

El humo quirúrgico, riesgo laboral evaluable - revisión sistemática exploratoria de la bibliografía disponible

Asan Mollov⁽¹⁾; Arantza Echeverria⁽²⁾; Sandra Herrera⁽³⁾; Carlota Pegenaute⁽⁴⁾; Jezabel Rodriguez⁽⁵⁾

¹Especialista en Medicina del Trabajo, SPRL SNS-Osasunbidea, Pamplona, Navarra, España.

²Técnica del Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de SNS-Osasunbidea, Pamplona, Navarra, España.

³Especialista en Medicina del Trabajo, ISPLN, Pamplona, Navarra, España.

⁴Especialista en Medicina del Trabajo, ISPLN, Pamplona, Navarra, España.

⁵Técnica del Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de SNS-Osasunbidea, Pamplona, Navarra, España.

Correspondencia:

Asan Mollov

Dirección: C\ Irunlarrea N°3, 31008 PAMPLONA
(Navarra)

Correo electrónico: ai.mollov@navarra.es

La cita de este artículo es: Asan Mollov. El humo quirúrgico, riesgo laboral evaluable - revisión sistemática exploratoria de la bibliografía disponible Rev Asoc Esp Espec Med Trab 2022; 31(2): 208-222

RESUMEN.

Objetivos: Revisión sistemática exploratoria para describir el conocimiento existente en la relación entre la exposición al humo quirúrgico y los efectos negativos sobre la salud de los trabajadores expuestos. Concretar los tóxicos y/o agentes biológicos que se pueden encontrar en el humo quirúrgico. Se realizó búsqueda bibliográfica de artículos científicos en las siguientes bases de datos: MEDLINE (a través de Pubmed), LILACS, IBECs, Red SCIELO, BIBLIOTECA COCHRANE. Se recuperaron un total de 312 artículos. Después de aplicar los criterios de inclusión, quedó una colección de 15. El humo quirúrgico contiene tóxicos volátiles, cancerígenos, mutágenos y microorganismos, y su inhalación constituye un potencial riesgo

SURGICAL SMOKE, EVALUABLE OCCUPATIONAL RISK - EXPLORATORY SYSTEMATIC REVIEW OF THE AVAILABLE LITERATURE

ABSTRACT

Objectives: Exploratory systematic review to describe the existing knowledge of the relationship between exposure to surgical smoke and negative effects on the health of exposed workers. Specify the toxins and/or biological agents that can be found in surgical smoke. A bibliographic search of scientific articles was carried out in the following databases: MEDLINE (through Pubmed), LILACS, IBECs, Red SCIELO, LIBRARY COCHRANE. A total of 312 articles were retrieved. After applying the inclusion criteria, a collection of 15 remained.

químico y biológico para la salud de los trabajadores involucrados en las cirugías. Se podrían generar nuevas hipótesis de investigación más profundas en algunos ámbitos de exposición crónica.

Palabras clave: revisión sistemática exploratoria; exposición ocupacional; humo quirúrgico

Surgery smoke contains toxic volatiles, carcinogenic, mutagenic compounds and microorganisms, and its inhalation constitutes a potential chemical and biological risk to the health of workers involved in surgeries. New deeper research hypotheses could be generated in some areas of chronic exposure.

Keywords: exploratory systematic review; occupational exposure; surgical smoke

Fecha de recepción: 18 de enero de 2022

Fecha de aceptación: 4 de julio de 2022

Introducción

La aplicación de tecnologías avanzadas a la práctica médica ha supuesto un incremento de algunos factores de riesgo en el personal sanitario. Uno de ellos es el humo quirúrgico, producido por instrumentos electro quirúrgicos, láseres, ultrasonidos, etc. La alarma respecto a un posible perjuicio para la salud de los trabajadores, se basa fundamentalmente en los componentes detectados hasta la fecha en el humo producido por el instrumental quirúrgico. 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. El humo quirúrgico es una colección de partículas suspendidas en el aire, procedentes de la destrucción térmica de los tejidos. El análisis químico ha mostrado que el contenido del humo es un 95% de vapor de agua y un 5% lo componen productos químicos y restos celulares. El

instrumental electro quirúrgico, puede nebulizar al aire del quirófano virus y células viables, partículas de pequeño tamaño, mutágenos, carcinógenos u otras sustancias tóxicas⁽¹⁾.

Se han demostrado partículas de 0,07 a 25 μm en el humo del electrocauterio y el del láser CO₂. Aquellas que tienen entre 0,5 y 5 μm se consideran respirables y potencialmente peligrosas. Las partículas más pequeñas son de mayor preocupación desde un punto de vista químico, mientras que las partículas más grandes son más preocupantes desde el punto de vista biológico. Diferentes investigadores han reportado alrededor de 150 componentes químicos del humo, entre los que se encuentran: Acroleína, Acetileno, Alquibencenos, Cianuro de Hidrógeno, Butano, Etano, Etileno, Formolaldehído, Disulfuro de Carbono, Monóxido de Carbono, Propileno, Tolueno, Etilbenceno, Piridina, Cresoles, Isobutano ⁽¹⁾. Algunos son carcinógenos, otros cardio-tóxicos, nefrotóxicos, etc. La destrucción del tejido adiposo produce una mayor cantidad de aldehído y una menor de tolueno,

TABLA 1. ECUACIONES DE BÚSQUEDA, DESCRIPTORES, COMBINACIONES BOOLEANAS, TÉRMINOS (MESH Y DESC)

