano.

Demostraron que la combinación de limpieza manual de superficies con un ciclo de 2 minutos de la desinfección con luz ultravioleta pulsada de xenón eliminó al menos un 70% de carga bacteriana después de la limpieza manual. Con esto se concluyó la eficacia de un ciclo de 2 minutos de luz ultravioleta para eliminar las bacterias. Con lo cual se permitirá la rotación de pacientes y el cambio de habitación en corto tiempo y una posible reducción de patógenos. Transmisión a pacientes y posiblemente infecciones del sitio quirúrgico.(66) Al igual Sarah Simmons et al. obtuvieron 1464 muestras de superficies, compararon las UFC antes y después de el uso de luz ultravioleta, teniendo como conclusión, que al aplicar luz ultravioleta posterior a la limpieza reduce significativamente la cuenta de UFC en superficies de alto contacto en quirófano.(67) Este hallazgo también se observó en nuestro estudio. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que, en nuestro estudio, se logró una reducción significativa de los recuentos de bacterias con el proceso de limpieza que precedió a los tres métodos de desinfección.

Es notable averiguar si se puede utilizar rayos UV-C en lugar de NaClO en nuestro ámbito por las siguientes razones:

1) UV-C parece requerir menos tiempo al aplicarlo (un problema importante en hospitales con cambio constante de pacientes) es menos propenso a errores humanos por su naturaleza estandarizada. (2)

2) La concentración de NaClO puede volverse poco confiable después de tiempos de almacenamiento prolongados.

3) El NaClO puede ser mal tolerado (lo que es importante tener en cuenta porque C. difficile es una razón frecuente para usar NaClO en altas concentraciones)

4) UV-C se usa fácilmente y parece requerir menos tiempo de entrenamiento (lo cual es ventajoso, ya que el personal de limpieza se rota frecuentemente en nuestros hospitales). (2)

No obstante, un gran inconveniente de UV-C es su incapacidad para ser desplegado en habitaciones compartidas. Sin embargo, consideramos que UV-C supera muchos de los inconvenientes encontrados con el uso regular de NaClO y merece un estudio más a fondo en nuestro entorno, teniendo en cuenta los factores mencionados anteriormente.

Un análisis interesante en nuestro estudio fue el hecho, se lograron reducciones mayores de los recuentos de UFC después de la limpieza en las habitaciones que fueron sometidas a desinfección UV-C sola (aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa). Pero merece atención especial si influye positivamente en el rendimiento del personal de limpieza, porque el factor humano todavía se reconoce como el determinante más influyente de la limpieza del hospital. (3)

El estudio tiene algunas limitaciones:

1) Poca potencia para detectar diferencias entre las reducciones de recuento de UFC similares pero altas logradas con los tres protocolos de limpieza / desinfección.

2) El cegamiento del personal de limpieza / desinfección no fue posible en todo momento y esto podría haber influido en la forma en que se trataron las habitaciones, aunque el cegamiento fue consistente en los tres protocolos.

3) La limpieza no está estandarizado en nuestros hospitales, pero no hubo diferencias estadísticamente significativas en la reducción del recuento de UFC después del paso mencionado anteriormente.

4) Las bacterias no fueron identificadas a los niveles de género y especie, y se desconoce si nuestros resultados pueden generalizarse al respecto.

No obstante, la principal fortaleza de este estudio es que brinda información sobre la utilidad de la desinfección con UV-C en un país con recursos limitados como el nuestro.

Aun así nuestra pregunta de investigación sigue sin respuesta. Se desconoce si alguno de estos protocolos es superior a los otros en lo que respecta a la reducción de las tasas y los costos de IACS. Por lo tanto, consideramos que un estudio de rentabilidad está justificado.

Este estudio demostró que UV-C se puede usar en nuestra configuración y abre una nueva hipótesis para probar.

En resumen, este es el primer estudio sobre la viabilidad de utilizar la desinfección con UV-C en hospitales con diversos grados de complejidad y combinación de pacientes en un país con recursos limitados como México. UV-C solo, en comparación con NaClO con o sin UV-C, parece lograr una reducción similar en los recuentos de UFC en nuestro entorno.

Conclusión

No se mostro inferioridad el usar rayos UV-C comparado con la desinfección de habitaciones con cloro.

A mayor tiempo de exposición de rayos UV-C se detectan menos UFC en superficies.

