



Artículo especial

El humo quirúrgico: riesgos y medidas preventivas

Hilario Carbajo-Rodríguez^{a,*}, José Luis Aguayo-Albasini^b,
 Víctor Soria-Aledo^b y Concepción García-López^a

^aServicio de Prevención de Riesgos Laborales, Hospital General Universitario Morales Meseguer, Murcia, España

^bServicio de Cirugía General, Hospital General Universitario Morales Meseguer, Murcia, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 4 de julio de 2008

Aceptado el 30 de octubre de 2008

On-line el 18 de abril de 2009

Palabras clave:

Quirófano

Humo quirúrgico

Efectos nocivos

Salud laboral

RESUMEN

La aplicación de las tecnologías avanzadas a la medicina ha supuesto el incremento de algunos factores de riesgo en el personal sanitario. Uno de ellos podría ser el humo quirúrgico producido por instrumentos electroquirúrgicos, ultrasonidos o láser. La voz de alarma acerca de un posible perjuicio para la salud de los trabajadores de quirófano se basa fundamentalmente en los componentes detectados hasta la fecha y los experimentos realizados en el laboratorio. No obstante, hay que tener precaución al extrapolar los resultados de los estudios in vitro a la práctica clínica diaria y, hasta la fecha, no hay evidencias suficientes del efecto perjudicial de la exposición crónica a éste en los estudios poblacionales publicados.

Los organismos responsables de velar por la salud de los trabajadores en distintos países no han emitido todavía normas para el tratamiento y la evacuación del humo quirúrgico generado en intervenciones tanto por laparotomía como por laparoscopia. En este artículo pretendemos ofrecer una visión de las consecuencias que el humo quirúrgico tiene para la salud y las medidas preventivas que se pueden adoptar.

© 2008 AEC. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Surgical smoke: risks and preventive measures

ABSTRACT

The application of the advanced technologies in medicine has led to the appearance of new risk factors for health personnel. One of these could be the surgical smoke produced by electrosurgical instruments, ultrasounds or laser. However, there is still insufficient evidence in the published population studies on the detrimental effects of chronic exposure to surgical smoke. The main concern on the possible damage to the health of operating room staff is mainly based on the components currently detected until the date and laboratory experiments. Caution must also be used when extrapolating the results of in vitro studies to daily clinical practice.

The organisations responsible for protecting the health of the workers in different countries have still not issued guidelines for the treatment and removal of the surgical smoke generated in both open and laparoscopic procedures. In this article we try to present

Keywords:

Operating room

Surgical smoke

Adverse events

Occupational health

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: hilariocarbajo@hotmail.com (H. Carbajo-Rodríguez).

0009-739X/\$ - see front matter © 2008 AEC. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

doi:10.1016/j.ciresp.2008.10.004

a view of the consequences that surgical smoke has on health and the preventive measures that can be adopted.

© 2008 AEC. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La aplicación de las nuevas tecnologías a la medicina ha supuesto la aparición o el incremento de factores añadidos de riesgo para el personal sanitario. Uno de ellos podría ser el humo quirúrgico, que es una colección de partículas suspendidas en el aire procedente de la destrucción térmica de huesos o tejidos^{1,2}.

En la literatura médica los términos humo quirúrgico y aerosol o columna de humo se utilizan indistintamente, aunque la diferencia entre ellos estriba en el tamaño de las partículas. La columna de humo se describe como una suspensión de partículas en un gas, resulta de la utilización de instrumentos ultrasónicos y de láser y contiene las partículas de mayor tamaño, las cuales tienen un principal interés en cuanto al daño biológico. El humo procede de la utilización de instrumentos electroquirúrgicos y contiene partículas de materia más pequeñas que la columna de humo, consideradas peligrosas en cuanto al daño químico³.