Base de datos	Descriptores y ecuación de búsqueda, Combinaciones booleanas, Términos (MeSH y DeSC)
MEDLINE (Pubmed)*	Electrosurgery AND Surgery AND Occupational hazards OR Occupational exposure OR Occupational health OR Occupational risk AND Surgical smoke Electrosurgery OR Bipolar electrosurgery OR Monopolar electrosurgery OR Monopolar electrocautery OR Bipolar electrocautery AND Surgery AND Occupational hazards OR Occupational exposure OR Occupational health OR Occupational risk AND Surgical smoke plume Electrosurgery OR Bipolar electrosurgery OR Monopolar electrosurgery OR Monopolar bipolar electrosurgery OR Electrocautery OR Monopolar electrocautery OR Bipolar electrocautery AND Surgery AND Occupational hazards OR Occupational exposure OR Occupational health OR Occupational risk AND Electrosurgery smoke OR Electrocautery smoke
IBECS	"humo quirúrgico" [Descriptor de asunto] and "inhalación" [Descriptor de asunto] and "riesgo" [Descriptor de asunto] "humo quirúrgico" [Palabras] and "laboral" [Palabras] and "exposición" [Palabras] "humo quirúrgico" [Palabras] and "ocupacional" [Palabras] and "riesgo" [Palabras]
LILACS	humo [Palabras] and quirúrgico [Palabras] and exposición [Palabras] humo quirúrgico [Word] and exposición laboral [Word] and riesgos [Word] humo quirúrgico [Descriptor de asunto] and exposición laboral [Descriptor de asunto] and riesgos [Descriptor de asunto]
RED SCIELO	(humo) AND (quirúrgico) AND (exposición laboral) (humo quirúrgico) AND (exposición laboral) AND (riesgos) (exposición ocupacional) AND (bisturí eléctrico)
CHOCRANE	'surgical smoke in Title, Abstract, Keywords and "electrocautery" in Title, Abstract, Keywords or "electrosurgery" in Title, Abstract, Keywords and "risk" in Title, Abstract, Keywords in Trials' 'surgical smoke in Title, Abstract, Keywords and "electrocautery" in Title, Abstract, Keywords and "risk" in Title, Abstract, Keywords and health personnel in Title, Abstract, Keywords

*Filtros usados: humanos, a partir del año 2013, adultos +19 años, español, inglés, francés, portugués

TABLA 2. VARIABLES INCLUIDAS EN LA TABLA DE SÍNTESIS DE EVIDENCIA

Base de datos
Título, autor, revista, idioma y año
Tipo estudio
Población a estudio (n)
Tipo de Exposición
Variable medida toxico/biológico
Efectos sobre la salud
Resultados

mientras que la ablación de tejido epidérmico produce mayores concentraciones de tolueno, etilbenceno y xileno⁽²⁾. Además de los posibles efectos a largo plazo, estos productos químicos pueden

causar molestias agudas (dolor de cabeza e irritación y dolor de ojos, nariz y garganta⁽³⁾). En un estudio in vitro se ha estimado que el humo producido durante la irradiación láser o la electro-cauterización de 1 gramo de tejido equivalía al potencial mutágeno de 3 a 6 cigarrillos sin filtro^(4,5).

Se ha verificado también que pueden ser nebulizadas células viables y componentes sanguíneos por láseres y bisturíes eléctricos. Hay estudios que han detectado ácidos nucleicos del virus del papiloma humano (VPH), virus de la hepatitis B (VHB)⁽⁶⁾ e incluso virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) viables en el humo quirúrgico^(4,7). Sin embargo no hay evidencias de que la infección por VIH pueda ser transmitida a los humanos por esta vía. Se ha observado una elevada incidencia de verrugas nasofaríngeas en cirujanos que han trabajado con láser de CO₂. Igualmente, en

TABLA 3. Nº DE ARTÍCULOS RECUPERADOS Y SELECCIONADOS SEGÚN LA BASE DE DATOS.

Base de datos	Artículos recuperados	Artículos seleccionados
MEDLINE (Pubmed)	n=236	n=10
IBECS	n=0	0
LILACS	n=7	n=1
RED SCIELO	n=8	n=4
CHOCRANE	n=61	0
total	n=312	n=15

cirujanos que han utilizado el láser de Neodimio-Yag, se ha podido demostrar que la papilomatosis laríngea que presentaban, la habían contraído tras tratar lesiones similares en sus pacientes^(5,8,9).

EL OBJETIVO de la presente revisión sistemática exploratoria es describir el conocimiento existente en la relación entre la exposición al humo quirúrgico y los efectos sobre la salud de los trabajadores expuestos. Concretar los tóxicos y agentes biológicos que se pueden encontrar en el humo tras el uso de diferentes dispositivos electro-quirúrgicos con fines terapéuticos. Así mismo, identificar los factores intrínsecos/extrínsecos que pueden influir en la exposición. Conocer las actividades profesionales, expuestas al riesgo, así como la existencia y eficacia de las medidas preventivas.

Material y Métodos

Revisión sistemática exploratoria de la literatura científica en el ámbito de la biomedicina, realizada a través de búsqueda bibliográfica de artículos científicos publicados en el periodo 2013-2020 en las siguientes bases de datos: MEDLINE (a través de Pubmed), LILACS, IBECS, Red SCIELO, BIBLIOTECA COCHRANE, utilizando los descriptores, ecuaciones de búsqueda, combinaciones booleanas, términos MeSH y DeSC y filtros que figuran en la (Tabla 1). Se efectuaron varias ecuaciones de búsqueda, adaptándose a las diferentes bases de datos con objetivo de recuperar el número máximo de artículos posible. Los criterios de inclusión y que se utilizaron para obtener la colección de estudios son los siguientes:

- Estudios sobre el efecto nocivo del humo quirúrgico/electro-cauterización en trabajadores sanitarios.
- Artículos publicados en el periodo 2013-2020.
- Estudios de caso-control, cohortes, transversales, metaanálisis, ensayo clínico, investigaciones de campo, comunicación de casos, etc.
- Estudios publicados en español, inglés, francés y portugués.

A su vez fueron excluidos: estudios que no tratan los factores nocivos del humo quirúrgico, estudios de exposición al humo del tabaco y la contaminación ambiental, estudios sin diseño definido y población no determinada, duplicados y estudios en animales.

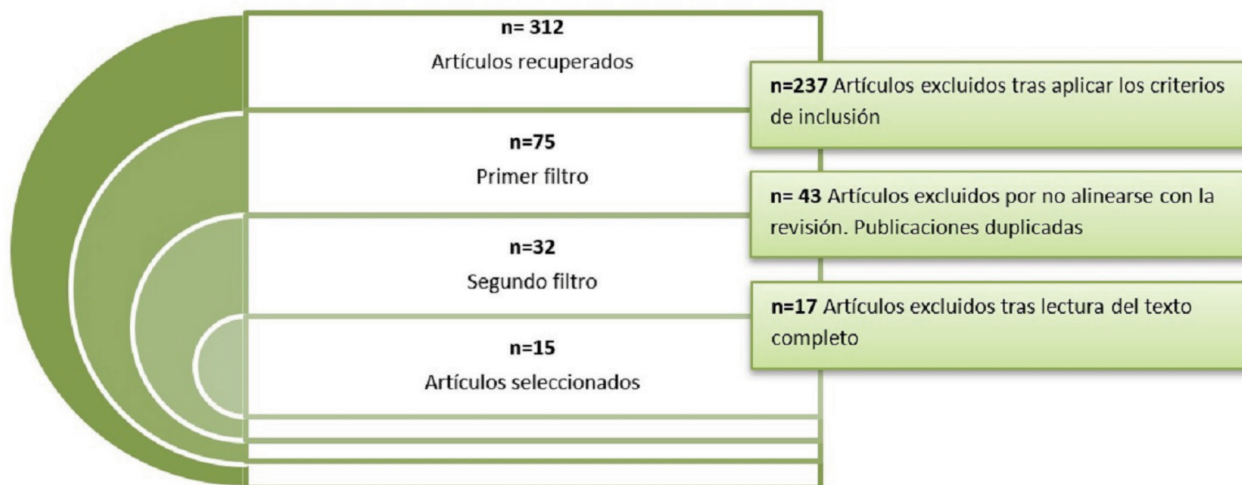
En una primera etapa se revisaron los títulos y los abstractos de los artículos recuperados y se excluyeron aquellos no alineados con el objetivo de la revisión. A posteriori se procedió a analizar los artículos seleccionados entre los investigadores de forma independiente para su revisión detallada.

