

Artículo de Reflexión

Humo quirúrgico y sus implicaciones en el personal de quirófano

Surgical smoke and its implications for operating room personnel

Julian Alfonso Villa Perea

Recibido: 29 mayo 2021

Aceptado para publicación: 15 noviembre 2021

Antecedentes: El uso en procedimientos quirúrgicos del electrobisturí, dispositivos láser y bisturíes ultrasónicos permite un rápido corte y coagulación en los vasos sanguíneos. Tiene desventajas para el paciente y para el equipo quirúrgico, especialmente los que dedican la mayor parte de su tiempo a trabajar en salas de operaciones. Se puede afectar la mucosa ocular, nasal, tracto respiratorio superior e inferior. El efecto es directamente proporcional al tiempo de exposición y se puede observar en el mediano y largo plazo.

Objetivo: Describir las sustancias tóxicas derivadas del humo quirúrgico producido por el electrobisturí en su interacción con el tejido humano, como afectan al personal de la salud y que controles se pueden aplicar desde la seguridad y salud en el trabajo.

Reflexión: Los gases como el benceno, el formaldehído, los fragmentos de células sanguíneas, bacterias y virus que se volatilizan mediante esta técnica, afectan de diferentes formas al individuo expuesto. Como irritante de vías respiratorias o produciendo cambios a nivel celular que pueden causar hiperplasias o metaplasias celulares. Existen medidas de control insuficientes en los diseños e implementación debido a costos, comodidad y rendimiento del personal. La normatividad es nula y existen pocos estudios que permitan reconocer el problema para generar medidas de control adecuadas.

Conclusiones: El humo quirúrgico debe ser un factor de riesgo conocido por el personal de las salas de cirugía. Se deben: intervenir por el potencial efecto negativo en la salud; investigar los efectos sobre la salud y crear reglamentaciones que permitan disminuir los efectos que conlleva la exposición.

Background: Use in various surgical procedures of the electrosurgical unit, laser devices, and ultrasonic scalpels allow rapid cutting and coagulation in blood vessels. It has disadvantages for the patient and for the surgical team, especially for health professionals who spend most of their time working in operating rooms. Exposure can be affected the ocular mucosa, nasal, upper and lower respiratory tract. Effect is directly proportional to the exposure time and can be observed in the medium and long term.

Objective: To describe toxic substances derived from electrosurgical surgical smoke in interaction with human tissue, how they affect health personnel and what controls can be applied from safety and health at work.

Reflection: Gases such as benzene, formaldehyde, and blood cell fragments, bacteria and viruses that are volatilized by this technique. Affect the exposed individual in different ways, either as an irritant of the respiratory tract or producing changes at the cellular level that can cause hyperplasias or cellular metaplasias. There are insufficient control measures in their designs and implementation due to costs, comfort, and staff performance, in addition to no regulations and very few studies that allow us to recognize the problem and generate adequate control measures.

Conclusions: Surgical smoke must be a risk factor widely known by the personnel of the operating rooms and it must be intervened. Their health effects should be further investigated, and regulations be created to reduce the effects of their exposure.

Palabras clave: Humo, quirófanos, salud ocupacional, protección personal, electrocoagulación

Key words: Smoke, operating rooms, occupational health, electrocoagulation, personal protection

¹ Colmedicos S. A. S., Cali, Colombia

Autor de correspondencia: jualvilla@utp.edu.co

Introducción

El uso del láser y del electrobisturí en los procedimientos quirúrgicos tiene muchas ventajas. Permite diseccionar y realizar hemostasis de los tejidos de forma rápida, disminuye el tiempo de intervención quirúrgica en comparación con los instrumentos de corte convencionales. Este instrumento consta de un extremo estéril (punta, lápiz y cable) que se conecta a una unidad de mesa o fuente de poder.

