



ARTÍCULO DE REVISIÓN

El humo del electrocauterio, el riesgo olvidado y minimizado de la cirugía

Smoke from electrocautery, the forgotten and minimized risk of surgery

César Ensuncho-Hoyos, MD¹ , Salim Elías Barguil-Fernández de Castro, MD² ,
Diana Lara-Fortich, MD² , Hugo Andrés De Moya-Jaramillo, MD³ 

- 1 Servicio de Cirugía, Clínica Central OHL Ltda.; Facultad de Medicina, Universidad del Sinú, Montería, Colombia.
- 2 Consulta Externa, Sanarte IPS, Montería, Colombia.
- 3 Servicio de Cirugía, Clínica IMAT Oncomédica Auna, Montería, Colombia.

Resumen

Introducción. La nueva era de la cirugía es cada vez más dependiente de la tecnología, y un ejemplo de ello es el uso generalizado de electrocauterio como parte primordial de la práctica quirúrgica. El humo quirúrgico es un subproducto de la disección y la coagulación de los tejidos producidas por los equipos de energía, que representa múltiples riesgos potenciales para la salud del grupo quirúrgico, sin embargo, se han minimizado los peligros causados por la exposición de manera frecuente y acumulativa a este aerosol.

Métodos. Se realizó un análisis crítico, desde una posición reflexiva de la información disponible, estableciendo los posibles riesgos relacionados con la exposición al humo quirúrgico.

Discusión. Es visible la necesidad imperativa de establecer directrices nacionales, pautas normativas y recomendaciones estandarizadas para cumplir con las exigencias dadas por los sistemas de gestión en salud ocupacional y seguridad del trabajo, cuyo objetivo principal es hacer efectivo el uso de mascarillas quirúrgicas apropiadas, la implementación de programa de vigilancia epidemiológica ambiental en sala de cirugía, la priorización del uso constante de aspiradores y sistemas de evacuación, y la ejecución de programas educativos de sensibilización dirigidos al personal implicado. De igual manera, se abre la inquietud de la necesidad de nuevos estudios para definir con mayor precisión el peligro de este aerosol.

Conclusión. Se recomienda de manera responsable utilizar todas las estrategias preventivas existentes para intervenir en salas de cirugía los riesgos minimizados y olvidados del humo quirúrgico.

Palabras clave: electrocoagulación; lesión por inhalación de humo; riesgo a la salud; exposición profesional; quirófanos; respiradores N95.

Fecha de recibido: 22/09/2023 - Fecha de aceptación: 29/11/2023 - Publicación en línea: 19/02/2024

Correspondencia: César Ensuncho-Hoyos, Carrera 9 # 56-72, Montería, Colombia. Teléfono: (57) 300 8170499

Dirección electrónica: censunch@gmail.com

Citar como: Ensuncho-Hoyos C, Barguil-Fernández de Castro SE, Lara-Fortich D, De Moya-Jaramillo HA. El humo del electrocauterio, el riesgo olvidado y minimizado de la cirugía. Rev Colomb Cir. 2024;39:459-66. <https://doi.org/10.30944/20117582.2461>

Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons - BY-NC-ND <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

Abstract

Introduction. The new era of surgery is increasingly dependent on technology, and an example of this is the widespread use of electrocautery as a primary part of surgical practice. Surgical smoke is a byproduct of the dissection and coagulation of tissues produced by energy equipment, which represents multiple potential health risks for the surgical group; however, the dangers caused by cumulative exposure have been minimized.

Methods. A critical analysis was carried out from a reflective position of the available information, establishing the possible risks related to exposure to surgical smoke.

Discussion. The imperative need to establish national normative guidelines and standardized recommendations to comply with the demands given by the occupational health and work safety management systems, whose main objective is to make effective the use of appropriate surgical masks, implementation of environmental epidemiological surveillance program in the operating room, prioritizing the constant use of vacuum cleaners and evacuation systems, and carrying out educational awareness programs aimed at the personnel involved. Likewise, there is concern about the need for new studies to more precisely define the danger of this aerosol.