Se diseñaron dos tablas de síntesis de evidencia, adaptadas a los objetivos de la revisión, incluyendo las variables que figuran en (Tabla 2) para que la revisión sistemática de los artículos (Tabla 3) finalmente seleccionados se realizara de la misma manera por cada investigador, dirigiéndose las controversias mediante revisión conjunta y consenso sobre su inclusión final.

Resultados

A partir de la estrategia de búsqueda, se recuperaron un total de 312 publicaciones, detallándose en la (Tabla 4). De las 312 publicaciones recuperadas, 237

FIGURA 1. ESTRATEGIA DE SELECCIÓN DE PUBLICACIONES.



fueron excluidas por no ajustarse a los criterios de inclusión. Después de este primer filtro, recuperamos 75 publicaciones de las cuales, 43 se descartaron por desacuerdo con la revisión, tras la lectura del abstracto o texto completo, obteniendo un total de 32. Finalmente, de éstos 32 artículos se descartaron 17, después de la lectura sistemática a texto completo. Aplicando los filtros previamente descritos, así como los criterios de inclusión, quedó una colección de 15 artículos (Figura 1). Un total de 4 artículos tratan sobre los efectos negativos del humo quirúrgico para la salud de los trabajadores, 2 sobre el VPH, 1 sobre VHB, 2 sobre hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), 3 sobre los compuestos orgánicos volátiles (COV), 2 sobre las partículas ultra finas (PUF) y 1 sobre los COV y PUEA través de un proceso de agrupación de los artículos seleccionados, se establecieron dos categorías según las variables incluidas en la tabla preliminar de síntesis de evidencia:

1. Potenciales efectos sobre la salud de los trabajadores expuestos al humo quirúrgico según la variable tóxica o biológica presentados en (Tabla 4).
2. Composición del humo quirúrgico, identificando tres subgrupos de variables resumidas en (Tabla 5).
 - Compuestos orgánicos volátiles (COV)
 - Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)
 - Partículas ultra finas (PUF)

Navarro M. et al. 2016⁽¹⁰⁾ concluyen que el total de los médicos especialistas en formación incluidos en el estudio, presentaron biopsia sin daños en la mucosa nasal al inicio del estudio, los mismos que al término de sus 4 años de especialidad presentaron los siguientes cambios: el 70% de los médicos residentes expuestos tuvieron algún cambio histopatológico en la mucosa nasal, mientras que solo el 5% (1/20) de los no expuestos lo presentó. Fue calculado el factor de riesgo de desarrollar daño en la mucosa nasal, encontrando que por cada individuo de la cohorte no expuesta que adquiere la enfermedad, habrá 13.8 individuos del grupo expuesto que adquirieron el daño en la mucosa nasal. La incidencia acumulada les permitió calcular el riesgo de desarrollar daño en la mucosa nasal, durante el período de seguimiento de 4 años. Las lesiones más frecuentes por la exposición al humo producido por la electrocoagulación fueron la hiperplasia y la metaplasia escamosa. El tiempo de mayor exposición al humo del cauterio se encontró en los médicos de las especialidades del servicio de neurocirugía con 22 minutos de media, seguido de cirugía general con 16 minutos y ginecología y obstetricia con 13 minutos de exposición al humo. La misma autora y su equipo⁽¹¹⁾ publicaron otro estudio transversal en 2013, en el que se incluyeron 50 médicos residentes de diferentes especialidades

quirúrgicas. Para la recolección de datos, se empleó cuestionario de síntomas respiratorios. Los síntomas más comunes fueron: sensación de cuerpo extraño (58%) y ardor faríngeo (22%). La especialidad con mayor índice de exposición fue la de neurocirugía (24,1 min/acto quirúrgico). La totalidad de los médicos de esta especialidad tuvieron algún síntoma respiratorio. Se concluyó que la inhalación del humo del cauterio puede constituir un riesgo para desarrollar síntomas respiratorios entre los médicos de especialidades quirúrgicas.

El estudio de Ünver S. et al. 2016⁽¹²⁾ demostró que el efecto más negativo de la exposición al humo, fue la irritación de garganta y hubo una significación estadística entre estar expuesto y tener este efecto ($p < 0.05$). El 50% de las enfermeras tuvieron estos efectos después de electrocirugías y el 62.7% de los miembros de sus familias comentaron haber notado el olor a humo de la cirugía cuando regresaron a casa. Ilce A. et al. 2016⁽¹³⁾ describieron los síntomas experimentados por las enfermeras y los médicos como resultado de la exposición al humo quirúrgico: cefalea (enfermeras: 48,9%, médicos: 58, 3%), irritación de los ojos (enfermeras: 40,0%, médicos: 41,7%), tos (enfermeras: 48,9%, médicos: 27,8%), dolor de garganta, malos olores absorbidos en el cabello, náuseas, somnolencia, mareos, estornudos y rinitis. En cuanto a las precauciones tomadas para protegerse del humo, el 91,1% de las enfermeras y el 86,1% de los médicos reportaron el uso de mascarillas quirúrgicas. Solo algunas de las enfermeras informaron el uso de mascarillas de filtración especial.