El desarrollo de la cirugía endoscópica ha venido a añadir nuevas preocupaciones. Así, en las intervenciones por laparoscopia el humo quirúrgico y la columna de humo generado no pueden ser absorbidos por el peritoneo del paciente, hecho que disminuye la visibilidad durante la intervención quirúrgica y hace necesaria su extracción. Las partículas aerosolizadas dificultan la visión por colocarse sobre las lentes del laparoscopio o por permanecer en suspensión entre el laparoscopio y el objetivo quirúrgico. Por ello, para restablecer la visibilidad en el campo quirúrgico, se requiere la limpieza de las capas de partículas sobre las lentes del laparoscopio, así como la expulsión al exterior o la aspiración del gas y las partículas aerosolizadas. Parece ser que los instrumentos monopolares son los que ocasionan el mayor deterioro de la visibilidad, mientras que los bipolares y los ultrasónicos son los que menos la afectan². En cualquier caso, la persona encargada de la extracción del aerosol o la columna de humo es la que más sufre sus consecuencias. En cuanto a esto último, no debemos olvidar que en los momentos en que se abre la válvula del trocar para evacuar el humo o para introducir a través de él cualquier instrumental quirúrgico, los miembros del equipo pueden recibir directamente una bocanada de CO₂ y partículas en suspensión en la cara. Además, la exposición de los cirujanos es más intensa y concentrada que la del resto del personal de quirófano porque ellos son los más cercanos a la destrucción de tejido, fuente de humo³.

Consecuencias para la salud

Todavía no se conoce con exactitud la composición física y química del humo quirúrgico; sin embargo, las sustancias y los microorganismos identificados hasta la fecha deberían ser

razón suficiente para considerarlo potencialmente peligroso. Los aparatos de láser, ultrasonidos e instrumental quirúrgico eléctrico pueden nebulizar al aire de quirófano virus y células viables, partículas de pequeño tamaño, mutágenos, carcinógenos y otras sustancias tóxicas. El análisis químico ha mostrado que su contenido es un 95% de vapor de agua y un 5% lo componen productos químicos y restos celulares¹.

Aunque los pacientes pueden sufrir efectos adversos por la exposición al humo quirúrgico, particularmente durante los procedimientos por laparoscopia, el mayor riesgo de enfermedades crónicas y daños para la salud lo tiene el personal de quirófano, que repetidamente lo inhala⁴. Se ha publicado que la exposición breve de los pacientes al humo quirúrgico generado por el láser durante una cirugía mínimamente invasiva produce cambios en la conformación bioquímica de su hemoglobina y que, por lo tanto, nos debería preocupar también la exposición crónica del personal de quirófano a éste⁵. Asimismo, hay autores que consideran que durante los procedimientos laparoscópicos se producen concentraciones altas de monóxido de carbono que pueden conducir a una elevación leve de la carboxihemoglobina².

Partículas de diferentes tamaños

El humo quirúrgico está compuesto de dos tipos de poblaciones de partículas: pequeñas y grandes. Las partículas más pequeñas son esféricas, contienen sodio, potasio, magnesio, calcio y hierro y son producidas por la evaporación uniforme de líquidos que dan lugar a un flujo de gas (nucleación). Las partículas grandes son irregulares, contienen carbono y oxígeno y resultan de la explosión y la fragmentación del tejido, es decir, del arrastre de tejido secundario a aspectos mecánicos².

Se ha demostrado que hay partículas de 0,07 a 25 µm en la estela del láser de CO₂ y en el humo de electrocauterio⁶⁻⁸. Aquellas que tienen entre 0,5 y 5 µm se consideran «polvo lesivo para el pulmón» porque pueden penetrar en sus regiones más profundas. En experimentos realizados con animales de laboratorio (ratas), se observó que la inhalación del humo quirúrgico producía un espectro de daño que iba desde la neumonía intersticial inflamatoria hasta el enfisema extenso y que los cambios se incrementaban proporcionalmente con el tiempo de exposición^{3,9-11}. Sin embargo, el grado de exposición era mayor de lo que sería en la experiencia práctica¹. Se ha señalado que los cambios histológicos encontrados en los animales de experimentación (hipertrofia de vasos sanguíneos, congestión alveolar y cambios enfisematosos) eran menores cuando se filtraba el humo quirúrgico³, lo que abrió el camino a nuevas formas de protección. Parece más probable que el humo incremente más el riesgo de enfermedades pulmonares crónicas (como asma o neumonía) que el cáncer de pulmón, por la presencia de partículas de pequeño tamaño⁴.