Conclusion. It is recommended to responsibly use all existing preventive strategies to intervene in operating rooms to minimize the forgotten risks of surgical smoke.

Keywords: electrocoagulation; smoke inhalation injury; health risk; occupational exposure; operating rooms; N95 respirators.

Introducción

La cirugía como ciencia y arte evolucionó históricamente a pasos gigantes al vencer a tres de sus enemigos clásicos, *el dolor, la infección y la hemorragia*, gracias al descubrimiento de la anestesia, el posicionamiento indispensable de la asepsia y antisepsia, la producción y refinamiento de los antibióticos, la expansión global de las técnicas Halstedianas, así como el pinzamiento y ligadura de vasos sanguíneos, la invención y el mejoramiento de las técnicas de imágenes diagnósticas, el trasplante de órganos, la terapia nutricional y, finalmente, la aplicación de tecnología en la cirugía, como la energía eléctrica monopolar de alta frecuencia, que se viene utilizando rutinariamente para diseccionar y termosellar los vasos sanguíneos, con la finalidad de una hemostasia efectiva¹.

Después de la búsqueda acuciosa de la literatura existente hasta el momento, en Colombia no encontramos estudios que evalúen la disponibilidad real de aspiradores y sistemas de evacuación en quirófanos, uso de dispositivos médicos ecoamigables, ni oferta de programas de vigilancia epidemiológica ambiental en sala cirugía, ni tampoco la frecuencia de uso pertinente de

mascarillas N95 en el personal implicado. La provisión de recursos del servicio de cirugía por niveles de atención se rige bajo la resolución 3100 del 2019, la cual brinda los estándares de infraestructura física y dotación en sala de operaciones².

Aunque no contamos con la normativa nacional que regule los estándares de calidad para la prestación del servicio en este ámbito, se fundamenta las conductas en normas internacionales, como la ISO 14644-1 del 2016, donde se definen los requisitos mínimos para el manejo de la contaminación del aire en el quirófano, limitados solo al control ambiental hospitalario, sin especificar el uso indicado de mascarillas N95, dispositivos ecoamigables, aspiradores de sistemas de evacuación o de filtración del humo quirúrgico³.

El principal objetivo de esta reflexión fue hacer visible la problemática, exponer las bases científicas y generar planes de mejora en la prestación del servicio, para la implementación prioritaria de estrategias suficientes, costoefectivas y contundentes, así como la necesidad de una normativa nacional acorde a las políticas internacionales para la protección y respaldo de los trabajadores de la salud expuestos al riesgo del humo quirúrgico.

La vulnerabilidad del cirujano

Los principios y lineamientos de políticas de seguridad del paciente, que proponen minimizar los riesgos o mitigar sus consecuencias en un entorno quirúrgico durante el proceso de atención en salud, están bien establecidos en nuestro país. Sin embargo, aunque la seguridad del paciente es primordial, existe vulnerabilidad con relación al tema de seguridad del cirujano y el grupo quirúrgico. Los factores que influyen en esta fragilidad pueden ser noxas infecciosas transmitidas por fluidos corporales, exposición a la radiación, tensiones biomecánicas, estrés y fatiga, así como, efectos adversos por exposición a vapores de diatermia⁴.

El electrocauterio

El biofísico William T. Bovie permanece en todo el mundo de la cirugía, como el inventor- dueño de la patente y, además, como el nombre genérico para todos los dispositivos de electrocauterización desde 1931. Fue gracias a la colaboración del doctor Harvey Cushing, considerado el padre de la neurocirugía y formado en el Hospital Johns Hopkins bajo la tutoría del Cirujano William Stewart Halsted, quien utilizó el dispositivo en el Hospital Peter Bent Brigham en Boston - Massachusetts, el 1° de octubre de 1926, en la reoperación exitosa de un paciente con un gran tumor parietal, con mejoría global significativa en la disección y hemostasia. Estos resultados favorables fueron publicados en revistas de alto impacto del momento, acarreado la aceptación generalizada de electrocauterio quirúrgico, que desde entonces se convirtió en parte primordial de la práctica quirúrgica⁵.