Rioux M. et al. 2013⁽¹⁴⁾ comunicó dos casos. Un ginecólogo de 53 años de edad con carcinoma de células escamosas tonsilares positivas para el VPH⁽¹⁶⁾. No tenía factores de riesgo identificables excepto la exposición ocupacional a largo plazo al láser, habiendo realizado ablaciones y procedimientos de escisión electro-quirúrgica (LEEP) en más de 3000 lesiones displásicas cervicales y de vulva durante más de 20 años. El segundo fue otro ginecólogo de 62 años con una historia de 30 años de ablación con láser y LEEP que posteriormente desarrolló cáncer de lengua positivo para el VPH⁽¹⁶⁾.

Según el estudio de Kwak HD et al.⁽⁶⁾, el VHB es detectable en el humo quirúrgico. Investigaron 11 pacientes que se sometieron a cirugías abdominales laparoscópicas o robóticas. En el preoperatorio, todos los pacientes tenían antígeno de superficie de hepatitis B positivo (AgHBs). La carga viral medida en la sangre de los pacientes fue desde indetectable hasta $1,7 \times 10^8$ UI / ml. El VHB se detectó en el humo quirúrgico en 10 de los 11 casos. Este estudio proporciona datos preliminares en la investigación de la posibilidad de infección por el VHB a través del aire.

Kofoed K. et al. 2015⁽¹⁵⁾ investigaron el riesgo de transmisión del VPH durante la vaporización con láser de verrugas genitales o escisión con electrodos. Se encontró un tipo de VPH en la mucosa al 5.8% de los empleados con exposición al humo del láser en comparación con el 1,7% de las personas sin exposición ($p = 0.12$). La participación en crioterapia, láser de CO2 o evaporación electro-quirúrgica de las verrugas genitales o LEEP (Procedimiento de extirpación electro-quirúrgico de lazo) de displasia cervical no aumentó significativamente la prevalencia del VPH nasal u oral.

Viera et al.⁽¹⁶⁾ publicaron una investigación de campo, exploratoria transversal con abordaje cuantitativo del aire de los quirófanos. En todos los procedimientos quirúrgicos analizados fueron identificadas concentraciones de HAP (naftaleno y fenantreno) provenientes del humo quirúrgico emitidos durante el uso del electrocauterio, tanto en cirugías abiertas como en las de video-laparoscopia con fuerte correlación entre las variables naftaleno y fenantreno. Los valores totales de concentración encontrados para los HAP fueron $0,0061 \text{ mg/m}^3$ a $0,208 \text{ mg/m}^3$, lo que indicó que los trabajadores estaban expuestos constantemente a compuestos químicos que pueden ser dañinos para la salud humana debido al efecto acumulativo. La adhesión al uso de los EPI's por parte del equipo fue baja y la mayoría utilizaba mascarillas que no poseían filtros adecuados.

En la investigación de campo de Tseng et al.⁽¹⁷⁾, se encontraron abundantes partículas submicrométricas y altas concentraciones de HAP

TABLA 4. POTENCIAL EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL HUMO

Título, Autor y año Tipo estudio	Variable toxica/ biológica	n
Cambios en la mucosa nasal de los médicos por exposición al humo por electrocoagulación. Navarro M. et al. 201610 <u>Estudio de Cohorte – prospectivo</u>	Humo del cauterio en general sin especificar sustancias concretas.	n=43 MIREs 20 de especialidades no quirúrgicas (no expuesto) 23 de especialidades quirúrgicas (expuesto)
Síntomas respiratorios causados por el uso del electrocauterio en médicos en formación quirúrgica de un hospital de México Navarro M. et al. 201311 <u>Estudio Transversal con muestreo no probabilístico</u>	Humo del cauterio en general sin especificar sustancias concretas.	50 MIREs de cirugía vascular, general, ginecología y obstetricia, neurocirugía, urología, traumatología
Surgical Smoke, Me and My Circle Ünver S. et al. 201612 <u>Estudio descriptivo</u>	Humo del cauterio en general sin especificar sustancias concretas.	54 enfermeras de quirófano
The examination of problems experienced by nurses and doctors associated with exposure to surgical smoke and the necessary precautions Ilce A. et al. 201613 <u>Estudio descriptivo</u>	Humo del cauterio en general sin especificar sustancias concretas.	45 enfermeras (E) y 36 médicos (M).
HPV positive tonsillar cancer in two laser surgeons: case reports Rioux M. et al. 201314 <u>Comunicación de 2 casos</u>	VPH	El paciente A : ginecólogo de 53 años El paciente B : ginecólogo de 62 años
Detecting hepatitis B virus in surgical smoke emitted during laparoscopic surgery. Kwak HD et al. 20166 <u>Estudio de campo</u>	VHB	11 cirugías cirugías abdominales laparoscópicas o robóticas
Low Prevalence of Oral and Nasal Human Papillomavirus in Employees Performing CO2-laser Evaporation of Genital Warts or Loop Electrode Excision Procedure of Cervical Dysplasia Kofoed K. et al. 201515 <u>Investigación de campo</u>	VPH	287 dermatólogos y ginecólogos

en el humo quirúrgico durante mastectomías. La mayoría de las partículas estaban en el rango de tamaño de 0.3 a 0.5 μm , las que potencialmente pueden penetrar a través de las mascarillas médicas en la respiración humana. Las concentraciones promedio de partículas en fase gaseosa de HAP a la altura de respiración del cirujano y anestesistas fueron 131 y 1,415 ng / m^3 respectivamente, de

20 a 30 veces más altas que las de los ambientes exteriores normales. Mediante el uso de un factor de equivalencia de toxicidad, se calculó que el riesgo de cáncer para los cirujanos y anestesistas era de 117×10^{-6} y 270×10^{-6} , respectivamente.

Otro estudio de campo de Dobrogowski M et al. 2015⁽¹⁸⁾ concluyó que las concentraciones de todos los compuestos identificados procedentes del humo

Efectos quirúrgicos sobre la salud de los trabajadores.