Componentes químicos

El olor es un indicio del contenido de productos químicos en el humo, secundarios a la combustión de las proteínas y los lípidos^{12,13}. Fundamentalmente, causan cefaleas, irritación y sensación de dolor en ojos, nariz y garganta^{12,14}. Algunos, como el benceno y el butadieno, son carcinógenos conocidos y otros pueden ser cardiotóxicos, como el cianuro de hidrógeno, e incluso nefrotóxicos. Estudios in vitro¹ han detectado 80 componentes químicos, algunos de los cuales se incluyen en la tabla 1.

Uno de los factores de los que depende la concentración de productos químicos producidos parece ser el tipo de tejido destruido. Así, por ejemplo, la descomposición del tejido adiposo produce una mayor cantidad de aldehído y una menor de tolueno; mientras que la ablación del tejido epidérmico produce mayores concentraciones de tolueno, etilbenceno y xileno¹⁵.

En un estudio in vitro se estimó que el humo producido durante la irradiación láser o la electrocauterización de 1 g de tejido equivalía al potencial mutagénico de 3-6 cigarrillos. Otros estudios de laboratorio han demostrado que el humo de electrocauterio y láser quirúrgico es mutagénico para ciertas variedades de *Salmonella typhimurium*⁴. Hay investigadores que observaron que las partículas extraídas eran inestables y perdían su potencial mutagénico 2 h después de ser recogidas. Por otra parte, en un trabajo reciente se señala que la baja concentración de los productos volátiles, aunque mínima, supone un cierto riesgo para la salud de los trabajadores de quirófano, equiparable al de los fumadores pasivos³.

En conclusión, aunque estudios de laboratorio y en animales indican la posibilidad de que la exposición repetida al humo quirúrgico puede causar problemas para la salud en humanos, en los estudios poblacionales publicados no hay todavía evidencias significativas de los efectos a largo plazo⁴.

Tabla 1 – Algunos de los productos químicos identificados en el humo quirúrgico

Acroleína	Ácido hexadecanoico
Acetonitrilo	Cianuro de hidrógeno
Acrilonitrilo	Indol
Acetileno	Isobuteno
Alquilbencenos	Metanol
Benzaldehídos	6-Metilindol
Benceno	2-Metilpropanol
Benzonitrilo	3-Metilbutenal
Butadieno	2-Metilfurano
Butano	4-Metilfenol
3-butenonitrilo	Metilpiracina
Disulfuro de carbono	Fenol
Monóxido de carbono	Hidrocarburos aromáticos
Cresoles	Propeno
1-Deceno	Propileno
2,3 Dihidroindeno	2-Propileno nitrilo
Etano	Piridina
Eteno	Pirrol
Etilbenceno	Estireno
Etileno	Tolueno
Etilbenceno	1-Undeceno
Formaldehído	Xileno

Células viables

Se ha demostrado que células viables y componentes sanguíneos pueden ser aerosolizados por láseres y bisturíes eléctricos^{9,16-19}. La liberación de células durante un procedimiento laparoscópico se ha considerado como la causa del crecimiento tumoral en los lugares de fuga del neumoperitoneo alrededor de los trocares, lejos del área de extirpación del tejido canceroso (metástasis en las puertas de entrada)^{1,9-11,20-25}.

El estudio del humo quirúrgico producido en el transcurso de la exéresis de diferentes cánceres abdominales puso de manifiesto la presencia de células morfológicamente intactas, la mayoría, células mesoteliales y sanguíneas¹. En 1999, Fletcher et al¹⁷ observaron que sólo algunas de las células presentes en el humo quirúrgico inmediatamente después de su recogida eran viables y que su supervivencia en medios de cultivo se limitaba a 5-7 días desde su extracción. No se puede descartar el riesgo para el personal de quirófano de la inhalación de restos tumorales viables a pesar de que se haya demostrado que éstos sólo han sido capaces de crecer en medios de cultivo y no en el tracto respiratorio humano³.