Los protocolos aplicados parecen ser de acuerdo a los resultados obtenidos igualmente efectivos para disminución de recuento total de bacterias en superficies hospitalarias.

Al utilizar rayos UV, sin cloro no hay algún caso en el que hayan presentado más UFC que sin el procedimiento.

El estudio realizado no mostró inferioridad, no hubo evidencia significativa, por lo que se plantea realizar un estudio con un mayor número de muestra.

Se muestra en el Hospital Infantil de México Federico Gómez que el capital material y humano, así como el tiempo utilizado en realizar el proceso de desinfección con rayos UV-C es menor que con cloro.

Reduciendo el tiempo total para completar el proceso de 60 minutos con desinfección habitual a 47 minutos con desinfección con rayos UV-C.

Limitaciones del estudio

Este estudio mide únicamente el efecto del tratamiento con rayos UV-C en la carga bacteriana de las superficies de habitaciones de pacientes. No evalúa directamente el impacto de la intervención en la incidencia de IACS.

Puesto que esta intervención no será considerada como parte del protocolo habitual de desinfección terminal del cuarto hospitalario, deberá reanudarse el protocolo institucional tras el uso de la luz UV-C.

Esto implica que el protocolo institucional se vió interrumpido aproximadamente durante una hora, lo cual retrasó el ingreso del paciente de nuevo ingreso a dicha cama.

Puede haber diferencia en resultados entre los centros hospitalarios, por toma de muestra por diferentes personas sin realizarse de una forma sistematizada.

El tipo de cuartos y carga bacteriana en cada centro es probablemente diferente.

Las bacterias no fueron identificadas a los niveles de género y especie, y se desconoce si nuestros resultados pueden generalizarse al respecto.

Cronograma de actividades

| Actividad | 10/09/17 | 25/09/17 | 01-10/ 11/18 | 01-10/03/18 | 20/03/18 | 23/04/18 |
|-----------------------------|----------|----------|--------------|-------------|----------|----------|
| Entrega protocolo escrito | X | | | | | |
| Adiestramiento placas RODAC | | X | | | | |
| Estudio en HIMFG | | | X | | | |
| Estudio en ABC Observatorio | | | | X | | |
| Estudio en INCMNSZ | | | X | | | |
| Estudio en INCAN | | | | X | | |
| Análisis de placas | | | | | X | |
| Análisis de resultados | | | | | | X |