Efectos sobre la salud	Resultados
Hiperplasia y metaplasia escamosa mucosa nasal.	Para el Riesgo Relativo, el Riesgo Atribuible y el Porcentaje de Riesgo Atribuible, se tuvieron en cuenta la incidencia de expuestos y no expuestos con un valor de significancia de $p < 0,05$. En relación con el factor de riesgo de desarrollar daño en la mucosa nasal, se observó que los residentes del área quirúrgica tenían 13,8 veces más riesgo que los del área no quirúrgica.
Sensación de cuerpo extraño en garganta, ardor faríngeo, náuseas y congestión nasal	El 86% (43/50) de los residentes señalaron sensación de cuerpo extraño en garganta, 58% (29/50) ardor faríngeo, 22% (11/50) náuseas, 4% (2/50) y congestión nasal. Las especialidades con mayor índice de exposición fueron neurocirugía, cirugía general, ginecología y obstetricia con 24,1, 16,9 y 4,6 minutos de media por cada acto quirúrgico, respectivamente.
Cefalea, irritación de garganta, náuseas, ojos llorosos, astenia y vértigo	La cefalea fue el efecto negativo más común 59.3% (n = 32), irritación de la garganta 56.6% (n = 30), náuseas 40.7% (n = 22), ojos llorosos 38.9% (n = 21), debilidad 24.1% (n = 13) y vértigo 9.3% (n = 5).
Cefalea, lagrimeo, irritación faríngea, tos, mal olor absorbido en cabello	Cefalea: E 48.9% y M 41.7%, lagrimeo: E 48.9% y M 27.8%, tos E 40% y M 38.9%, irritación faríngea E 42.2% y M 36.1%, mal olor absorbido en cabello E 44.4% y M 30.6%
Carcinoma de célula escamosa positivo para VPH 16	El paciente A : Carcinoma invasivo de células escamosas de moderada a pobre diferenciación, estadio T2N1M0, positivo para VPH tipo 16 en amígdalas. El paciente B : Carcinoma de células escamosas positiva para VPH 16 en lengua.
Infección/transmisión de VHB	El VHB se detectó en humo quirúrgico en 10 de los 11 casos. Preoperatoriamente, todos los pacientes tenían antígeno de superficie de hepatitis B positivo (HBsAg). La carga viral medida en la sangre de los pacientes fue desde indetectable hasta $1,7 \times 10^8$ UI / ml.
Verrugas nasales, orofaríngeas y en manos	Se encontró un tipo de VPH en la mucosa del 5,8% de los empleados con exposición en el tratamiento con láser de las verrugas genitales, en comparación con el 1,7% de los empleados sin exposición ($p = 0,12$). El personal que trató con láser a pacientes con verrugas genitales durante al menos 5 años tuvo una prevalencia significativamente más alta de VPH en la mucosa en la cavidad nasal u oral que los empleados que no utilizaron láser (OR 6,7 (95%CI 1. 7-26. 0; $p = 0. 004$)).

quirúrgico fueron significativamente más bajas (10 veces o más) que los valores de la Concentración Máxima Aceptable de la Unión Europea. Muchos de estos compuestos son tóxicos y posiblemente pueden ser cancerígenos, mutágenos o genotóxicos. En el Estudio de campo y encuestas por correo electrónico de Oganessian G et al. 2014⁽¹⁹⁾, los autores investigaron tanto la comprensión de los

trabajadores sobre los peligros en la exposición del humo producido durante los procedimientos dermatológicos, así como el estudio de la naturaleza química de las partículas pequeñas y los compuestos orgánicos de mayor tamaño y midieron la cantidad de estos químicos en el humo. Hubo un aumento significativo (aproximadamente diez veces) en la cantidad de partículas finas (<1 mm) producidas

TABLA 5. COMPOSICIÓN DEL HUMO. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV), HIDROCARBUROS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HAP) Y PUF

Título, Autor y año Tipo estudio	N	Variable tóxica	
Hidrocarburos policíclicos aromáticos producidos por el humo del electrocauterio y uso de equipamientos de protección individual Vieira C. et al. 201716 <u>una investigación de campo, exploratoria transversal con abordaje cuantitativo</u>	50 cirugías abdominales	HAP Naftaleno y Fenantreno	
Cancer risk of incremental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in electrocautery smoke for mastectomy personnel Tseng et al. 201417 <u>investigación de campo</u>	14 mastectomías	HAP	
Health risk to medical personnel of surgical smoke produced during laparoscopic surgery Dobrogowski M et al. 201518 <u>Estudio de campo</u>	N sin concretar de colecistectomía laparoscópica entre los años 2011 y 2013	COV	
Surgical Smoke in Dermatologic Surgery Oganesyan G et al. 201419 <u>Estudio de campo y encuestas por correo electrónico</u>	316 cuestionario de dermatólogos	PUF y COV	
Surgical smoke may be a biohazard to surgeons performing laparoscopic surgery Hwan S. et al. 201420 <u>investigación de campo</u>	20 nefrectomías radicales o parciales laparoscópicas	18 COV	
The air that we breathe': assessment of laser and electrosurgical dissection devices on operating theater air quality Brace M et al. 201421 <u>investigación de campo</u>	146 cirugías ORL	PUF	
Evaluation of fine particles in surgical smoke from an urologist's operating room by time and by distance Wang HK et al. 201522 <u>Un estudio prospectivo</u>	25 cirugías	PUF	
Characterisation of Exposure to Ultrafine Particles from Surgical Smoke by Use of a Fast Mobility Particle Sizer Ragde F et al. 201623 <u>Estudio de campo</u>	5 cirugías	PUF	

durante electrocirugía. Sin evacuación de humo, los datos muestran que el humo quirúrgico se reduce a los niveles basales en aproximadamente 1 minuto tras el corte, si la sala de procedimientos tiene buena ventilación. Respecto a los COV, los resultados mostraron la producción de una cantidad significativa de conocidos carcinógenos e irritantes.

Los carcinógenos como el benceno y el butadieno observados en el humo fueron comparables con los encontrados en el humo del tabaco.

Hwan S. et al. 2014⁽²⁰⁾ Dieciocho COV fueron detectados durante las intervenciones según los estándares japoneses de aire interior. Cinco de los 18 compuestos identificados fueron cancerígenos

ROCARBUIROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP) Y PARTÍCULAS ULTRA FINAS (PUF)