Virus viables

Hay estudios que han detectado ácidos nucleicos del virus del papiloma humano (VPH) solo o con partículas virales e incluso virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) viables en el humo quirúrgico, aunque este último no puede ser cultivado más allá de dos semanas en condiciones de laboratorio, posiblemente por el daño térmico^{1,26}.

No hay evidencias de que la infección por el VIH pueda ser transmitida a los humanos por esta vía, aunque se ha observado una elevada incidencia de verrugas nasofaríngeas en cirujanos que trabajaban con el láser de CO₂. Igualmente, en cirujanos que utilizaban el láser de Yag-Neodimio se pudo demostrar que la papilomatosis laríngea que presentaban la habían contraído tras tratar lesiones similares con este láser en sus pacientes^{1,3,7,27-29}.

Con el uso tanto del bisturí eléctrico como del láser se pueden volatilizar partículas virales del VPH capaces de generar lesiones similares a las que fueron tratadas. Garden et al²⁷, en 2002, publicaron un estudio en el que recomendaban el uso de aspiradores de humo y el tratamiento de las lesiones virales con otras modalidades terapéuticas en algunas situaciones, aunque sólo se referían al empleo del láser.

Medidas preventivas

En España, la normativa actual de prevención se limita a medidas de control de la calidad ambiental en hospitales (quirófanos y áreas críticas), publicada en textos especializados³⁰. Así, los quirófanos deben experimentar un mínimo de 15-20 renovaciones del aire por hora y la presión dentro de ellos ha de ser positiva respecto a la de su entorno, lo que se consigue con tasas de impulsión de aire un 15% superiores a las de extracción. Esta medida contribuye a eliminar gases anestésicos y otros productos que puedan acumularse en la

sala quirúrgica. Sin embargo, la correcta renovación aérea no es suficiente para tratar el humo resultante de las operaciones tanto por laparoscopia como por laparotomía, por lo que se deberían combinar otras medidas de carácter preventivo para minimizar la exposición, como el uso de equipos de protección individual, aspiradores y sistemas de filtración del humo quirúrgico^{3,4}.

Equipos de protección individual (EPI)

Las mascarillas higiénicas o de uso clínico protegen al paciente de microorganismos exhalados y partículas procedentes de la boca o la nariz de su usuario y lo protegen reduciendo el riesgo de contagio frente a salpicaduras de sangre y otros líquidos del paciente potencialmente infecciosos. Tienen una eficacia filtrante $\geq 90\%$ frente a partículas de $0,5\mu\text{m}$ y pueden ser de tres tipos: higiénica de bozal, higiénica/quirúrgica y con pantalla. A pesar de que tienen una resistencia a fluidos de dentro hacia fuera muy alta, no deben ser consideradas como equipo de protección individual completa porque el ajuste facial es poco eficaz. Su uso está regulado por RD 414/96 para riesgo de clase I^{31,32}.

Los llamados respiradores con filtro de partículas, a diferencia de las anteriores, tienen como finalidad proteger al usuario (profesional) de la inhalación de contaminantes ambientales, es decir, que trabajan de fuera hacia dentro. Tienen una eficacia filtrante $\geq 95\%$ para partículas menores de $1\mu\text{m}$ y permiten un ajuste facial $\geq 90\%$. El uso de estos EPI está regulado por la norma europea para equipos autofiltrantes de protección respiratoria contra partículas (UNE-EN 149, 2001) para riesgo de clase III. Los profesionales que trabajen directamente sobre el campo quirúrgico de pacientes que precisen aislamiento aéreo deben usar mascarilla quirúrgica sobre el respirador denominado FFP3, que es el de máxima eficacia^{32,33}.

Así, para proteger la función respiratoria de los trabajadores se podría usar respiradores con filtro de partículas con válvula de exhalación (FFP3) y, para proteger el campo quirúrgico, se debería emplear una mascarilla quirúrgica sobre dicho respirador. El inconveniente estriba en que la incomodidad que produce el uso de respiradores, unido a las condiciones ambientales de quirófano y la duración de las intervenciones, hace que esta medida sea poco aplicable en la práctica clínica diaria. Para cuidar los ojos se debe añadir pantallas faciales, máscaras o gafas con protección lateral.