Se ha demostrado que al llevar la temperatura de las células a 100o C, se genera desintegración y causa la vaporización de estos tejidos en forma de humo. ¹ Con este procedimiento se genera una emisión de más de 600 compuestos químicos y biológicos, ² que pueden quedar circulando en el ambiente de las salas de cirugía. Al ser inhalados, podría afectar al personal que colabora en las diferentes intervenciones: Médicos(a), anesthesiólogos(a), instrumentadores(a) quirúrgicos, enfermeras circulantes y según el tipo de hospital, sus respectivas contrapartes en formación.

El humo quirúrgico se puede definir como un subproducto gaseoso generado durante una variedad de procedimientos quirúrgicos, como la diatermia, la electrocauterización, la ablación / irradiación con láser, electrocirugía, escisión ultrasónica (escisión armónica), el taladrado o aserrado de alta velocidad. ³ El tamaño de las partículas es inversamente proporcional a la energía utilizada en la desintegración de los tejidos, así entre más alta sea la temperatura producida por el instrumento de corte, menor será el tamaño de la partícula ⁴ y por lo tanto generará mayor dificultad para su filtración, ya que podrá llegar a los niveles más finos de filtración del aire en los pulmones: los alveolos. Esto último podría causar mayor daño al organismo.

Por lo general, dentro de los cinco minutos posteriores al comienzo de un procedimiento electroquirúrgico, la materia particulada en el área inmediata aumenta aproximadamente 60,000 partículas por pie cúbico (2.118.000 por metro cubico) a más de un millón de partículas por pie cúbico, Además, el sistema típico de recirculación del flujo de aire del quirófano tarda aproximadamente 20 minutos en devolver las concentraciones de partículas a la normalidad después de terminar un procedimiento quirúrgico. ⁵

Desde los años 80's se conocen los efectos del humo quirúrgico en el personal constantemente expuesto: Cefalea, irritación de la conjuntiva ocular, de la mucosa nasal y de la vía aérea, dermatitis, presencia de síntomas similares a alergias, asma, transmisión de papilomavirus (VPH) por su inhalación, siembras de células malignas al remover lesiones cancerígenas de pacientes afectados. ⁶ El daño que puede producir la exposición diaria al humo quirúrgico se ha comparado con el de los fumadores pasivos, las personas expuestas al humo de cocina y a quema de leña, ⁷ inclusive, se calcula que la destrucción térmica de 1 g de tejido con ablación de láser de Co2 equivale a tres cigarrillos y con electrocauterización hasta seis cigarrillos, ⁸ inclusive estudios demuestran que la exposición diaria continua en procedimientos largos podría equivaler a consumir diariamente 30 cigarrillos sin filtro. ⁹

El primer estudio sobre los efectos de las sustancias derivadas

del humo quirúrgico es el de Tomita *et al.*, en 1981, realizado con células in vitro, mediante modelos animales. Se probó la mutagenicidad del humo de electrocauterio, encontrándose que el humo quirúrgico tiene 2.6 veces más mutagenicidad que el humo del cigarrillo. ¹⁰

El análisis químico ha mostrado que su contenido es un 95% de vapor de agua y un 5% lo componen productos químicos y restos celulares, ¹¹ y de este material particulado, el 77% lo constituyen partículas de menos de 1.1 micrometros (µm) de diámetro. ⁵

Entre las sustancias identificadas se encuentran gases tóxicos como el benceno, formaldehído, butadieno, cianuro de hidrógeno, tolueno, acroleína, acetonitrilo, estireno, bioaerosoles, material celular vivo y muerto, fragmentos de células sanguíneas, bacterias y virus. ⁶

Los estudios han demostrado que los fármacos que está recibiendo el paciente, como el sevoflurano, un gas anestésico comúnmente utilizado en los procedimientos quirúrgicos, pueden influir en la concentración de compuestos orgánicos volátiles presentes en el humo quirúrgico. ⁷ También puede influir el tipo de tejido destruido, 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 xileno. ¹¹

La Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. afirma que las partículas mayores de 10 µm pueden depositarse en las paredes de la nariz, la faringe, la tráquea y los bronquios; las de 10 µm o menos pueden inhalarse, causar irritación de la vía aérea y generar complicaciones a largo plazo, como enfermedad de las arterias coronarias, insuficiencia cardíaca congestiva, asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC); Las partículas de 2.5 µm y más pequeñas se depositan en los bronquiolos y los alvéolos; Mientras que las partículas ultrafinas de 0.1 µm y más pequeñas dentro de los bronquiolos y los alvéolos pueden penetrar el sistema circulatorio y causar estrés oxidativo sistémico. ⁷

Los estudios in vitro tanto en células animales como humanas, han demostrado que el humo quirúrgico, en tamaños inferiores a 0.1 µm pueden generar daño a nivel de los tejidos, especialmente en tejido alveolar, específicamente en las células epiteliales pequeñas de la vía aérea, tanto por mecanismos que inducen la citotoxicidad como por aumento de la LDH (Lactato deshidrogenasa). ¹² Se han encontrado cambios histológicos en animales de experimentación: hipertrofia de vasos sanguíneos, congestión alveolar y cambios enfisematosos; Además del riesgo de que las partículas ultrafinas atraviesen los alveolos pulmonares y vasos sanguíneos, es posible que lleguen a los vasos linfáticos (13) e inclusive se pueden acumular en el sistema nervioso, lo que podría generar a largo plazo desórdenes neurológicos y psiquiátricos. ⁷

Reflexión

Normatividad y medidas de control

En Colombia, se sigue el estándar internacional de mantener las salas de cirugía con presión positiva, con una humedad relativa del 15-60%, una temperatura del 20-24o C, con un recambio de

aire mínimo de 15-21 recambios de aire por hora, de los cuales al menos cuatro debe realizarse con aire fresco externo (14) y de ser posible utilizar filtros de alta eficiencia.^{15,16}

Existen dos tipos de filtros de aire, los ULPA (Ultra-Low Particulate Air o filtro de aire para partículas ultra bajas) y los HEPA (High Efficiency Particulate Air o filtros de aire de partículas de alta eficiencia); El ULPA filtra partículas de 0.1 micras de diámetro, eliminando hasta el 99.99% de partículas en el aire, mientras el HEPA filtra partículas superiores a 0.3 µm de diámetro.¹⁷

El humo quirúrgico como un agente potencialmente infeccioso, en el cual se deben tomar precauciones como métodos de ventilación por extracción local, uso de sistemas de ventilación general de sala de cirugías y equipo de protección personal completo que incluya el uso de máscaras N95.³

Las mascarillas quirúrgicas convencionales no se sellan en la cara, su ajuste es holgado, está diseñada para prevenir la liberación de contaminantes potenciales del usuario a su entorno inmediato, pero no para proteger al usuario de la inhalación de partículas pequeñas, no ofrecen protección contra partículas de tamaño inferior a 1 µm, mientras que las mascarillas N95, filtran el 95% de las partículas, ofreciendo protección de inhalación de partículas de hasta 0.01 µm.⁵ También se puede usar respiradores con filtro de partículas con válvula de exhalación (FFP3) con una mascarilla convencional encima de este, para proteger el campo quirúrgico y para cuidar los ojos se debe añadir pantallas faciales, mascararas o gafas con protección lateral.¹¹

Desde 1996 la NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health) recomienda la combinación de técnicas de ventilación: ventilación local exhaustiva y la ventilación de la sala, ya que la ventilación de la sala de 20 cambios por hora es insuficiente para evacuar todo el humo quirúrgico;¹⁸ La NIOSH recomienda además que los sistemas de evacuación tengan una velocidad de captura (definida como la velocidad del flujo de aire en la boquilla de entrada) de 30.5 a 45.7 m/min, y la distancia entre la punta del sistema de recogida esté a menos de 5.1 cm de la fuente del humo quirúrgico.¹⁹