El humo quirúrgico

La electrocirugía, la ablación con láser y la disección con bisturí ultrasónico crean un subproducto gaseoso comúnmente conocido como humo quirúrgico, que constituye un peligro técnico, físico, químico y biológico para el personal de la sala de cirugía. La inhalación de dichas partículas puede traer consecuencias inflamatorias, irritación ocular, lesiones del aparato respiratorio por productos de la destrucción térmica de los tejidos,

exposición a mutágenos y carcinógenos o transmisión de patógenos, representando un espectro de efectos adversos asociados con la exposición ocupacional al humo quirúrgico^{6,7}.

El humo quirúrgico contiene elementos aerosoles cuyos componentes varían en sus características dependiendo de los tipos de tejidos o de dispositivos de energía utilizados. Por ejemplo, la posibilidad de contagio es mayor por células vivas y patógenos en el humo quirúrgico producido por un bisturí ultrasónico, ya que puede contener *Mycobacterium tuberculosis* vivo resistente a múltiples fármacos, ácido desoxirribonucleico (ADN) viral de hepatitis B, hepatitis C, virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) y virus del papiloma humano (VPH), al igual que células malignas vivas y materiales celulares muertos, produciendo un riesgo de infección no cuantificado.

El aire acondicionado o los sistemas de flujo laminar intraoperatorios no son totalmente competentes al momento de capturar el gas quirúrgico cerca del sitio donde se produce, en cambio, diseminan el bioaerosol derivado de la combustión tisular dentro del quirófano. La remoción de humo del sitio de operación por medio de ventilación de escape local no es completa y en muy pocos quirófanos o salas de procedimiento utilizan mascarillas quirúrgicas apropiadas, aspiradores y sistemas de evacuación de humos que puedan reducir en cierta medida este riesgo^{8,9}.

Composición del humo quirúrgico

De acuerdo con las características de su composición, el humo quirúrgico es un asesino silencioso y oculto que convive en el quirófano, convirtiéndose en un importante factor de riesgo que afecta la salud y seguridad del personal, y de los pacientes¹⁰. El principal componente de este humo es el vapor de agua y solo un 5 % representa productos químicos o restos celulares. Algunas de las sustancias derivadas de esta noxa gaseosa son carcinógenos, cardiotoxicos o nefrotóxicos, entre otros elementos perjudiciales.

Varios estudios han documentado más 150 componentes químicos en este humo. Un estudio *in vitro* evaluó el vapor de agua complejo producido

durante la irradiación láser o subproducto de la electrocauterización de 1 gramo de tejido y consideró que se equipara al potencial mutágeno de hasta 6 cigarrillos sin filtro. Se ha descrito una alta ocurrencia de verrugas nasofaríngeas en profesionales quirúrgicos que han trabajado con láser de dióxido de carbono (CO₂), al igual de aquellos cirujanos que han utilizado el láser de NeodimioYag, lográndose demostrar la presencia de papilomatosis laríngea, y que estas las habían adquirido tras tratar lesiones similares en sus pacientes¹¹.

El calor de una diatermia hace que las membranas de las células diana se destruyan hasta su punto de ebullición y, posteriormente, genera una columna de humo dañino que se libera a la atmósfera del quirófano. Por ejemplo, se encontró que el 80 % de las columnas de humo eran positivas para el VPH de pacientes con neoplasia intraepitelial cervical (NIC), confirmado para este virus después del tratamiento con procedimiento de extirpación electroquirúrgica con asa (LEEP, *Loop Electrosurgical Excision Procedure* -por sus siglas en inglés-), lo que sugiere que podrían ser necesarios procedimientos de control estrictos para proteger al grupo quirúrgico ginecológico.