Aspiradores y sistemas de filtración de humo quirúrgico

El tipo de dispositivo de retirada de humo y la posición del evacuador de humo pueden influir en el grado de exposición⁴. En el Reino Unido los organismos responsables de la salud de los trabajadores no han publicado ningún consejo debido al desconocimiento de los riesgos exactos. En Estados Unidos, la US National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) recomienda el uso de evacuadores de humo durante los procedimientos quirúrgicos en que se produzcan humo quirúrgico o columna de humo para minimizar la exposición a éste, con una succión con alta velocidad de captura (como mínimo, 31–46 m/s), no estándar, montada en la pared, junto con filtros de partículas de alta eficacia^{28,29}. Sin embargo, hay

autores que no recomiendan los aspiradores de pared para la evacuación del humo por su dudosa eficacia y porque se necesita un filtro en la propia tubería para evitar la obstrucción del sistema. La NIOSH indica que los dispositivos locales para la captura de humo quirúrgico deberían estar dentro unos 5 cm del campo quirúrgico y el aspirador debería estar conectado siempre que se produzca el humo quirúrgico. Garden et al²⁷ encontraron que a 1 cm tenía un 98% de eficacia y que por encima de los 2 cm disminuía al 50% la eficacia de la retirada del humo.

Numerosos estudios se han ocupado del tema³, e informaron que los cambios histológicos en los pulmones de los animales de laboratorio eran menores en los que respiraban humo quirúrgico sometido a una filtración simple o doble que en los que respiraban humo sin filtrar. Una de las conclusiones fue que, aunque no hay evidencias suficientes del efecto nocivo del humo quirúrgico para la salud, se debe usar sistemas para evacuarlo, ya que ello supone reducir la exposición³.

El American National Standards Institute (ANSI) ha desarrollado normas relativas a la evacuación de la columna de humo producido por la ablación con láser. Los evacuadores de la columna de humo del láser han sido extensamente aceptados y usados desde el inicio del láser quirúrgico. Investigaciones recientes indican que hay una diferencia pequeña entre el humo generado por electrocauterio y el escarpelo armónico y el láser, por lo que habrá similares perfiles de riesgo^{1,3}.

En cuanto a las intervenciones por laparoscopia, hay que tener presente que se emplea una cantidad variable de CO₂ (de 15 a 150 l según duración, complejidad e incidencias) que se va introduciendo en la cavidad abdominal del paciente, se mezcla con el humo quirúrgico producido por instrumentos electroquirúrgicos, ultrasonidos o láser y que se libera al aire ambiente respirado por el personal de quirófano, sin que ninguna norma regule en tal sentido en España, aparte de las medidas de control de la calidad ambiental del aire. Aunque diluidos, los componentes presentes en esta mezcla deberían ser suficiente razón para incluir en la práctica laparoscópica el empleo de sistemas de filtración conectados a uno de los trocares, para evitar de esta manera la inhalación por parte del equipo quirúrgico de virus y células viables, partículas de pequeño tamaño, mutágenos, carcinógenos y otras sustancias tóxicas. O bien la aspiración sistemática con unidades provistas de filtro, nunca la liberación brusca del gas intraabdominal. En el mercado hay tales sistemas, como el filtro LaparoShield® (Pall, Portsmouth, Inglaterra) para conexión a válvula de trocar. En cuanto a las intervenciones por laparotomía, se debería usar de forma sistemática un aspirador con sistemas de filtración ubicados cerca del área de producción de humo quirúrgico, al menos durante los periodos en que ésta sea mayor. Hay sistemas de electrobisturí y aspirador sincronizado como el OptiMumm® Smoke Evacuador/AccuVac® (Valleylab, Covidien, Colorado, Estados Unidos).

En cuanto a los filtros, cabe señalar que se contaminan con material de riesgo biológico y, por lo tanto, se debe eliminarlos de la misma forma que los productos contaminados con sangre y líquidos orgánicos. Al cambiar los filtros, por el personal de quirófano o por un técnico biomédico, se deben

usar guantes, máscara y protección ocular, porque las conexiones se impregnan con el humo y, cuando se sueltan, pueden desprender material contaminado al aire³⁴.