Referencias bibliográficas

- 1.-Reichert M. Preparation of supplies for terminal sterilization. In: Reichert M, Young JH, eds. Sterilization technology for the health care facility. Gaithersburg, MD: Aspen Publication, 1997:36-50.
- 2.-Weber DJ, Rutala WA. Occupational risks associated with the use of selected disinfectants and sterilants. In: Rutala WA, ed. Disinfection, sterilization, and antisepsis in healthcare. Champlain, New York: Polyscience Publications, 1998:211-26
- 3.-Hansen KS. Occupational dermatoses in hospital cleaning women. Contact Dermatitis 1983;9:343-51.
- 4.-Melli MC, Giorgini S, Sertoli A. Sensitization from contact with ethyl alcohol. Contact Dermatitis 1986;14:315
- 5.-Rutala WA, Weber DJ. Uses of inorganic hypochlorite (bleach) in health-care facilities. Clin. Microbiol. Rev.1997;10:597-610.
- 6.-Merritt K, Hitchins VM, Brown SA. Safety and cleaning of medical materials and devices. J. Biomed. Mater. Res. 2000;53:131-6.
- 7.-Jakobsson SW, Rajs J, Jonsson JA, Persson H. Poisoning with sodium hypochlorite solution. Report of a fatal case, supplemented with an experimental and clinico-epidemiological study. Am. J. Forensic Med. Pathol. 1991;12:320-7.
- 8.-Heidemann SM, Goetting MG. Treatment of acute hypoxemic respiratory failure caused by chlorine exposure. Pediatr. Emerg. Care 1991;7:87-8.
- 9.-Hoy RH. Accidental systemic exposure to sodium hypochlorite (Clorox) during hemodialysis. Am. J. Hosp.Pharm. 1981;38:1512-4.
- 10.-Landau GD, Saunders WH. The effect of chlorine bleach on the esophagus. Arch. Otolaryngol. 1964;80:174-
- 11.- French RJ, Tabb HG, Rutledge LJ. Esophageal stenosis produced by ingestion of bleach: report of two cases. South. Med. J. 1970;63:1140-4.
- 12.-Ward MJ, Routledge PA. Hypernatraemia and hyperchloraemic acidosis after bleach ingestion. Hum. Toxicol.1988;7:37-8.
- 13.-Ingram TA. Response of the human eye to accidental exposure to sodium hypochlorite. J Endodontics 1990;16:235-8.
- 14.-Haag JR, Gieser RG. Effects of swimming pool water on the cornea. JAMA 1983;249:2507-8.
- 15.-Hoffman PN, Death JE, Coates D. The stability of sodium hypochlorite solutions. In: Collins CH, Allwood MC,Bloomfield SF, Fox A, eds. Disinfectants: their use and evaluation of effectiveness. London: Academic Press,1981:77-83.
- 16.-Dychdala GR. Chlorine and chlorine compounds. In: Block SS, ed. Disinfection, sterilization, and preservation. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001:135-157
- 17.-Gerba CP, Rusin P. Relationship between the use of antiseptics/disinfectants and the development of antimicrobial resistance. In: Rutala WA, ed. Disinfection, sterilization and antisepsis: principles and practices in healthcare facilities. Washington, DC: Association for Professional in Infection Control and Epidemiology, 2001:187-94.
- 18.- Lee DH, Miles RJ, Perry BF. The mycoplasmacidal properties of sodium hypochlorite. J. Hyg. (Lond).1985;95:243-53.
- 19.-Rutala WA, Cole EC, Wannamaker NS, Weber DJ. Inactivation of *Mycobacterium tuberculosis* and *Mycobacterium bovis* by 14 hospital disinfectants. Am. J. Med. 1991;91:267S-271S.
- 20.-Williams ND, Russell AD. The effects of some halogen-containing compounds on *Bacillus subtilis* endospores. J. Appl. Bacteriol. 1991;70:427-36
- 21.-Babb JR, Bradley CR, Ayliffe GAJ. Sporicidal activity of glutaraldehydes and hypochlorites and other factors influencing their selection for the treatment of medical equipment. J. Hosp. Infect. 1980;1:63-75.
- 22.-Perez J, Springthorpe S, Sattar SA. Activity of selected oxidizing microbicides against spores of *Clostridium difficile*: Relevance to environmental control. Am. J. Infect. Control 2005;33:320-5.
- 23.-Klein M, DeForest A. The inactivation of viruses by germicides. Chem. Specialists Manuf. Assoc. Proc. 1963;49:116-8.
- 24.-Sattar SA, Springthorpe VS. Survival and disinfectant inactivation of the human immunodeficiency virus: a critical review. Rev. Infect. Dis. 1991;13:430-47.
- 25.- Silverman J, Vazquez JA, Sobel JD, Zervos MJ. Comparative in vitro activity of antiseptics and disinfectants versus clinical isolates of *Candida* species. Infect. Control Hosp. Epidemiol. 1999;20:676-84.
- 26.-Rutala WA, Cole EC, Thomann CA, Weber DJ. Stability and bactericidal activity of chlorine solutions. Infect.Control Hosp. Epidemiol. 1998;19:323-7.
- 27.- Hall KK, Giannetta ET, Getchell-White SI, Durbin LJ, Farr BM. Ultraviolet light disinfection of hospital water for preventing nosocomial Legionella infection: A 13-year follow-up. Infect Control Hosp Epidemiol.2003;24:580-3.