Sin embargo, la adquisición de estos equipos tiene un alto costo y genera inconvenientes en la práctica (por ejemplo, ruido, distracción y dificultades ergonómicas) y se añade además el desconocimiento del personal operativo y administrativo de los efectos sobre la salud del humo quirúrgico, que a menudo son sutiles y no son siempre inmediatos.¹⁸

Apenas en 2018, Rhode Island fue el primer estado de los Estados Unidos de Norteamérica en implementar una normatividad para el uso de extractores de humo quirúrgico para las grandes cirugías, Posteriormente el estado de Colorado en marzo de 2019, seguido de California y Oregon. Además, las diferentes agencias norteamericanas como la ANSI (American National Standards Institute), AORN (Association of periOperative Registered Nurses) y el ECRI (Emergency Care Research Institute) que han realizado recomendaciones sobre el manejo del humo quirúrgico.²⁰

Químicos

En el humo quirúrgico se han identificado múltiples gases volátiles altamente tóxicos, algunos de ellos como el Benceno, comprobado cancerígeno en seres humanos y otros posiblemente cancerígenos como el Formaldehído, Acrilonitrilo, Estireno y el Naftaleno.²¹ Los posibles efectos sobre la salud a largo plazo de la exposición al benceno incluyen trastornos sanguíneos como anemia, depleción de la médula ósea y cáncer.⁴ La Agencia Internacional de Investigaciones sobre el (International Agency for Research on Cancer: IARC), Clasifica los agentes, compuestos y exposiciones en 4 categorías: Grupo 1: Carcinógeno para los seres humanos. Grupo 2A: Probablemente cancerígeno para los seres humanos. Grupo 2B: Posiblemente carcinógeno para los seres humanos. Grupo 3: No clasificable en cuanto a su carcinogenicidad para los seres humanos.²² Adicionalmente, a la mayoría de estas sustancias, la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (American Conference of Governmental Industrial Hygienists: ACGIH), les ha asignado unos valores límites permisibles (Threshold Limit Value: TLV) de periodos de tiempo para proteger la salud de los trabajadores, los más importantes son el Promedio Ponderado en el Tiempo (Time-Weighted Average: TWA) basado en una jornada laboral convencional de 8 horas y una semana laboral de 40 horas y el Límite de Exposición a Corto Plazo (Short-Term Exposure Limit: STEL) basado en una exposición de 15 minutos con una frecuencia máxima de 4 veces por día con espacios de 1 hora entre cada exposición (23). En la Tabla 1 se muestran los compuestos de mayor importancia dentro del humo quirúrgico junto con su clasificación IARC y TLV's de la ACGIH: TWA Y STEL.

Células

Se ha demostrado que exposiciones repetitivas y prolongadas al humo quirúrgico, generan cambios histopatológicos en las células de la mucosa nasal, como la hiperplasia y la metaplasia escamosa,² sin embargo, estos cambios se pueden revertir al eliminar la exposición al agente causal. Se han publicado reportes de casos, de personal de salud VPH positivos, que desarrollaron carcinoma de células escamosas de amígdalas sin otros factores de riesgo identificables aparte de la exposición ocupacional al tejido y al humo extirpado en procedimientos con láser.²⁴

Durante las cirugías laparoscópicas, la presencia de células cancerosas viables en el humo quirúrgico se ha implicado como la causa de un fenómeno conocido como efecto chimenea, en el que las células malignas en aerosol pasan a través de los puertos y se depositan en los trocates de la cirugía, lo que potencialmente permite que el tumor se propague a un sitio diferente, sin embargo, estudios posteriores han descartado este efecto y no hay evidencia de que las células cancerosas aerosolizadas puedan transmitirse al personal de la sala de operaciones.^{7,11}

Virus

Se ha demostrado que el humo quirúrgico puede volatilizar partículas de virus como VIH, Hepatitis y Virus del Papiloma Humano (VPH), este último es el virus más estudiado, como

Tabla 1. Compuestos químicos presentes en el humo quirúrgico, clasificación IARC y valores límites permisibles