Al mismo tiempo, el intenso calor creado por las proteínas carbonizadas y otras materias orgánicas dentro de las células provoca una necrosis térmica en las células adyacentes. La carbonización de las células también libera otros contaminantes nocivos, como fragmentos de células e hidrocarburos gaseosos. Cada vez hay más pruebas que sugieren que las partículas de aproximadamente 5 micrómetros o más se depositan en las paredes de la nariz, la faringe, la tráquea y los bronquios, mientras que las de menos de 2 micrómetros se depositan en los bronquiolos y los alvéolos. El 77 % de las partículas dentro de humo tienen menos de 1,1 micrómetros, con un diámetro medio menor o igual a 0,07 micrómetros, por lo que ciertamente se encuentran en el rango inspirable. Estos aerosoles posiblemente no son un peligro inmediato para la salud del personal del quirófano, pero los riesgos acumulativos y frecuentes sí, y se debe ser consciente de los riesgos potenciales para la salud a largo plazo¹².

Uso de mascarilla quirúrgica adecuada

Está documentado que las mascarillas quirúrgicas convencionales no son capaces de filtrar el bioaerosol producido¹³. El riesgo potencial de inhalación de humo quirúrgico podría reducirse notablemente al usar una máscara quirúrgica apropiada. Las máscaras quirúrgicas adecuadas, en general, brindan más del 90 % de protección para el paciente y el personal de la sala de operaciones contra la exposición al humo quirúrgico, por lo cual se deben usar máscaras convenientes de alta filtración y ajuste para evitar la exposición al gas quirúrgico.

Se ha documentado que el tamaño de las partículas en el humo quirúrgico es mucho más pequeño que el diámetro de las partículas que las mascarillas quirúrgicas estándar podrían filtrar. Las partículas pequeñas de menor diámetro constituyen más de dos terceras partes de las partículas que se encuentran en este subproducto gaseoso. Sin embargo, las mascarillas quirúrgicas tradicionales no obedecen a cabalidad con los requisitos para cumplir las exigencias estándares de salud ocupacional y seguridad en el trabajo. Su vulnerabilidad de penetración demostró que las mascarillas quirúrgicas usuales ofrecían solo una protección parcial a partículas de 5 micrómetros de diámetro, y cuando los tamaños eran menores a este, estas partículas no eran filtradas por las mascarillas quirúrgicas tradicionales y podrían ser inhaladas por el personal¹⁴.

En nuestro ambiente nacional, laboral e institucional, no existen pautas sobre el uso de mascarillas adecuadas para procedimientos quirúrgicos. Parece que los elementos de protección costoefectivos deberían de ser por lo menos de grado N95, que brindan una protección indiscutible contra el humo quirúrgico producido durante el uso de electrocauterio, láser o bisturí ultrasónico, logrando demostrar una barrera superior y efectiva según el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH, *National Institute for Occupational Safety and Health* -por sus siglas en inglés-), en comparación a la mascarilla quirúrgica tradicional¹⁵.

Aunque la mascarilla N95, presenta algunos problemas ergonómicos, algo de dificultad para la ventilación, más riesgo de hipercapnia, y limitación en la comunicación en sala de cirugía, brinda más protección en caso de enfermedades respiratorias clínicas e infecciosas confirmadas por laboratorio¹⁶.

Sistemas de evacuación y uso de aspiradores

El uso correcto y diligente de un sistema de evacuación de humo con filtro de alta eficiencia es otra medida preventiva primordial e importante. La evacuación del humo se ha identificado como una forma factible y potencialmente útil de reducir los riesgos colectivos de exposición a este aerosol. Se requieren dispositivos biomédicos para evacuar el humo, purificar el aire y capturar el material particulado en el aerosol.

Los sistemas de evacuación están equipados con filtros especiales (filtro de carbón o filtro para partículas ultrapequeñas) que permiten retener de forma efectiva los componentes del humo quirúrgico. Los sistemas de evacuación de humo pueden capturar el aerosol en el sitio quirúrgico, donde se puede filtrar y atrapar las partículas nocivas, lo cual ha demostrado efectividad para limitar la exposición al gas nocivo y posibles riesgos para la salud^{17,18}.

