

## TRABAJOS ORIGINALES

Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto"

### ESTUDIO MICROBIOLÓGICO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN UNA CÁMARA HIPERBÁRICA MULTIPLAZA

*Dr. Rafael Nodarse Hernández,<sup>1</sup> Dra. Vivian Lemes Ulloa<sup>2</sup> y Dr. Lázaro Mena López<sup>2</sup>*

#### RESUMEN

Se realizó un estudio de vigilancia microbiológica del medio ambiente de una cámara hiperbárica multiplaza modelo PDK-2 de fabricación soviética, instalada en el Servicio de Oxigenación Hiperbárica del Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". El estudio tuvo como objetivo conocer la carga microbiana dentro de la cámara y si existían gérmenes patógenos, para valorar el posible riesgo de infección nosocomial de los pacientes tratados en ella, así como detectar factores que pudieran estar implicados. Esta investigación se extendió a 10 meses, comprendidos entre junio de 1998 y marzo de 1999. El pesquisaje incluyó el muestreo mensual del aire ambiental de la cámara y las superficies internas de esta, así como las máscaras y los reguladores de demanda de oxígeno usados en la terapia hiperbárica. Se concluyó con el riesgo de infección nosocomial en la cámara hiperbárica multiplaza fue bajo, ya que los índices de contaminación ambiental encontrados no se diferenciaron mucho de los hallados en áreas restringidas del hospital. No crecieron gérmenes patógenos; solo se obtuvo crecimiento de microorganismos ambientales y de la flora normal humana. El factor que más influyó en la regulación de la contaminación ambiental fue la limpieza de la cámara que potenció el efecto inhibitor del oxígeno hiperbárico.

*DeCS:* CAMARAS DE EXPOSICION ATMOSFERICA/microbiología; CONTAMINACION AMBIENTAL; FACTORES DE RIESGO; INFECCION HOSPITALARIA; EQUIPOS Y SUMINISTROS/microbiología; MICROBIOLOGIA AMBIENTAL; OXIGENACION HIPERBARICA.

La medicina hiperbárica encontró su auge en 1961 con *Boerema* y *Brummelkamp*, quienes iniciaron sus primeras series de en-

fermos afectos de mionecrosis por clostridios (gangrena gaseosa) tratados satisfactoriamente con oxigenación hiperbárica (OHB).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Especialista de II Grado en Microbiología. Profesor Asistente.

<sup>2</sup> Especialista en Medicina General Integral. Diplomado en Medicina Subacuática.

Hoy la OHB se ha convertido en un método terapéutico habitual debido a sus probados efectos beneficiosos en el organismo, al mejorar la hipoxia hística, disminuir el edema y ayudar a la formación de circulación colateral en los tejidos lesionados, así como a su acción tóxica sobre los microorganismos;<sup>2</sup> de igual forma se ha utilizado la OHB para aumentar la capacidad fagocitaria y destructora de los leucocitos.<sup>3</sup>

Está comprobado, en estudios realizados *in vitro* y en modelos de animales, el efecto tóxico del oxígeno hiperbárico sobre diferentes microorganismos; esta acción se ejerce tanto sobre bacterias grampositivas como gramnegativas, ya sean aerobias o anaerobias, y sobre hongos, trátese de filamentosos o levaduriformes. El efecto del oxígeno hiperbárico es inhibitorio más que lítico y altera fundamentalmente la apariencia de los cultivos a él expuestos.<sup>4</sup>

Cada vez más se incrementa el número de pacientes con entidades nosológicas variadas, incluso infecciosas, que ingresan en los centros de terapia de OHB para recibir tratamiento; se destaca entre las afecciones tratadas la enfermedad descompresiva en buzos, lo que hace de la OHB un tema de interés médico-militar. Esta diversidad de pacientes le confiere a la cámara hiperbárica (CHB), sobre todo la de tipo multiplaza, el mismo riesgo de infección nosocomial que tiene cualquier otra área del hospital. A pesar del efecto bacteriostático y fungistático atribuido al medio hiperbárico, la posibilidad de infección intrahospitalaria en la CHB es ciertamente obvia.<sup>5</sup>

Lo anteriormente planteado motivó a realizar en abril de 1998 un pesquisaje microbiológico aleatorio del aire y las superficies en una de las CHB multiplaza del Instituto Superior de Medicina Militar (ISMM) "Dr. Luis Díaz Soto", con el fin de conocer cuál era la carga de microor-

ganismos en su interior y si existía la presencia de gérmenes considerados como capaces de producir enfermedad. No se obtuvo crecimiento de bacterias patógenas, sin embargo, la carga de microorganismos fue sumamente elevada. Con estos resultados se coordinó con el Servicio de OHB la realización de un estudio a largo plazo de la contaminación ambiental en una CHB de la institución, para valorar el posible riesgo de infección nosocomial de los pacientes en ella tratados y conocer los factores que pudieran estar implicados.