Componente	Fórmula	Se encuentra en	Riesgos	IARC	TWA-ACGIH	STEL-ACGIH
Benceno	C6H6	Disolvente en elaboración de plásticos, lubricantes, cauchos, fibras sintéticas, plaguicidas	Irritante de los ojos, la nariz, el tracto respiratorio, desórdenes sanguíneos como anemia y carcinógeno: leucemia	1	0.5 ppm	2.5 ppm
Etilbenceno	C8H10	Tinta, insecticidas, pinturas	Irritante, carcinógeno en animales	2B	-	-
Formaldehído	CH2O	Productos para el hogar como desinfectantes, líquido de embalsamamiento, humo de tabaco, funguicidas y fertilizantes	Irritante para ojos, nariz, garganta y sistema respiratorio. La exposición puede causar tos y broncoespasmo. Sensibilizador. Se ha demostrado que causa tumores nasales en ratas y Leucemia	1	0.1 ppm	0.3 ppm
Estireno	C8H8	Látex, caucho sintético, embalaje, aislamiento.	Irritante respiratorio: La exposición al vapor a corto plazo produjo daños del epitelio nasal en estudios animales; puede generar depresión del sistema nervioso central, neuropatía periférica y trastornos visuales	2B	10 ppm	20 ppm
Tolueno	C7H8	Disolventes, Pinturas, barniz, limpiador de metales, adhesivo, explosivos.	Irritante, puede generar daño del sistema reproductor femenino y pérdida del embarazo: Teratogénesis y efectos sobre el sistema nervioso central en estudios en animales.	3	20 ppm	-
Xileno	C8H10	Disolventes, pinturas, agentes de limpieza, lubricantes	Irritante, depresión del sistema nervioso central. La exposición crónica se asocia a cambios reversibles en los recuentos de eritrocitos y leucocitos y aumentos en el recuento plaquetario.	3	100 ppm	150 ppm
Acilonitrilo	C3H3N	Plásticos, fibras textiles	Irritación ocular a corto plazo, náuseas, vómitos, dolor de cabeza, estornudos, debilidad y aturdimiento. La exposición prolongada causa cáncer en animales de laboratorio y se ha asociado con una mayor incidencia de cáncer en humanos.	2B	2 ppm	-
Acetaldehído	C2H4O	Metabolito hepático del etanol, utilizado para la fabricación de saborizantes, tintes, resinas de poliéster y perfumes	Irritante ocular, de la piel y las vías respiratorias. La exposición clínica a los vapores también puede provocar eritema, tos, edema pulmonar y narcosis. Puede ser teratogénico.	2B	-	C 25 ppm
Acetileno	C2H2	Combustible de equipos de soldadura	Dolor de cabeza, mareos, disminución de la agudeza visual, falta de juicio, memoria y coordinación; debilidad, inconsciencia; pulso y respiración rápidos, cianosis	-	-	-