Conclusiones

Hay que ser cautos a la hora de extrapolar los resultados de los estudios de laboratorio a la práctica clínica porque las condiciones no son las mismas. Además, en los estudios clínicos, los niveles de evidencia son pobres (tipo IV), basados en documentos u opiniones de expertos o experiencias clínicas aisladas; así, los diferentes grados de recomendación no son categóricos. No obstante la duda sobre los efectos nocivos de la exposición a largo plazo del humo quirúrgico, hay que ser precavidos y tratar de poner todas las medidas preventivas existentes a nuestro alcance: uso de equipos de protección individual, aspiradores y sistemas de filtración del humo quirúrgico. Por otra parte, es necesario cumplir con la normativa de control de la calidad ambiental del aire en hospitales (quirófanos y áreas críticas).

Actualmente la preocupación se basa en la naturaleza de los componentes del humo quirúrgico identificados hasta la fecha, algunos claramente perjudiciales y para los que se ha pedido un grado de exposición nulo en los trabajadores, como es el caso del benceno. El carácter voluntario de los reconocimientos médicos periódicos del personal de quirófano adquiere aquí un significado especial; realizarlos es necesario no sólo para conocer el estado de salud de aquellos en un momento dado, sino también para efectuar un correcto seguimiento y la identificación de nuevos factores de riesgo para la salud de los trabajadores, incluido el humo quirúrgico. Una prueba más del importante papel que desempeña la medicina del trabajo en la sociedad actual y, más concretamente, en el ámbito hospitalario.