- 28.- Hall KK, Giannetta ET, Getchell-White SI, Durbin LJ, Farr BM. Ultraviolet light disinfection of hospital water for preventing nosocomial Legionella infection: A 13-year follow-up. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2003;24:580-3.
- Ing.Fernando de Jesus bonilla Gonzalez,México Mundo HVA C&R, <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2009/02/uso-de-luz-ultravioleta-en-el-aire-acondicionado/>
- 29- A. Downes and T P Blunt, "On the influence of light upon protoplasm", *Proc. Roy. Soc.* 28, 1878: págs. 199-213
30. Zaidi AK, Huskins WC, Thaver D, Bhutta ZA, Abbas Z, Goldmann DA. Hospital-acquired neonatal infections in developing countries. *Lancet*. 2005 Mar 26-Apr 1;365(9465):1175-88.
31. Vincent JL. Nosocomial infections in adult intensive-care units. *Lancet*. 2003 Jun 14;361(9374):2068-77.
32. Klevens RM1, Edwards JR, Richards CL Jr, Horan TC, Gaynes RP, Pollock DA, Cardo DM. Estimating health care-associated infections and deaths in U.S. hospitals, 2002. *Public Health Rep*. 2007 Mar-Apr;122(2):160-6.
33. Magill SS, Edwards JR, Bamberg W, et al. Multistate point-prevalence survey of health care-associated infections. *N Engl J Med*. 2014;370:1198-208. 2.
34. European Centre for Disease Prevention and Control: Annual Epidemiological Report on Communicable Diseases in Europe 2008. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control; 2008. URL: <http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/>
35. Stone PW, Braccia D, Larson E. Systematic review of economic analyses of health care-associated infections. *Am J Infect Control*. 2005 Nov;33(9):501-9.
36. Weber DJ, Rutala WA, Miller MB, Huslage K, Sickbert-Bennett E. Role of hospital surfaces in the transmission of emerging health care-associated pathogens: norovirus, Clostridium difficile, and Acinetobacter species. *Am J Infect Control*. 2010 Jun;38(5 Suppl 1):S25-33. doi: 10.1016/j.ajic.2010.04.196.
37. Weber DJ, Anderson D, Rutala WA. The role of the surface environment in healthcare-associated infections. *Curr Opin Infect Dis*. 2013 Aug;26(4):338-44. doi: 10.1097/QCO.0b013e3283630f04.
38. Weber DJ, Rutala WA. Understanding and preventing transmission of healthcare-associated pathogens due to the contaminated hospital environment. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2013 May;34(5):449-52. doi: 10.1086/670223.
39. Weber DJ, Kanamori H, Rutala WA. 'No touch' technologies for environmental decontamination: focus on ultraviolet devices and hydrogen peroxide systems. *Curr Opin Infect Dis*. 2016 Aug;29(4):424-31. doi: 10.1097/QCO.0000000000000284.
40. Mitchell BG, Dancer SJ, Anderson M, Dehn E. Risk of organism acquisition from prior room occupants: a systematic review and meta-analysis. *J Hosp Infect*. 2015 Nov;91(3):211-7. doi: 10.1016/j.jhin.2015.08.005. Epub 2015 Aug 22.
41. Otter JA, Donskey C, Yezli S, Douthwaite S, Goldenberg SD, Weber DJ. Transmission of SARS and MERS coronaviruses and influenza virus in healthcare settings: the possible role of dry surface contamination. *J Hosp Infect*. 2016 Mar;92(3):235-50. doi: 10.1016/j.jhin.2015.08.027. Epub 2015 Oct 3.
42. Boyce JM, Havill NL, Lipka A, Havill H, Rizvani R. Variations in hospital daily cleaning practices. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2010 Jan;31(1):99-101. doi: 10.1086/649225.
43. Han JH, Sullivan N, Leas BF, Pegues DA, Kaczmarek JL, Umscheid CA. Cleaning Hospital Room Surfaces to Prevent Health Care-Associated Infections. *Annals of internal medicine*. 2015;163(8):598-607. doi:10.7326/M15-1192.
44. Carling PC, Parry MF, Von Beheren SM. Healthcare Environmental Hygiene Study Group. Identifying opportunities to enhance environmental cleaning in 23 acute care hospitals. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008;29:1-7.
45. Otter JA, Yezli S, Perl TM, et al. The role of 'no-touch' automated room disinfection systems in infection prevention and control. *J Hosp Infect* 2013;83:1 – 13.
47. Rutala WA, Gergen MF, Weber DJ. Room decontamination with UV radiation. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2010 Oct;31(10):1025-9. doi: 10.1086/656244.
48. Rock C, Curless MS, Nowakowski E, Ross T, Carson KA, Trexler P, Carroll K, Maragakis LL. UV-C Light Disinfection of Carbapenem-Resistant Enterobacteriaceae from High-Touch Surfaces in a Patient Room and Bathroom. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2016; 37(8): 996–997. doi: 10.1017/ice.2016.111.
49. Kanamori H, Rutala WA, Gergen M, Weber DJ. Patient Room Decontamination against Carbapenem-Resistant Enterobacteriaceae and Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus Using a Fixed Cycle-Time Ultraviolet-C Device and Two Different Radiation Designs. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2016 Aug;37(8):994-6. doi: 10.1017/ice.2016.80. Epub 2016 Apr 13.
50. Anderson DJ, Gergen MF, Smathers E, Sexton DJ, Chen LF, Weber DJ, Rutala WA. Decontamination of targeted pathogens from patient rooms using an automated ultraviolet-C-emitting device. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2013 May;34(5):466-71. doi: 10.1086/670215.
51. Nerandzic MM, Thota P, Sankar C T, Jencson A, Cadnum JL, Ray AJ, Salata RA, Watkins RR, Donskey CJ. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2015 Feb;36(2):192-7. doi: 10.1017/ice.2014.36.
52. Anderson DJ, Chen LF, Weber DJ, et al. The BETR-disinfection study. San Diego, CA: IDweek: 2015.
53. Horn K, Otter JA. Hydrogen peroxide vapor room disinfection and hand hygiene improvements reduce Clostridium difficile infection, methicillin-resistant Staphylococcus aureus, vancomycin-resistant enterococci, and extended-spectrum β -lactamase. *Am J Infect Control*. 2015 Dec 1;43(12):1354-6. doi: 10.1016/j.ajic.2015.06.029.