Otros estudios relacionados

Este agresor desagradable, producto de la electrocoagulación, también origina riesgos laborales asociados a cambios en la mucosa nasal del personal de salud. En un estudio realizado en el 2016, de cohorte fija y linealidad prospectiva durante 4 años, donde se compararon médicos expuestos a la inhalación de humo del cauterio en relación a médicos no expuestos, cotejando la histología de la mucosa nasal al inicio del estudio y otra al final del estudio, el 70 % de los galenos en el grupo de expuestos presentaron alguna variación tisular en la mucosa nasal (hiperplasia o metaplasia escamosa), mientras tan solo el 5 % del grupo de no expuestos lo presentó. El riesgo de desarrollar alteraciones en la mucosa nasal, para los galenos

en sala de cirugía fue significativo, con una alta incidencia para la cohorte expuesta, independiente del uso cotidiano y usual de la mascarilla quirúrgica convencional¹⁹.

Otro estudio de 2007, en el Reino Unido, mostró que solo el 3 % de todos los cirujanos encuestados aceptaron usar extractores de humo. Algo más de dos tercios de los participantes afirmaron que se no habían tomado las precauciones pertinentes para proteger a todo el grupo quirúrgico de los peligros potenciales de este aerosol lesivo. El gas lleva dentro sustancias químicas nocivas, incluso concentraciones importantes de carcinógenos, con pruebas suficientes que confirman que pueden estar asociados a la plausibilidad biológica de neoplasias malignas en el ser humano, catalogadas como Grupo I según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer, que pueden eludir las máscaras estándar y usuales que se usan en el quirófano²⁰.

Un estudio descriptivo realizado en Turquía, en el 2015, reportó los principales síntomas manifestados por enfermeras y médicos a consecuencia de la exposición al humo quirúrgico, como cefalea (enfermeras: 48,9 %, médicos: 58,3 %), epifora (enfermeras: 40,0 %, médicos: 41,7 %), tos (enfermeras: 48,9 %, médicos: 27,8 %), odinofagia, malos olores en el cabello, náuseas, somnolencia, vértigo, estornudos y rinitis. Al referirse a las medidas preventivas tomadas para la protección del humo quirúrgico, se constató que no relataron tomar medidas de protección efectivas, ya que el 91,1 % de las enfermeras y el 86,1 % de los médicos, informaron usar máscaras quirúrgicas usuales, las cuales por sí solas, son ineficaces para proteger de los efectos de este aerosol nocivo²¹.

Cirugía mínimamente invasiva

Tanto la cirugía abierta como la cirugía mínimamente invasiva tienen el potencial de generar aerosoles de partículas y, por lo tanto, en ambos escenarios es fundamental la protección de todo el equipo de trabajo dentro del quirófano²².

En la cirugía laparoscópica se emplea una cantidad variable de CO₂ médico, que se introduce en la cavidad abdominal del paciente para

crear un espacio de trabajo en el área peritoneal, y se mezcla con el humo quirúrgico producido por instrumentos biomédicos, el cual se libera al aire ambiente, de manera inocente y cotidiana, al realizar la apertura de los trocares. Se debería adicionar en la praxis quirúrgica el uso de sistema de filtración conectado a los trocares, para evitar los riesgos o peligros ya mencionados de la exposición al humo quirúrgico, o bien, la aspiración sistemática con unidades provistas de filtro, sin la liberación brusca del gas diluido intraabdominal, recursos ya existentes para la venta en el mercado ²³.

Gravedad del riesgo

Los equipos de electrocirugía se han convertido en una herramienta esencial a la hora realizar procedimientos quirúrgicos en todo el mundo. El humo quirúrgico es peligroso, ya que puede causar numerosos problemas de salud, pero aún no se ha determinado los niveles de seguridad ni la gravedad del riesgo. No hay pruebas firmes de que el personal de quirófano muestre mayores tasas de cáncer en comparación con la población general. Los datos que implican otras formas de humo inhalado pasivamente, como los aerosoles asociados con la exposición a biomasa, probablemente sean comparables con el gas emitido durante los procedimientos quirúrgicos, por eso es necesario investigar formas rentables de evacuación de humos. También se necesitan estudios que evalúen secuelas respiratorias y estudios analíticos sobre el cáncer asociados a la exposición a largo plazo a este factor de riesgo.