Buscando antecedentes al respecto en la literatura especializada, no se encontró ningún trabajo afín realizado en Cuba. En el ámbito internacional solo se conoció de la existencia de un estudio similar realizado por el doctor *Jordi Desola* en el Centro de Recuperación e Investigaciones Submarinas de Barcelona, España, en 1984; en este estudio se llevó a cabo la vigilancia microbiológica en una CHB multiplaza durante 2 años pero solo limitada al aire ambiental y las superficies.

## MÉTODOS

Se realizó un estudio de vigilancia microbiológica del medio ambiente de una cámara de oxigenación hiperbárica multiplaza modelo PDK-2 de fabricación soviética, situada en el Servicio de Oxigenación Hiperbárica del ISMM "Dr. Luis Díaz Soto"; fue chequeado el compartimiento 2 de la cámara # 2 que se encuentra ubicada en el edificio anexo a la institución.

Este estudio se extendió a 10 meses, comprendidos entre junio de 1998 y marzo de 1999. Durante este periodo fueron tratados 426 pacientes y se impartieron 2 739 sesiones, lo que dio un promedio mensual de 42,6 y 273,9 respectivamente. Es de señalar que la mayoría de los pacientes tratados presentaron enfermedades no infecciosas.

La temperatura medida dentro del compartimiento tuvo su valor más bajo en 23,4 ° y el más alto en 34 °C. La humedad relativa se calculó en alrededor del 80 %.

La CHB recibió limpieza mecánica con agua y detergente semanalmente.

La toma de las muestras se efectuó con una periodicidad mensual y siempre al finalizar la jornada de trabajo diaria que correspondió al miércoles, día que se tomó por ser intermedio dentro de la semana laboral.

El pesquiasaje microbiológico del interior de la cámara incluyó: aire ambiental, superficies y equipos; la toma de las muestras y la marcha técnica de este proceso se realizaron según lo establecido en las normas del Laboratorio Nacional de Infecciones Nosocomiales (Laboratorio Nacional de Infecciones Nosocomiales. Técnicas de vigilancia microbiológicas de las infecciones hospitalarias. Centro Provincial de Higiene y Epidemiología, La Habana, 1994:1-5).

Aire: se empleó el método cuantitativo de sedimentación en placa expuesta. Se colocaron 3 placas de Petri en cada ocasión, que contenían los siguientes medios:

- Agar sangre: para el recuento total de microorganismos.
- Agar Mac Conkey: para el recuento de bacterias gramnegativas.
- Agar Sabouraud: para el recuento de hongos.

Las placas fueron colocadas sobre el piso, en el centro de la cámara y se expusieron durante 30 min. Posteriormente fueron incubadas de la manera siguiente: agar sangre y agar Mac Conkey a 37 °C durante 24 h, y agar Sabouraud a temperatura ambiente por 7 días.

Transcurrido el período de incubación se realizó el conteo de los gérmenes que crecieron, en base al número de colonias detectadas, así como la identificación de estos.

*Superficies:* fueron incluidas el piso, la pared y el techo de la cámara; se utilizó

el método cuantitativo de hisopado en un área de 5 x 5 cm. Para ello se empleó una plantilla de papel de filtro estéril; el contenido del hisopo fue estriado en una placa de agar sangre incubada a 37 °C durante 24 h, tras lo cual se hizo el conteo y la identificación de los gérmenes.

*Equipos:* se estudiaron las máscaras que se aplican a la cara del paciente y los reguladores de demanda de oxígeno que se acoplan a ellas. El método utilizado fue el de hisopado cualitativo: después del hisopado de la superficie interna, tanto de la máscara como del regulador, se descargó el contenido de los hisopos en tubos que contenían caldo tioglicolato y se incubaron a 37 °C durante 72 h para comprobar su esterilidad. Cuando hubo crecimiento, evidenciado por turbiedad del medio, un inóculo de este se sembró en placa de agar sangre donde, tras incubación de 24 h a 37 °C, se hizo la identificación. Hay que señalar que las máscaras se chequearon luego de su lavado mecánico con agua y detergente y desinfección con ácido acético al 2 % durante 30 min.

## RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los resultados cuantitativos del estudio del aire, dados por el número de colonias que representan la carga bacteriana en el interior de la CHB. Se incluyó como referencia, el mes de abril de 1998 cuando se realizó el muestreo aleatorio previo. El recuento de gérmenes solo tomó en cuenta el que se estableció en la placa de agar sangre, ya que en agar Mc Conkey no hubo crecimiento y los aislamientos en agar Sabouraud no fueron significativos. El número de colonias se comparó con otros resultados, como son el número de sesiones mensuales, la temperatura en el interior del recinto y otras condiciones de la cámara.

TABLA 1. Resultados cuantitativos del estudio del aire

Mes-año	Número de sesiones mensuales	temperatura (°C)	Condiciones	Carga bacteriana (No. de colonias)
Abril-1998	300 o más	32°	Antes de inicio del estudio. No desinfección sistemática. Alfombra.	+ 100
Junio-1998	- 300	32-34°	Limpieza mecánica con agua y detergente	10
Julio-1998	300 o más	32-34°	Limpieza deficiente Limpieza profunda	+ 100 10
Agosto-1998	-300 o más	32-34°	Alfombra retirada	
Septiembre-1998	- 300	32-34°	Limpieza adecuada	6
Octubre-1998	-300	32-34°	Limpieza adecuada	5
Noviembre-1998	300 o más	32-34°	Limpieza adecuada	11
Diciembre-1998	300 o más	32°	Altísima humedad Relativa. Paredes Húmedas.	+ 100
Enero -1999	300	24 °	Limpieza adecuada Frente frío. Temp. Ext. 20 °	10
Febrero - 1999	300 o más	5,2 °	Limpieza adecuada	5
Marzo - 1999	300 o más	23,4 °	Limpieza adecuada	12

Valor promedio de carga bacteriana: 26 colonias

Podemos ver que la carga bacteriana tuvo un valor medio de 26 colonias y se mantuvo en la mayoría de los meses en valores alrededor de 10 colonias, excepto en abril, julio y diciembre, donde hubo deficiencias en la limpieza y alteraciones en las condiciones habituales del interior de la cámara. Se pueden apreciar las diferencias de temperatura ocurridas durante el estudio, que van desde valores bastante bajos para nuestro clima, como es 23,4 °C, hasta valores realmente altos como es 34 °C. Se tomó la cifra de 300 como referencia del número de sesiones, a partir del valor promedio mensual de estas.

Los resultados cuantitativos del estudio de las superficies pueden apreciarse en la tabla 2, relacionados también con las condiciones de la cámara, tal y como se hizo en la tabla 1. El número

de colonias crecidas en el piso siempre estuvo por encima de 50; en el techo y la pared la cantidad de colonias fue mucho más baja y sus valores fueron muy semejantes entre sí. Al igual que ocurrió en el estudio del aire, el mayor número de gérmenes creció en los meses de abril, julio y diciembre, en relación con condiciones inadecuadas de la cámara.

El anexo ofrece los resultados cualitativos obtenidos del estudio de las diferentes muestras. Como puede observarse en ningún caso se detectó la presencia de gérmenes patógenos ni de bacterias gramnegativas. Solo crecieron microorganismos propios del ambiente y de la flora normal humana; en el caso de las máscaras de oxígeno, la mayoría de las veces no se obtuvo crecimiento.

TABLA 2. Resultados cuantitativos del estudio de las superficies (expresados en número de colonias)

Mes – año	Piso	Techo	Pared	Observaciones
Abril-1998	+ 50	10	40	Condiciones inadecuadas
Junio -1998	+ 50	5	1	Condiciones adecuadas
Julio -1998	+ 50	10	30	Condiciones inadecuadas
Agosto -1998	+ 50	0	0	Condiciones adecuadas
Septiembre -1998	+ 50	2	0	Condiciones adecuadas
Octubre -1998	+ 50	1	0	Condiciones adecuadas
Noviembre -1998	+ 50	0	2	Condiciones adecuadas
Diciembre -1998	+ 50	10	10	Condiciones inadecuadas
Enero -1999	+ 50	0	2	Condiciones adecuadas
Febrero -1999	+ 50	0	0	Condiciones adecuadas
Marzo -1999	+ 50	0	0	Condiciones adecuadas