54. Cooper T, O'Leary M, Yezli S, Otter JA. Impact of environmental decontamination using hydrogen peroxide vapour on the incidence of *Clostridium difficile* infection in one hospital Trust. *J Hosp Infect.* 2011 Jul;78(3):238-40. doi: 10.1016/j.jhin.2010.12.013. Epub 2011 Mar 9.
55. Vianna PG, Dale CR Jr, Simmons S, Stibich M, Licitra CM. Impact of pulsed xenon ultraviolet light on hospital-acquired infection rates in a community hospital. *Am J Infect Control.* 2016 Mar 1;44(3):299-303. doi: 10.1016/j.ajic.2015.10.009. Epub 2015 Dec 9.
56. "On the influence of light upon protoplasm", *Proc. Roy. Soc.* 28, 1878: págs. 199-213
57. "Molecular structure of nucleic acids. A structure for deoxyribose nucleic acid beschrieben", *Nature.* Bd. 171, N° 4356, 1953: págs. 737–738.
58. Collins, F.M. 1971. Relative susceptibility of acid-fast and non-acid-fast bacteria to ultraviolet light. *Appl. Microbiol.* 21 : 411–413.
59. Hollaender, A. 1942. Abiotic and sublethal effects of ultraviolet radiation in the microorganisms. In *Aerobiology.* Edited by F. F. Moulton. American Association for the Advancement of Science, Washington, D.C.
60. Huslage K, Rutala WA, Gergen MF, Sickbert-Bennett EE, Weber DJ. Microbial assessment of high, medium, and low-touch hospital room surfaces. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2013;34:211-2.
- 61.- Katie Penno MPH, Roman A. Jandarov PhD, Madhuri M. Sopirala MD. MPH. Effect of automated ultraviolet C-emitting device on decontamination of hospital rooms with and without real-time observation of terminal room disinfection, *American Journal of Infection Control*, 2017, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2017.06.015>
62. Weber DJ, Rutala WA, Anderson DJ, et al. Effectiveness of UV devices and hydrogen peroxide systems for terminal room decontamination: focus on clinical trials. *Am J Infect Control* 2016; 44 (5 Suppl):e77–e84
63. Barbut F. How to eradicate *Clostridium difficile* from the environment. *J Hosp Infect* 2015; 89:287 – 295.
64. Doll M, Morgan DJ, Anderson D, Bearman G. Touchless technologies for decontamination in the hospital: a review of hydrogen peroxide and UV devices. *Curr Infect Dis Rep* 2015; 17:498.
65. Timothy A. Johnson, Elisa A. Rehak, Sushant P. Sahu, David A. Ladner, and Ezra L. Cates. Bacteria Inactivation via X-ray-Induced UVC Radioluminescence: Toward in Situ Biofouling Prevention in Membrane Modules department of Environmental Engineering and Earth Sciences, Clemson University, Clemson, South Carolina 29634, United States, *Environ. Sci. Technol.*, 2016, 50 (21), pp 11912–11921 DOI: 10.1021/acs.est.6b04239.
66. El Haddad L, Ghantaji SS, Stibich M, Fleming JB, Segal C, Ware KM, et al. Evaluation of a pulsed xenon ultraviolet disinfection system to decrease bacterial contamination in operating rooms. *BMC Infect Dis* 2017;17:672. doi: 10.1186/s12879-017-2792-z.
67. Simmons S, Dale C Jr, Holt J, Passey DG, Stibich M. Environmental effectiveness of pulsed-xenon light in the operating room. *Am J Infect Control* 2018;46:1003-8. doi: 10.1016/j.ajic.2018.02.027.