Hay que ser cautos al momento de emitir conclusiones sin una evidencia sólida que lo respalde, pero sin minorizar o ignorar los riesgos potenciales de la exposición ²⁴.

Si bien existe una conciencia considerable de los peligros del humo quirúrgico entre los cirujanos, y el resto del personal de salud en el quirófano, un número considerable de ellos no utiliza las medidas de protección adecuadas. La implementación de las normas sobre medidas de seguridad se ve obstaculizada por el escaso

conocimiento, la disponibilidad limitada de información, la incomodidad, el ruido excesivo de los dispositivos biomédicos de aspiradores y sistemas de evacuación, los problemas financieros, tamaño de los dispositivos, la insuficiente adecuación de las salas de cirugía y las temperaturas del quirófano ²⁵.

Normatividad nacional

Aunque este subproducto gaseoso de la disección y cauterización de tejidos con dispositivos generadores de calor en diversas intervenciones presenta una gran cantidad de riesgos potenciales para el grupo quirúrgico, aún no se han establecido pautas legales y recomendaciones estandarizadas en nuestro país, para tomar conciencia real de los peligros tomados al exponerse de manera frecuente y acumulativa a lo largo de su tiempo profesional activo.

A nivel nacional, se rige bajo el estándar internacional de conservar los quirófanos con presión positiva, con una humedad relativa del 15-60 %, una temperatura del 20-24°C, con un recambio de aire mínimo de 15-21 veces por hora, por lo cual, debería realizarse un intercambio de hasta cuatro veces con corrientes de aire fresco, preferiblemente acompañados de la utilización de filtros de calidad superior y costo-eficientes ²⁶.

No obstante, esto aún continúa siendo insuficiente para obtener la depuración adecuada del aire que se inhala en los quirófanos producto de la praxis quirúrgica, es por esto, que se debería potenciar dicha norma, con otras medidas de prevención para minimizar la exposición, como el uso de equipos de protección individual, aspiradores y sistemas de filtración del humo quirúrgico. Los filtros se impregnan y se ensucian con material de riesgo biológico, por consiguiente, se debe desechar cuidadosamente de la misma forma que cualquier producto contaminado con producto sanguíneo o fluidos orgánicos. Al cambiar los filtros, se deberá usar elementos de protección personal, porque estos se empapan con el humo y, cuando se manipulan, pueden esparcir sustancias contaminadas al aire ²⁷.

Reflexiones finales

Como lo mencionaba el doctor José Félix Patiño, la nueva era de la cirugía es cada vez más dependiente de la tecnología, y por ello, es un ejemplo de la simbiosis del hombre y la máquina, en un nuevo contexto digital y electrónico, con abordajes mínimamente invasivos. La cirugía ha sufrido un cambio profundo -una verdadera revolución- con el advenimiento de la cirugía laparoscópica, endoscópica, robótica, digital o mixta²⁸.

En la actualidad, se recomienda de manera preventiva el uso de mascarillas quirúrgicas apropiadas, establecer un programa de vigilancia epidemiológica ambiental permanente para el personal expuesto, el uso de dispositivos biomédicos que generen escaso humo quirúrgico (uso de bajos voltajes, cuchillas recubiertas de teflón y modos que reducen la potencia de salida automáticamente en respuesta a la impedancia), y priorizar la necesidad de un uso constante de aspiradores y sistemas de evacuación para reducir en cierta medida este riesgo. Sin embargo, la mayoría de los miembros del personal de quirófano y algunas instituciones no implementan las medidas correspondientes para protegerse.

Se deben crear programas educativos de sensibilización al personal asistencial, así como realizar investigaciones pertinentes, con el objetivo de encontrar formas efectivas de eliminar el humo del lugar de la cirugía y también el riesgo real para el personal de la sala de operaciones, al igual que para los pacientes. El compromiso del cirujano radica en abanderar con perseverancia todas las actividades encaminadas al proceso de concientización al personal implicado, minimizar responsablemente el uso de electrocauterio siempre que sea posible, completar la eliminación del aerosol nocivo, promoviendo y exigiendo el uso de estas estrategias preventivas en su sitio de trabajo, para intervenir quirúrgicamente los riesgos minimizados y olvidados del humo quirúrgico.