continuacion Tabla 1

Componente	Fórmula	Se encuentra en	Riesgos	IARC	TWA-ACGIH	STEL-ACGIH
Acroleína	C3H4O	Uso como plaguicida, para sintetizar alcoholes industriales, fármacos y gas lacrimógeno.	Irritante ocular, de la piel y las vías respiratorias superiores. Puede aumentar el tiempo de coagulación de la sangre y causar daño hepático y renal.	3	-	C 0.1 ppm
Acetonitrilo	C2H3N	Disolvente de películas fotográficas, fabricación de medicamentos, cauchos, en baterías eléctricas y en pesticidas.	Irritante de nariz, genera asfixia. Ha causado daño hepático y renal en modelos animales.	-	20 ppm	-
Monóxido de carbono	CO	Intermediario químico, producto común de la combustión incompleta de diferentes combustibles,	Cefalea, fatiga, náuseas, vómitos, arritmias cardíacas, isquemia miocárdica, acidosis láctica, síncope, convulsiones y coma, según el grado de exposición y susceptibilidad del individuo.	-	25 ppm	-
Ciclohexanona	C6H10O	Disolvente industrial, fabricación de PVC y Nylon	Potente irritante respiratorio. Clasificado como carcinógeno para humanos y presunto neurotóxico. Componente principal liberado durante la cirugía abdominal	3	20 ppm	50 ppm
Decano	C10H22	Uno de los componentes del kerosene y la gasolina	Irritación de ojos, piel y vías respiratorias; dolor de cabeza; mareos, estupor, descoordinación; pérdida de apetito, náuseas; dermatitis	-	-	-
Furfural	C5H4O2	Utilizado como solvente para refinar petróleo, plaguicida, funguicida, en la producción de alcoholes industriales, medicamentos	Irritante ocular, de la piel y vías respiratorias superiores; dolor de cabeza; dolor de garganta, tos, dificultad para respirar, vómitos	3	0.2 ppm	-
Cianuro de hidrógeno	HCN	Producto frecuente en el humo derivado de productos cuando se queman, se usa como plaguicida, en la fabricación de plásticos, telas y papel	Gas tóxico e incoloro que se absorbe fácilmente en los pulmones, el tracto gastrointestinal y la piel. Se combina con el hierro férrico en la citocromo oxidasa, lo que inhibe la utilización de oxígeno celular.	-	-	C 4.7 ppm
Naftaleno	C10H8	Fabricación de bolas de alcañor, se encuentra en el alquitrán de hulla, gasolina y diésel.	Irritante ocular y respiratorio. Efectos notados a dosis muy bajas. Es probable que la exposición se produzca por inhalación de partículas.	2B	10 ppm	-

Abreviaturas: ppm: Partes por millón; C: ceiling (Techo).

Tomado de: <https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iacr/>; <https://web.doh.state.nj.us/rtkhsfs/factsheets.aspx?lan=spanish&alph=A&carcinogen=False&new=False>; ACGIH. TLVs and BEIs. 2021. 2092 p; ECRI Institute. Clearing the Air around Surgical Smoke : know the risks. Health Devices [Internet]. 2019. Available from: https://www.ecri.org/EmailResources/HealthDevices/Clearing-the-Air-around-Surgical-Smoke_accompanies_H0613.pdf; Okoshi K, Kobayashi K, Kinoshita K, Tomizawa Y, Hasegawa S, Sakai Y. Health risks associated with exposure to surgical smoke for surgeons and operation room personnel. Surg Today [Internet]. 2015;45(8):957-65.

posible generador de daños al personal de salud, involucrado con el uso de electrobisturí y láser en las salas de operaciones, es el causante de la papilomatosis laríngea, especialmente en otorrinolaringólogos que extraen las lesiones de la faringe de los pacientes, en los dermatólogos, urólogos, ginecólogos que cauterizan las lesiones de la piel de los genitales de los pacientes y las enfermeras que asisten a estos especialistas.³

Se han encontrado 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, por lo tanto, no hay evidencias de que la infección por el VIH pueda ser transmitida a los humanos por esta vía.¹¹

En cuanto al riesgo de transmisión de SARS-CoV-2/ Covid-19, se ha establecido que sus viriones tienen un tamaño de aproximadamente 0.125 µm y se transmiten principalmente en gotas de agua mayores de 20 µm, seguido de partículas de aerosoles menores a 10 µm, sin embargo, el Virus infeccioso y su ARN se encuentran principalmente en el tracto respiratorio, más que en la sangre y no se ha documentado su presencia ni transmisión de la enfermedad por medio del humo quirúrgico.¹⁷

Bacterias

Se han detectado bacterias, células y virus en el humo quirúrgico que pueden permanecer viables hasta por 72 horas.⁵ Se han cultivado a partir del humo quirúrgico bacterias viables como *Neisseria*, *Corynebacterium* y *Staphylococcus* (8), sin embargo, en un metaanálisis de 2013, no se encontró evidencia que sugiriera infecciosidad viral, y solo un estudio examinó el componente bacteriano del humo quirúrgico y al igual que las células malignas no se demostró su viabilidad. Quizás la infectividad bacteriana sea baja porque los dispositivos electroquirúrgicos no se utilizan específicamente para tratar infecciones bacterianas.²⁵