Anexos

Dibujo1.1

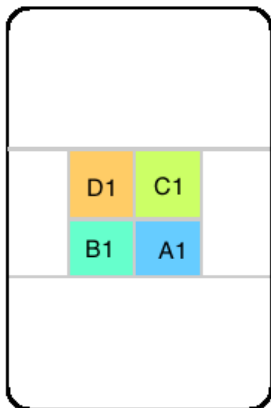
DIAGRAMA DE TOMA DE MUESTRAS

CUARTO PROTOCOLO A1 Y A2

BARANDAL



COLCHÓN Y MESA



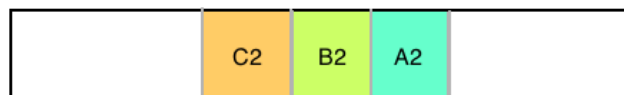
Las tomas de muestras del cuarto tipo 1 se hicieron en los 4 momentos ya mencionados.

Se dividió el tercio medio del barandal derecho de la cama en 4 partes iguales y se tomaron las muestras empezando por el extremo superior y avanzando hacia el inferior.

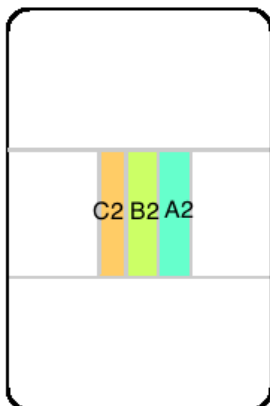
La cama y la mesa se dividió en tercios. Posteriormente se subdividió el tercio medio en 3 y se considero solamente el tercio central para la toma de las 4 muestras, como se muestra en el dibujo.

CUARTO PROTOCOLO B

BARANDAL



COLCHÓN Y MESA



Las tomas de muestras del cuarto tipo 2 se hicieron en los 3 momentos ya mencionados.

Se dividió el tercio medio del barandal derecho de la cama en 3 partes iguales y se tomaron las muestras empezando por el extremo superior y avanzando hacia el inferior.

La cama y la mesa se dividió en tercios. Posteriormente se subdividió el tercio medio en 3 y se consideró solamente el tercio central para la toma de las 3 muestras, como se muestra en el dibujo.

Dibujo 1.0

Centro: _____ Fecha: _____

| | A | | B | | C | | D |
|------------------|------------|----------|------------|-------------------|---------------------------------------------------|----|------------|
| 1 L-CI-UV | RODAC (A1) | LIMPIEZA | RODAC (B1) | COLORO (HABITUAL) | RODAC (muestrear 4 min despues de finalizado)(C1) | UV | RODAC (D1) |
| Resultado UFC | | | | | | | |
| Tiempo requerido | | | | | | | |

Fecha: _____

| 2 L-UV | RODAC (A2) | LIMPIEZA | RODAC (B2) | UV | RODAC (C2) |
|------------------|------------|----------|------------|----|------------|
| Resultado UFC | | | | | |
| Tiempo requerido | | | | | |

Fecha: _____

| 1 L-CI-UV | RODAC (A1) | LIMPIEZA | RODAC (B1) | COLORO (HABITUAL) | RODAC (muestrear 4 min despues de finalizado)(C1) | UV | RODAC (D1) |
|------------------|------------|----------|------------|-------------------|---------------------------------------------------|----|------------|
| Resultado UFC | | | | | | | |
| Tiempo requerido | | | | | | | |

Fecha: _____

| 2 L-UV | RODAC (A2) | LIMPIEZA | RODAC (B2) | UV | RODAC (C2) |
|------------------|------------|----------|------------|----|------------|
| Resultado UFC | | | | | |
| Tiempo requerido | | | | | |