Cumplimiento de normas éticas

Consentimiento informado: Dado la naturaleza reflexiva y crítica del documento, no se requiere diligenciamiento de consentimiento informado.

Conflicto de intereses: Los autores declararon no tener conflictos de intereses.

Uso de inteligencia artificial: Los autores declararon no haber utilizado tecnologías asistidas por inteligencia artificial para la realización de este artículo.

Fuente de financiación: Este artículo ha sido financiado por los autores.

Contribución de los autores

- Concepción y diseño del estudio: César Ensuncho-Hoyos, Salim Elías Barguil-Fernández de Castro, Diana Lara-Fortich, Hugo Andrés De Moya-Jaramillo.
- Análisis e interpretación de datos: César Ensuncho-Hoyos, Salim Elías Barguil-Fernández de Castro, Diana Lara-Fortich, Hugo Andrés De Moya-Jaramillo.
- Redacción del manuscrito: César Ensuncho-Hoyos, Salim Elías Barguil-Fernández de Castro, Diana Lara-Fortich, Hugo Andrés De Moya-Jaramillo.
- Revisión crítica: César Ensuncho-Hoyos, Salim Elías Barguil-Fernández de Castro, Diana Lara-Fortich, Hugo Andrés De Moya Jaramillo.

Referencias

- 1 Abaunza H. Ciencia y arte en la cirugía. Rev Latinoam Cir. 2014;4:50-7.
- 2 Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución número 3100 de 2019. Fecha de consulta: 19 de noviembre de 2023. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-3100-de-2019.pdf>
- 3 Sun-Han JE. Nueva versión de la norma ISO 14644. 2016. Fecha de consulta: 19 de noviembre de 2023. Disponible en: <http://www.grupoccv.com/Documentos/Norma%20ISO%2014644%20partes%201%20y%202%20revisadas.pdf>
- 4 Khajuria A, Maruthappu M, Nagendran M, Shalhoub J. What about the surgeon? Int J Surg. 2013;11:18-21. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2012.11.024>
- 5 Carter PL. The life and legacy of William T. Bovie. Am J Surg. 2013;205:488-91. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2012.12.005>
- 6 Swerdlow BN. Surgical smoke and the anesthesia provider. J Anesth. 2020;34:575-84. <https://doi.org/10.1007/s00540-020-02775-x>
- 7 Dixon K, Dasgupta P, Vasdev N. A systematic review of the harmful effects of surgical smoke inhalation on operating room personnel. Health Sciences Review. 2023;6:100077. <https://doi.org/10.1016/j.hsr.2023.100077>