## DISCUSIÓN

Existen variados factores de riesgo de contaminación en una CHB, a saber: pacientes sépticos tratados, el personal médico-sanitario que trabaja en ella, los equipos médicos que se introducen, el aire comprimido utilizado, así como la polución ambiental procedente de otras áreas del hospital. En el caso de las cámaras multiplazas que se usan en la institución se agregan otros factores como son el incremento del número de pacientes tratados (que en comparación con otros países se puede catalogar de muy alto), la temperatura interior del recinto que oscila entre 28° y 32 °C, un clima con una humedad relativa elevada, los pacientes entran a recibir el tratamiento sin previo aseo y en ropa de calle, solo retirándose el calzado, y en la limpieza y desinfección de la cámara solo se emplea agua y detergente.

Si analizamos los posibles factores asociados con la elevación de la carga microbiana en el aire, ocurrida solamente en abril, julio y diciembre, veremos lo siguiente: el número de sesiones impartidas en julio, por ejemplo, fue de 300 o más;

no obstante en octubre y febrero, donde más baja estuvo la carga, el número de sesiones indistintamente ascendió y descendió de esa cifra. La temperatura de julio fue alta, al igual que en diciembre (32 ° y 34 °C), mas esa misma temperatura se registró en meses de muy baja carga, como septiembre y noviembre. Sin embargo, cuando observamos las condiciones que existieron en relación con la cámara nos damos cuenta que en los meses de mayor carga sí hubo alteraciones en esta, que solo aparecieron en esos meses y que estuvieron dadas por limpieza deficiente y poco sistemática o por presencia de humedad relativa excesivamente alta. Por lo tanto, se puede plantear que el número de sesiones y la temperatura no determinaron por sí solos en la elevación de la carga; todo lo contrario ocurrió con la limpieza y otras condiciones que deben existir en el interior del recinto, que sí determinaron en el aumento del número de colonias; basta solo observar que tras realizar buenas medidas de limpieza o corregir defectos de humedad, la carga microbiana volvió a sus valores habitualmente bajos, de alrededor de 20 colonias.

Al comparar la carga microbiana habitual en el aire de la CHB con la encontrada durante 1998 y 1999 en áreas restringidas del hospital, que son sometidas a procesos de desinfección enérgicos del tipo de la formolización, se vio que aquella no difiere mucho de estas. Por ejemplo, la carga promedio por salones en la unidad quirúrgica central y el salón de cirugía menor nefrológica fue de 5 colonias o menos, y en la terapia de recién nacidos de 10 colonias o menos.

Los valores mensuales de carga bacteriana en el aire, así como el valor promedio encontrado por el doctor *Desola* en España,<sup>5</sup> no son muy diferentes de los hallados en este estudio, ya que aquellos también oscilan entre 10 colonias al mes y la media durante todo el estudio fue alrededor de 20 colonias.

Los resultados cuantitativos del estudio de las superficies guardaron estrecha relación con los del aire, en cuanto al papel desempeñado por las condiciones de la limpieza y los parámetros físicos. Siempre que dichas condiciones no fueron adecuadas o se alteraron, tal y como ocurrió en abril, julio y diciembre, el número de colonias encontradas en las superficies se elevó. Vale aclarar, en cuanto al techo y la pared, que sus cifras habituales siempre fueron muchísimo menores de 25 colonias, y sus cifras más altas nunca sobrepasaron las 50 colonias, que son los valores establecidos para considerar como “buenas” y “regulares” las superficies hospitalarias, respectivamente (Laboratorio Nacional de Infecciones Nosocomiales. Obra citada). Llamam mucho la atención las cifras tan bajas encontradas en dichas superficies, ya que en áreas cerradas donde se utilizan desinfectantes apropiados, los valores son en ocasiones más altos. No ocurrió lo mismo con el piso, pero fue lógico que así ocurriera ya que los pacientes entraban a la cámara descalzos o con medias puestas; no obstante es sabido que los microorganismos cutáneos existentes sobre el sue-

lo difícilmente se resuspenden en el aire y que no en todos los chequeos se considera al piso como objetivo de estudio, pues no existe evidencia de que ningún nivel de contaminación está directamente correlacionado con un mayor riesgo de infección y solo es útil para valorar la calidad de la limpieza.<sup>6</sup>

En cuanto a los resultados cualitativos obtenidos en esta investigación podemos decir que la no presencia de microorganismos patógenos y el solo crecimiento de bacterias y hongos propiamente ambientales pudo ser debido a varios factores, entre ellos que el mayor número de pacientes tratados fueron no sépticos, que las bacterias patógenas reconocidas normalmente no están en ambientes inanimados no apropiados y que los gérmenes no patógenos son miembros de la flora normal del cuerpo humano y forman parte del medio ambiente; por supuesto a todo esto hay que sumarle además la acción inhibitoria del oxígeno hiperbárico como tal. Hay que tener en cuenta también que la cámara objeto de este estudio está fuera del recinto hospitalario propiamente dicho.