BIBLIOGRAFÍA

1. Spearman J, Tsavellas G, Nichols P. Current attitudes and practices towards diathermy smoke. *Ann R Coll Surg Engl.* 2007;89:162-5.
2. Weld KJ, Dryer S, Ames CD, Cho K, Hogan C, Lee M, et al. Analysis of surgical smoke produced by various energy-based instruments and effect on laparoscopic visibility. *J Endourol.* 2007;21:347-51.
3. Bigony L. Risks associated with exposure to surgical smoke plume: a review of the literature. *AORN J.* 2007;86:1013-20.
4. Gates MA, Feskanich D, Speizer FE, Hankinsen SE. Operating room nursing and lung cancer risk in a cohort of female registered nurses. *Scand J Work Environ Health.* 2007;33:140-7.
5. Ott DB. Laparoscopic surgical smoke absorbed into bloodstream. *O R Manager.* 1994;10:19.
6. Descoteaux JG, Picard P, Poulin EC, Baril M. Preliminary study of electrocautery smoke particles produced in vitro and during laparoscopic procedures. *Surg Endosc.* 1996;10:152-8.
7. Jewett DL, Heinsohn P, Bennett C, Rosen A, Neuilly C. Blood-containing aerosols generated by surgical techniques: a possible infectious hazard. *Am Ind Hyg Assoc J.* 1992;53:228-31.
8. Nezhat C, Winer WK, Nezhat F, Forrest D, Reeves WG. Smoke from laser surgery: is there a health hazard? *Surg Med.* 1987;7:376-82.
9. Ziegler BL, Thomas CA, Meier T, Müller R, Flidner TM, Weber L. Generation of infectious retrovirus aerosol through medical laser irradiation. *Lasers Surg Med.* 1998;22:37-41.
10. Cavina E, Goletti O, Molea N, Buccianti P, Chiarugi M, Boni G, et al. Trocar site tumor recurrences. May pneumoperitoneum be responsible? *Surg Endosc.* 1998;12:1294-6.
11. Tseng LN, Berends FJ, Wittich P, Bouvy ND, Marquet RL, Kazemier G, et al. Port-site metastases. Impact of local tissue trauma and gas leakage. *Surg Endosc.* 1998;12:1377-80.
12. Ball K. Surgical smoke: is it safety to breathe? *Today's Surg Nurs.* 1996;18:16-21.
13. Ulmer B. Patient safety during electrosurgical minimally invasive procedures. *Minim Invasive Surg Nurs.* 1996;10:2-4.
14. Hoglan M. Potential hazards from electrosurgery plume: recommendations for surgical smoke evacuation. *Canadian Operating Room Nurs J.* 1995;13:10-6.
15. Al Sahaf OS, Vega-Carrascal I, Cunningham FO, McGrath JP, Bloomfield FJ. Chemical composition of smoke produced by high-frequency electrosurgery. *Ir J Med Sci.* 2007;176:229-32.
16. Champault G, Taffinder N, Zioli M, Riskalla H, Catheline JM. Cells are present in the smoke created during laparoscopic surgery. *Br J Surg.* 1997;84:993-5.
17. Fletcher JN, Mew D, DesCôteaux JG. Dissemination of melanoma cells within electrocautery plume. *Am J Surg.* 1999;178:57-9.
18. Nduka CC, Poland N, Kennedy M, Dye J, Darzi A. Does the ultrasonically activated scalped release viable airborne cancer cells? *Surg Endosc.* 1998;12:1031-4.
19. Osterhuis JW, Verschuere RC, Eibergen R, Oldhoff J. The viability of cells in the waste products of CO₂-laser evaporation of Cloudman mouse melanomas. *Cancer.* 1982;49:61-7.
20. Bonjer HJ, Gutt CN, Hubens G, Krähenbühl L, Kim SH, Bouvy ND, et al. Port site metastases in laparoscopic surgery. First workshop on experimental laparoscopic surgery, Frankfurt 1997. *Surg Endosc.* 1998;12:1102-3.
21. Lee SW, Gleason NR, Bessler M, Whelan RL. Tumor proliferative index is higher in mice undergoing laparotomy vs. CO₂ pneumoperitoneum. *Dis Colon Rectum.* 1999;42:477-81.
22. Martinez J, Targarona EM, Balagué C, Pera M, Trias M. Port site metastasis. An unresolved problem in laparoscopic surgery. A review. *Int Surg.* 1995;80:315-21.
23. Savalgi RS. Port-site metastasis in the abdominal wall: fact or fiction? *Semin Surg Oncol.* 1998;15:189-93.
24. Texler ML, King G, Hewett PJ. From inside out. Microperforation of the gallbladder during laparoscopic surgery may liberate mucosal cells. *Surg Endosc.* 1998;12:1297-9.
25. Wang PH, Yuan CC, Lin G, Ng HT, Chao HT. Risk factors contributing to early occurrence of port site metastases of laparoscopic surgery for malignancy. *Gynecol Oncol.* 1999;72:38-44.
26. Baggish MS, Poiesz BJ, Joret D, Williamson P, Refai A. Presence of human immunodeficiency virus DNA in laser smoke. *Lasers Surg Med.* 1991;11:197-203.
27. Garden JM, O'Banion MK, Shelnitz LS, Pinski KS, Bakus AD, Reichmann ME, et al. Papillomavirus in the vapour of carbon dioxide laser-treated verrucae. *JAMA.* 1988;259:1199-202.
28. Gloster H, Roenigk R. Risk of acquiring human papillomavirus from the plume produced by the carbon dioxide laser in the treatment of warts. *J Am Acad Dermatol.* 1995;32:436-41.
29. Hallmo P, Naess O. Laryngeal papillomatosis with human papillomavirus DNA contracted by a laser surgeon. *Eur Arch Otolaryngol.* 1991;248:425-7.

-
30. Calidad ambiental en hospitales: quirófanos y áreas críticas. Puntexpress. Revista de la consulta n.º 565 de 20-3-2003.
 31. RD 414/96 por el que se regula los productos sanitarios (BOE de 24 de abril de 1996).
 32. Garner JS. The CDC Hospital Infection Control Practices Advisory Comitee. Am J Infect Control. 1993;21:160-2.
 33. Dispositivos de protección respiratoria. UNE-EN 149; 2001.
 34. Phillips NF. Técnicas de quirófano de Berry y Kohn. 10.^a ed. Barcelona: Elsevier; 2004. p. 226-7.