Conclusión

Aún no se han determinado los niveles de seguridad ni la severidad del riesgo de exponerse en forma constante al humo quirúrgico, Se deben realizar más estudios para demostrar los efectos a largo plazo del humo quirúrgico en el ser humano, así como se han estudiado los efectos del humo de leña, el tabaquismo pasivo y la exposición al humo de cocina, especialmente al proveniente de la carne quemada, en términos de enfermedades derivadas en el largo plazo, como el ASMA, EPOC, cáncer de pulmón y los efectos de la exposición prenatal como el bajo peso al nacer (7).

Se requieren dispositivos para evacuar el humo, purificar el aire y capturar el material particulado. Sin embargo, existen dificultades prácticas como: el costo, el tamaño de los dispositivos, ruido, distracción al alterar la visibilidad del sitio operatorio y el desconocimiento de estos. El uso de los tapabocas N95 tiene casi 200 veces más capacidad filtrante que un tapabocas quirúrgico convencional, sin embargo, persisten inconvenientes como usar estos EPP por un largo tiempo el cual se puede volver incómodo para el usuario, ya que pueden dificultar la respiración y restringir la comunicación (13).

Se estima que el costo de adquisición promedio de un sistema de evacuación de humo es de \$2,600 USD (dólar estadounidense), y un estudio estima un aumento de aproximadamente \$30 USD por cada cirugía que requiera evacuación de humo y sus accesorios; Un respirador N95 puede costar \$ 1 USD en comparación con el costo de una mascarilla quirúrgica estándar, que puede ser de \$ 0.08 USD.^{4,5}

Paradójicamente, podría decirse, que el uso extendido de tapabocas N95, debido a la actual pandemia por SARS-COV2/ COVID-19, ha disminuido de alguna manera la inhalación del virus y los componentes del humo quirúrgico, sin embargo, es necesario que se garantice la adherencia y buen uso de los mismos, por ejemplo, para lograr un sello eficaz no se debe tener barba, como en el caso de los hombres y se debe concientizar del peligro del humo quirúrgico en general, ya que en muchas oportunidades la adherencia se ve afectada por la incomodidad que produce el uso de respiradores, unido a las condiciones ambientales de quirófano y la duración de las intervenciones.

Existen controles en la fuente como el uso de bajos voltajes, cuchillas recubiertas de teflón y el modo de retroalimentación (que reduce la potencia de salida automáticamente en respuesta a la impedancia); ambas acciones pueden reducir la cantidad de humo quirúrgico en comparación con las cuchillas de acero inoxidable, el modo de corte puro y los altos voltajes (18). Las investigaciones futuras deben centrarse en las consecuencias a largo plazo de la exposición al humo quirúrgico y ante todo en la comunicación y enseñanza de este riesgo a todo el personal involucrado en las salas de operaciones.

conflicto de intereses: ninguno

Referencias

1. Spruce L. Back to basics: Protection from surgical smoke. *AORN J.* 2018; 108(1):25–30.
2. 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(2).
3. Fox-Lewis A, Allum C, Vokes D, Roberts S. Human papillomavirus and surgical smoke: A systematic review. *Occup Environ Med.* 2020;77(12):809–17.
4. ECRI Institute. Clearing the Air around Surgical Smoke : know the risks. *Health Devices* [Internet]. 2019. Available from: https://www.ecri.org/EmailResources/Health_Devices/Clearing-the-Air-around-Surgical-Smoke_accompanies_H0613.pdf
5. Benson SM, Novak DA, Ogg MJ. Proper Use of Surgical N95 Respirators and Surgical Masks in the OR. *AORN J.* 2013;97(4):457–70.
6. Pennock J. Surgical smoke: articulating the problem. *AORN J.* 2020;111(1):P16–7.