En conclusión, la posibilidad de adquirir una infección nosocomial en una CHB multiplaza fue baja ya que los índices de contaminación ambiental encontrados en ella no difirieron mucho de los hallados en áreas restringidas del hospital, tanto cuantitativa como cualitativamente, a pesar de no recibir un tratamiento de desinfección enérgico. El factor que más influyó en la regulación de la carga microbiana fue la limpieza adecuada y sistemática de la cámara, así como mantener dentro de límites normales los parámetros físicos relacionados con esta, todo lo cual potenció el efecto inhibitorio del oxígeno hiperbárico. La vigilancia microbiológica sistemática demostró su utilidad para detectar y mantener dentro de límites normales inócuos la contaminación ambiental de la cámara.

ANEXO. Resultados cualitativos del estudio de las diferentes muestras

Muestras	Microorganismos aislados
Aire	No gérmenes patógenos. No bacterias gramnegativas. Estafilococo coagulasa negativo. Cocos y bacilos grampositivos ambientales. Hongos filamentosos ambientales.
Superficies	No gérmenes patógenos. No bacterias gramnegativas. Estafilococo coagulasa negativo. Bacilos ambientales.
Regulador de oxígeno	No gérmenes patógenos. No bacterias gramnegativas. Estafilococo coagulasa negativo. Bacilos ambientales.
Máscara de oxígeno	No crecimiento bacteriano (mayormente). No gérmenes patógenos.

## SUMMARY

A study of microbiological surveillance of the environment of a Soviet PDK-2 multiple capacity hyperbaric chamber installed at the Hyperbaric Oxygenation Service of "Dr. Luis Díaz Soto" Higher Institute of Military Medicine was conducted aimed at knowing the microbial charge inside the chamber and the possible existence of pathogenic germs in order to assess the potential risk for nosocomial infection of the patients treated in it and to detect those factors that may be involved. This research lasted 10 months, from June, 1998, to March, 1999. The screening included the monthly sampling of the environmental air of the chamber and its internal surfaces, as well as the masks and the regulators of oxygen demand used in the hyperbaric therapy. It was concluded that the risk for nosocomial infection in the multiple capacity hyperbaric chamber was low, since the indexes of environmental pollution found were not very different from the ones registered in the restricted areas of the hospital. There were no pathogenic germs and only growth of environmental microorganisms and of the normal human flora was observed. The factor that influenced the most on the regulation of environmental pollution was the cleaning of the chamber that potentiated the inhibiting factor of hyperbaric oxygen.

*Subject headings:* ATMOSPHERE EXPOSURE CHAMBERS/microbiology; ENVIRONMENTAL POLLUTION; RISK FACTORS; CROSS INFECTION; EQUIPMENT AND SUPPLIES/microbiology; HYPERBARIC OXYGENATION.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Font A. Oxigenoterapia hiperbárica: una nueva perspectiva. *Enferm Cientif* 1998;80:32-8.
2. Irvin TT. Hyperbaric oxygen in the treatment of infections by aerobic microorganisms. *Lancet* 1966;1(7434):392-4.
3. Jawetz E, ed. *Manuel de microbiología médica*. 10 ed. México, DF: El Manual Moderno, 1983:195.
4. Mc Allister TA. Inhibitory effects of hyperbaric oxygen on bacteria and fungi. *Lancet* 1963;2:1040-2.
5. Desola J. Environmental contamination in the hyperbaric chamber. Results of 24 month of systematic bacteriological control. *Diving and hyperbaric medicine*. Barcelona: CRIS, 1984:307-18.
6. Gálvez R, ed. *Infección hospitalaria*. Granada: Universidad, 1993:150-60.

Recibido: 16 de julio del 2001. Aprobado: 20 de agosto del 2001.

Dr. *Rafael Nodarse Hernández*. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". Avenida Monumental, Habana del Este, CP 11700, Ciudad de La Habana, Cuba.