Resultados	
	En todas las recolecciones (100%) fueron encontrados HAP. Los valores promedios de las concentraciones totales (naftaleno y/o fenantreno) obtenidos fueron de 0,0061 mg/m ³ , variando entre 0,0006 y 0,0208. El naftaleno no fue encontrado en dos cirugías abdominales (colecistectomía y apendicetomía video laparoscopia) y el fenantreno en una (laparotomía exploradora asociada a la biopsia de ganglio linfático paraaórtico).
	Las concentraciones de HAP para los cirujanos y anestesistas aumentaron de 40 a 100 veces. Basándose a TEF (Toxicity equivalency factors), este estudio estimó que el riesgo promedio de cáncer a los 70 años de vida para cirujanos y anestesistas se estima en 117×10^{-6} y 270×10^{-6} , respectivamente (que son significativamente más altos que los recomendados por la OMS, nivel de seguridad 1×10^{-6}).
	Las concentraciones de los COV fueron significativamente más bajas (10 veces o más) que los estándares higiénicos permitidos por la Concentración Máxima Aceptable (MAC) de la Unión Europea. Las concentraciones de formaldehído y acetaldehído fueron las más altas.
	El humo quirúrgico además de PUF, contenía altas concentraciones de carcinógenos conocidos, como benceno, butadieno y acetonitrilo. El 32% de los cirujanos respondieron a la encuesta, y el 77% de los encuestados indicó que no usaba métodos para la eliminación de humo. Solo aproximadamente el 10% de los cirujanos informaron de uso constante de métodos para gestionar el humo.
	Cinco de los 18 compuestos identificados fueron compuestos cancerígenos (etanol, 1,2- dicloroetano, benceno, etilbenceno y estireno) y 13 fueron compuestos no cancerígenos (acetona, 2-butanona, hexano, n-heptano, tolueno, p-xileno, n-nonano, o-xileno, n-decano, n-undecano, n-hexadecano, n-tridecano y n-tetradecano).
	Se observó un recuento significativamente mayor de partículas de PM _{2.5} ($P < 0.001$), finas ($P < 0.001$) y gruesas ($P < 0.001$) en el quirófano durante los casos con láser en comparación con los casos en los que no se utilizó cauterio o láser. Aun así, comparado con el aire exterior, el aire de los quirófanos tenía niveles de partículas más bajos.
	En cirugías superficiales, el cirujano estando a 40 cm de la fuente puede inhalar 2.47 µg de PM _{2.5} en cada corte, mientras que el asistente a 60 cm de distancia puede inhalar 1.18 µg, y la enfermera a 120 cm solo puede inhalar alrededor de 0.19 µg PM _{2.5} . En laparoscopías, el operador puede inhalar 4.33 µg PM _{2.5} , mientras que el asistente y la enfermera pueden inhalar 1.21 µg y 0.08 µg PM _{2.5} . El aire a 40 cm de la incisión se convierte en "poco saludable" o "muy poco saludable" 3-6 segundos después de un solo corte. En cirugías laparoscópicas, a los 40 cm del trocar puede llegar a ser "peligroso" en 3 segundos después de abrir la válvula con una concentración máxima de 517.5 µg / m ³ .
	El uso de la electrocirugía dio lugar a altas exposiciones máximas a corto plazo, principalmente a PUF. La exposición fue más alta durante la abdominoplastia ($P < 0.05$) 3900 partículas cm ³ y más baja durante cirugías de reemplazo de cadera, 400 partículas cm ³ . En comparación con otros entornos de trabajo, la exposición a PUF del humo quirúrgico fue baja.

(etanol, 1,2-dicloroetano, benceno, etilbenceno y estireno) y 13 fueron no carcinogénicos (acetona, 2-butanona, hexano, n-heptano, tolueno, p-xileno, n-nonano, o-xileno, n-decano, n-undecano, n-hexadecano, n-tridecano y n-tetradecano). Para 5 cancerígenos detectados, el riesgo de cáncer fue mayor que insignificante. Para 1,2-dicloroetano y

benceno, el riesgo fue clasificado como inaceptable. A través de su investigación de campo Brace M et al. 2014⁽²¹⁾ compararon casos de láser vs. casos de cauterización. Una significativamente más elevada concentración partículas fina ($P < 0.001$) y número de partículas gruesas ($P < 0.001$) se observaron en el quirófano durante casos de láser en comparación con

los casos de cauterización. Comparado con el aire exterior, el aire de la sala de operaciones tenía niveles de partículas más bajos. Los láseres produjeron más altas concentraciones de partículas en suspensión de menos de 2,5 micras (PM2.5) y niveles aumentados de partículas finas y gruesas.

Wang HK et al. 2015⁽²²⁾ publicó un estudio prospectivo. En cirugías superficiales, el cirujano principal estando a 40 cm del foco inhaló 2.47 µg PM2.5 en cada corte, mientras que el asistente a 60 cm inhaló 1.18 µg, y la enfermera a 120 cm solo pudo inhalar alrededor de 0.19 µg PM2.5. En laparoscopias, el operador pudo inhalar 4.33 µg PM2.5, mientras que el asistente y la enfermera inhalaban 1.21 µg y 0.08 µg PM2.5. El aire a 40 cm de la incisión se convirtió en “poco saludable” o “muy poco saludable” 3-6 segundos después de un solo corte, y la concentración máxima de PM2.5 alcanzó 245.7, 149.4 y 165.1 µg / m³ para cirugías superficiales, abdominales y pélvicas. En cirugías laparoscópicas, a 40 cm del trocar llegó a ser “peligroso” en 3 segundos después de abrir la válvula con una concentración máxima de 517.5 µg / m³.

En el estudio de campo llevado al cabo por Ragde F et al. 2016⁽²³⁾, se realizaron mediciones de exposición personal al cirujano principal, cirujano asistente, enfermera y enfermera anestésica durante 5 cirugías (nefrectomía, reducción mamaria, abdominoplastia, cirugía de reemplazo de cadera y resección transuretral de la próstata (RTUP)). La exposición a PUF fue más alta durante la abdominoplastia (P<0.05) 3900 partículas cm³ y más baja durante las cirugías de reemplazo de cadera 400 partículas cm³. Los diferentes grupos de trabajo tuvieron una exposición similar durante los mismos tipos de procedimientos quirúrgicos. El uso de electrocirugía aumentó a corto plazo la exposición máxima a PUF (272 000 partículas cm³). La distribución del tamaño de las partículas varió entre los diferentes tipos de procedimientos quirúrgicos, donde la nefrectomía, cirugía de reemplazo de cadera y RTUP produjeron PUF con un tamaño dominante de 9 nm, mientras que la cirugía de reducción mamaria y la abdominoplastia produjeron PUF con un tamaño dominante de 70 y

81 nm, respectivamente. En comparación con otros entornos de trabajo, la exposición a PUF en el humo quirúrgico fue baja.