- 8 Chowdhury KK, Meftahuzzaman SM, Rickta D, Chowdhury TK, Chowdhury BB, Ireen ST. Electro-surgical smoke: a real concern. *Mymensingh Med J*. 2011;20:507-12.
- 9 Vieira-Claudio C, Perfeito-Ribeiro R, Trevisan-Martins J, Palucci-Marziale MH, Solci MC, Dalmas JC. Polycyclic aromatic hydrocarbons produced by electrocautery smoke and the use of personal protective equipment. *Rev LatAm Enfermagem*. 2017;25:e2853. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.1561.2853>
- 10 Zhou YZ, Wang CQ, Zhou MH, Li ZY, Chen D, Lian AL, et al. Surgical smoke: A hidden killer in the operating room. *Asian J Surg*. 2023;46:3447-54. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2023.03.066>
- 11 Mollov A, Echeverria A, Herrera S, Pegenaute C, Rodríguez J. El humo quirúrgico, riesgo laboral evaluable - revisión sistemática exploratoria de la bibliografía disponible. *Rev Asoc Esp Med Trab*. 2022;31:208-22.
- 12 Liu Y, Song Y, Hu X, Yan L, Zhu X. Awareness of surgical smoke hazards and enhancement of surgical smoke prevention among the gynecologists. *J Cancer*. 2019;10:2788-99. <https://doi.org/10.7150/jca.31464>
- 13 Quiroz-Romero F. Mascarillas quirúrgicas a propósito del COVID-19: Algunos aspectos técnicos. *Rev Colomb Cir*. 2020;35:200-2. <https://doi.org/10.30944/20117582.620>
- 14 Benson SM, Novak DA, Ogg MJ. Proper use of surgical N95 respirators and surgical masks in the OR. *AORN J*. 2013;97:457-70. <https://doi.org/10.1016/j.aorn.2013.01.015>
- 15 Georges C, Lipner SR. Surgical smoke: Risk assessment and mitigation strategies. *J Am Acad Dermatol*. 2018;79:746-55. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2018.06.003>
- 16 Offeddu V, Yung CF, Low MSF, Tam CC. Effectiveness of masks and respirators against respiratory infections in healthcare workers: A systematic review and meta-analysis. *Clin Infect Dis*. 2017;65:1934-42. <https://doi.org/10.1093/cid/cix681>
- 17 Takahashi H, Hirota M, Takahashi T, Yamasaki M, Miyazaki Y, Makino T, et al. Simultaneous automatic insufflation and smoke-evacuation system in flexible gastrointestinal endoscopy. *Endoscopy*. 2016;48:579-83. <https://doi.org/10.1055/s-0042-102782>
- 18 Li CI, Pai JY, Chen CH. Characterization of smoke generated during the use of surgical knife in laparotomy surgeries. *J Air Waste Manag Assoc*. 2020;70:324-32. <https://doi.org/10.1080/10962247.2020.1717675>
- 19 Navarro MC, González R, Aldrete MG, Carmona DE. Cambios en la mucosa nasal de los médicos por exposición al humo por electrocoagulación. *Rev Fac Nac Salud Pública*. 2016;34:135-44. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v34n2a02>
- 20 Bree K, Barnhill S, Rundell W. The dangers of electro-surgical smoke to operating room personnel: A review. *Workplace Health Saf*. 2017;65:517-26. <https://doi.org/10.1177/2165079917691063>
- 21 Ilce A, Yuzden GE, Yavuz van Giersbergen M. The examination of problems experienced by nurses and doctors associated with exposure to surgical smoke and the necessary precautions. *J Clin Nurs*. 2017;26:1555-61. <https://doi.org/10.1111/jocn.13455>
- 22 Cabrera LF, Pedraza-Ciro M, Torregrosa L, Figueredo E. Cirugía durante la pandemia del SARS-CoV-2 / COVID-19: El efecto de la generación de aerosoles de partículas en escenarios quirúrgicos. *Rev Colomb Cir*. 2020;35:190-9. <https://doi.org/10.30944/20117582.625>
- 23 Carbajo-Rodríguez H, Aguayo-Albasini JL, Soria-Aledo V, García-López C. El humo quirúrgico: Riesgos y medidas preventivas. *Cir Esp*. 2009;85:274-9. <https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2008.10.004>
- 24 Limchantra IV, Fong Y, Melstrom KA. Surgical smoke exposure in operating room personnel: A review. *JAMA Surg*. 2019;154:960-7. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2019.2515>
- 25 Fransen F, Hiel M, Al-Niaimi F, Badawi A, Haedersdal M, Laubach HJ, et al. Laser-induced smoke in dermatologic practice: A survey to explore hazard perceptions, safety measures and unmet needs. *J Lasers Med Sci*. 2022;13:e63. <https://doi.org/10.34172/jlms.2022.63>
- 26 Villa-Perea JA. Humo quirúrgico y sus implicaciones en el personal de quirófano. *Rev Colomb Salud Ocupac*. 2022;12:e-7498. <https://doi.org/10.18041/2322-634X/rcso.1.2022.7498>
- 27 Rojas H, Larrain J, Riquelme J, Zemelman V. Exposición al humo quirúrgico. Riesgos asociados y medidas preventivas. *Rev Chil Dermatol*. 2014;30:327-30.
- 28 Patiño-Restrepo JF. Reflexiones sobre el estado actual y el futuro de la cirugía. *Rev Colomb Cir*. 2002;17:133-45.