7. Limchantra I V., Fong Y, Melstrom KA. Surgical Smoke Exposure in Operating Room Personnel: A Review. *JAMA Surg.* 2019;154(10):960–7.
8. Jamal S, Hassan M, Farooqi M, Ali S. Surgical Smoke—Concern for Both Doctors and Patients. *Indian J Surg.* 2015;77(December):1494–5.
9. Hill DS, Neill JKO, Powell RJ, Oliver DW. Surgical smoke e A health hazard in the operating theatre : A study to quantify exposure and a survey of the use of smoke extractor systems in UK plastic surgery units. *Br J Plast Surg [Internet].* 2012;65(7):911–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjps.2012.02.012>
10. Tomita Y, Mihashi S, Nagata K, Ueda S, Fujiki M, Hirano M, et al. Mutagenicity of smoke condensates induced by CO₂-laser irradiation and electrocauterization. *Mutat Res Toxicol.* 1981;89(2):145–9.
11. Carbajo-Rodríguez H, Aguayo-Albasini JL, Soria-Aledo V, García-López C. El humo quirúrgico: riesgos y medidas preventivas. *Cir Esp.* 2009;85(5):274–9.
12. Sisler JD, Shaffer J, Soo JC, Lebouf RF, Harper M, Qian Y, et al. In vitro toxicological evaluation of surgical smoke from human tissue. *J Occup Med Toxicol.* 2018;13(1):1–11.
13. Seipp HM, Steffens T, Weigold J, Lahmer A, Maier-Hasselmann A, Herzog T, et al. Efficiencies and noise levels of portable surgical smoke evacuation systems. *J Occup Environ Hyg.* 2018;15(11):773–81.
14. Rincón RJ. Diseño de salas de cirugía. *Rev Colomb Anesthesiol.* 2000;28(2):117–25.
15. Marie-Claude Roy. Guía para el control de infecciones asociadas a la atención en salud. International Society for Infectious Diseases; 2018. Available from: https://isid.org/wp-content/uploads/2019/08/22_ISID_InfectionGuide_El_Quirofano.pdf.
16. ANSI/ASHRAE/ASHE. ASHRAE/ASHE Standard 170-2008 Ventilation of Health Care Facilities. Atlanta, United States; 2008.
17. Cabrera LF, Ciro MP, 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: 190-199.
18. Lee T, Soo JC, LeBouf RF, Burns D, Schwegler-Berry D, Kashon M, et al. Surgical smoke control with local exhaust ventilation: Experimental study. *J Occup Environ Hyg.* 2018; 15(4): 341–50.
19. Georgesen C, Lipner SR. Surgical smoke: Risk assessment and mitigation strategies. *J Am Acad Dermatol.* 2018;79(4):746–55.
20. Safety O. Alleviating the dangers of surgical smoke. Quick Safety. 2020. Available from: <https://www.jointcommission.org/resources/news-and-multimedia/newsletters/newsletters/quick-safety/quick-safety-issue-56/>
21. Okoshi K, Kobayashi K, Kinoshita K, Tomizawa Y, Hasegawa S, Sakai Y. Health risks associated with exposure to surgical smoke for surgeons and operation room personnel. *Surg Today.* 2015; 45(8): 957–65.
22. The International Agency for Research on Cancer (IARC). Agents Classified by the IARC Monographs , Volumes 1 – 116; 2021. Available from: <https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iarc/>
23. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLVs and BEIs. ACGIH; 2021.
24. Rioux M, Garland A, Webster D, Reardon E. HPV positive tonsillar cancer in two laser surgeons: Case reports. *J Otolaryngol - Head Neck Surg.* 2013;42: 2–5.
25. Mowbray N, Ansell J, Warren N, Wall P, Torkington J. Is surgical smoke harmful to theater staff? a systematic review. *Surg Endosc.* 2013; 27(9): 3100–7.

© Universidad Libre. 2022. Licence Creative Commons CC-by-nc-sa/4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>