Conclusiones

Los profesionales de la salud se encuentran expuestos a una cantidad menor de humo, comparado con otras profesiones como los bomberos, por ejemplo, pero por un tiempo más prolongado y de manera más constante.⁽¹¹⁾ Aunque el humo quirúrgico no es un peligro inmediato para la salud, el personal expuesto debe conocer el potencial riesgo a largo plazo, ya que los efectos adversos pueden no ser evidentes hasta varias décadas después. Un estudio realizado en una población de 86.747 enfermeras quirúrgicas evaluó la relación entre el cáncer de pulmón y la exposición crónica a los humos generados por electro-cauterización. Aunque no se encontró un incremento en el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón, sí se encontró un incremento en la frecuencia de sintomatología respiratoria en este personal de salud⁽²⁴⁾. Los quirófanos no cuentan con extractores de humo adecuados y los profesionales que participaron en los actos quirúrgicos usan medidas de protección estándar. Association of perioperative Registered Nurses (AORN) recomienda la instalación de extractores de humo, en las salas de operaciones, lo más cerca posible de la mesa de operaciones, además de uso por parte de los trabajadores del equipo de protección adecuado.⁽²⁵⁾ Hay muchos síntomas relacionados con el humo quirúrgico, como tos, dolor de cabeza, lagrimeo, náuseas, vómitos y enfermedades respiratorias que experimentaron el personal de quirófano investigado por Alp, Bijl, Bleichrodt et al. 2006⁽²⁵⁾; Spearman, Tsavellas y Nichols, 2007⁽²⁶⁾; Beswick y Evans, 2012⁽²⁷⁾. En otros estudios disponibles, se especificó que las enfermeras expuestas al humo quirúrgico habían informado irritación de ojos, nariz y garganta, cefalea, náuseas, mareos, tos excesiva, fatiga, dermatitis, aumento de alergias y otros trastornos afectando principalmente las vías respiratorias (Ball, 2009⁽²⁸⁾; Rodríguez, Albasini, Aledo et al. 2009⁽²⁹⁾). En el estudio de Lewin et al. 2011⁽³⁰⁾,

encontraron que casi la mitad de los médicos y enfermeras que participaron en electrocirugías se quejaron de cefaleas, ojos llorosos, tos, ardor de garganta, mal olor de cabello y náuseas; mientras 1/4 aquejaron somnolencia, mareos y estornudos. Yavuz et al. 2010⁽³¹⁾, encontraron que más de la mitad de las enfermeras que habían estado expuestas al humo quirúrgico se quejaron de náuseas (63.6%), y aproximadamente la mitad informó tos, ojos llorosos, garganta ardiente y agitación nerviosa.

Cabría dejar abierta la posibilidad de que las enfermedades infecciosas también pudieran propagarse a través del humo quirúrgico. Varios estudios han reportado la presencia de estafilococos negativos, *Corynebacterium* y *Neisseria* en el humo quirúrgico (Capizzi et al. 1998⁽³²⁾). Los agentes víricos de VIH y VPH también fueron reportados por Lewin et al. 2011⁽³⁰⁾. Mowbray et al. 2013⁽³³⁾ no encontró células infectadas en el humo quirúrgico, pero declaró que los riesgos para quienes trabajan en quirófanos no se conociesen por completo. Aunque no hubo casos de VIH o hepatitis en este estudio se identificaron casos de quejas como infecciones respiratorias, rinitis, conjuntivitis y dermatitis.

Transmisión del VPH y posterior crecimiento tumoral se ha demostrado en bovinos expuestos al humo producido por la destrucción de tejido positivo para VPH. Esto presenta un fuerte argumento a favor de la transmisión del VPH a través de esta vía⁽³⁴⁾. En un estudio reciente del personal médico que trata papilomas y verrugas uretrales con láser de CO₂ fue descubierto que después del tratamiento de las verrugas uretrales, el ADN del VPH correspondiente a las muestras de tejido del paciente estaba presente en todas las muestras obtenidas de los guantes de los cirujanos.⁽³⁵⁾ Bellina et al.⁽³⁶⁾ mostraron que solo unas pocas células morfológicamente intactas estaban presentes en el humo recogido durante el tratamiento con láser de CO₂ de las verrugas genitales, y la incubación de los restos celulares no produjo actividad metabólica, replicación ni transcripción del VPH. En 1991, el ADN del VIH se aisló en medios de cultivo recogiendo el humo tras usar láser de CO₂. En cualquier caso, se desconoce la infectividad del VIH por el aire⁽³⁷⁾.

Se conoce el impacto negativo de los HAP sobre la salud humana, independientemente de la concentración, ya que poseen elevado potencial carcinogénico. Existen en la naturaleza más de 100 tipos de HAP. 38 Naftaleno y fenantreno fueron encontrados en el aire de los quirófanos en varios estudios realizados por Kisch et al. (Alemania)⁽³⁸⁾ y Andréasson et al. (Suecia)⁽⁴⁰⁾. De todos los COV identificados en el humo, el benceno está clasificado como carcinógeno en humanos. Exposición a benceno puede provocar leucemia⁽⁴¹⁾. En el caso de dioxinas y compuestos similares a dioxinas, la carcinogenicidad en humanos no se ha logrado objetivar^(42,43). Otro compuesto tóxico conocido con altas concentraciones en humo quirúrgico es el acetónitrilo. Se metaboliza en cianuro de hidrógeno cuando entra en la circulación y se manifiesta como envenenamiento por cianuro⁽⁴⁴⁾.

Las PUF a base de carbono que se depositan en los pulmones se conoce que causan muerte prematura por enfermedades cardiopulmonar y cáncer de pulmón. El uso de cauterización eléctrica parece estar asociado con la liberación de niveles significativamente mayores de PUF comparados a láser y casos de disección en frío. Los PUF han sido vinculados a un aumento de exacerbaciones de asma en correlación a un aumento de recuentos de PUF ambientales⁽⁴⁵⁾. El estudio multicéntrico de cohortes para los efectos de la contaminación del aire (ESCAPE) se realizó para investigar su correlación con posibles enfermedades asociadas. El resultado de ESCAPE concluyó que la exposición a contaminantes del aire, especialmente PM_{2.5} puede aumentar la mortalidad por causas naturales (HR = 1.07 por aumento de 5 µg / m³)⁽⁴⁶⁾, incidencia de cáncer de pulmón (HR = 1,18 por aumento de 5 µg / m³)⁽⁴⁷⁾, eventos coronarios agudos (HR = 1,13 por 5 µg / m³ de aumento) 48 y bajo peso al nacer (HR = 1,18 por aumento de 5 µg / m³)⁽⁴⁹⁾.

El humo quirúrgico contiene químicos y sustancias biológicas que se consideran mutagénicas, cancerígenas y posiblemente infecciosas, incluyendo células vivas y partículas virales. Varias áreas requieren más investigación creando la necesidad de estudios a largo plazo sobre la exposición.

Aunque la composición química y biológica del humo quirúrgico aún no está completamente confirmada, la evidencia actual recomienda medidas de precaución para evitar exposiciones crónicas y prolongadas. El hecho de que el personal del quirófano está expuesto durante largos períodos es causa de preocupación, particularmente en ausencia de datos claros sobre los potenciales daños para la salud a largo plazo. Los directivos de salud y los trabajadores deben ser conscientes de esta situación laboral. El conocimiento del peligro y la adopción de medidas preventivas son pilares esenciales para los trabajadores de los quirófanos. Se necesita más investigación para identificar los riesgos centrándose en comparar el humo producido por diferentes dispositivos electrónicos, así como el uso de sistemas de protección colectiva e individual a largo plazo.

Bibliografía

1. Hilda Rojas P, Javier Larrain A, Jorge Riquelme S, Viviana Zemelman D. Exposición al Humo Quirúrgico. Riesgos asociados y medidas preventivas. *Rev. Chilena Dermatol.* 2014; 30 (3) : 327 - 330
2. Ball K. Surgical smoke: is it safety to breathe? *Today's Surg Nurs.* 1996; 18:16-21.
3. Kae Okoshi, Katsutoshi Kobayashi, Koichi Kinoshita, Yasuko Tomizawa, Suguru Hasegawa, Yoshiharu Sakai. Health risks associated with exposure to surgical smoke for surgeons and operation room personnel. *Surg Today* (2015) 45:957-965
4. 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.
5. Spearman J, Tsavellas G, Nichols P. Current attitudes and practices towards diathermy smoke. *Ann R Coll Surg Engl.* 2007; 89:162-5.
6. Kwak HD, Kim SH, Seo YS, Song KJ. Detecting hepatitis B virus in surgical smoke emitted during laparoscopic surgery. *Occup Environ Med.* 2016 Dec;73(12):857-863
7. Garden JM, O'Banion MK, Bakus AD, Olson C. Viral disease transmitted by laser-generated plume (aerosol). *Arch Dermatol* 2002; 138:1303-7.
8. Lewin JM, Brauer JA., Ostad A. Surgical smoke and the dermatologic. *J Am Acad Dermal.* 2011;65(3):636-641
9. 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.
10. Navarro M, González R, Aldrete M, Carmona D. Cambios en la mucosa nasal de los médicos por exposición al humo por electrocoagulación. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública* 34(2): 135-144
11. Navarro-Meza MC, González-Baltazar R, Aldrete-Rodríguez MG, Carmona-Navarro DE, López-Cardona MG. Síntomas respiratorios causados por el uso del electrocauterio en médicos en formación quirúrgica de un hospital de México. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 2013;30(1):41-4.
12. Ünver Seher, Sacide Yildizeli Topçu, Ümmü Yildiz Findik. Surgical Smoke, My Circle and Me. *International Journal of Caring Sciences* May- August 2016 Volume 9 Issue 2 Page 697
13. Ilce Arzu, Ganime Esra Yuzden, Meryem Yavuz van Giersbergen. The examination of problems experienced by nurses and doctors associated with exposure to surgical smoke and the necessary precautions. *Journal of Clinical Nursing*, 26, 1555-1561
14. Rioux Margo, Andrea Garland, Duncan Webster, Edward Reardon. HPV positive tonsillar cancer in two laser surgeons: case reports. *Head and Neck Surgery* 2013, 42:54
15. Kofoed Kristian, Christina Norrbom, Ola Forslund, Charlotte Møller, Ligita P. Frøding, Anders Elm Pedersen. Low Prevalence of Oral and Nasal Human Papillomavirus in Employees Performing CO2-laser Evaporation of Genital Warts or Loop Electrode Excision Procedure of Cervical Dysplasia. *Acta Derm Venereol* 2015; 95: 173-176
16. Vieira Claudio C, Ribeiro RP, Martins JT, Marziale MHP, Solci MC, Dalmas JC. Polycyclic aromatic hydrocarbons produced by electrocautery smoke and the use of personal protective equipment. *Rev. Latino-Am. Enfermagem.* 2017;25: e2853.
17. Tseng Hsin-Shun, Shi-Ping Liu, Shi-Nian Uang, Li-Ru Yang, Shien-Chih Lee, Yao-Jen Liu. Cancer risk of incremental exposure to polycyclic aromatic

hydrocarbons in electrocautery smoke for mastectomy personnel. *World Journal of Surgical Oncology* 2014, 12:31

18. Dobrogowski Miłosz, wiktór wesołowski, małgorzata kucharska, katarzyna paduszyńska, agnieszka dworzyńska, wiesław szymczak, health risk to medical personnel of surgical smoke produced during laparoscopic surgery. *international journal of occupational medicine and environmental health* 2015;28(5):831 - 840

19. Oganessian Gagik, MD, PhD, Sasima Eimpunth, MD, Silvia Soohyun Kim, BA, Shang I Brian Jiang. Surgical Smoke in Dermatologic Surgery. *Dermatol Surg* 2014; 40:1373-1377

20. Hwan Seock Choi, Tae Gyun Kwon, Sung Kwang Chung, Tae-Hwan Kim. Surgical smoke may be a biohazard to surgeons performing laparoscopic surgery. *Surg Endosc* (2014) 28:2374-2380

21. Brace Matthew D, Elizabeth Stevens, S Mark Taylor, Sarah Butt, Zhennan Sun, Licai Hu. 'The air that we breathe': assessment of laser and electrosurgical dissection devices on operating theater air quality. *Journal of Otolaryngology - Head and Neck Surgery* 2014, 43:39

22. Wang Hong-Kai, Fei Mo, Chun-Guang Ma, Bo Dai, Guo-Hai Shi, Yao Zhu. Evaluation of fine particles in surgical smoke from an urologist is operating room by time and by distance. *Int Urol Nephrol* (2015) 47:1671-1678

23. Siri Fenstad Ragde, Rikke Bramming Jorgensen, Solveig Foreland. Characterisation of Exposure to Ultrafine Particles from Surgical Smoke by Use of a Fast Mobility Particle Sizer. *Ann. Occup. Hyg.*, 2016, Vol. 60, No. 7, 860-874

24. Gates MA, Feskanich D, Speizer FE, Hankinson SE. Operating room nursing and lung cancer risk in a cohort of female registered nurses. *Scand J Work Environ Health*. 2007; 33(2):140-7.

25. Alp E., Bijl D., Bleichrodt RP, Hansson B. & Voss A. (2006) surgical smoke and infection control. *The Journal of Hospital Infection* 62:1-5.

26. Spearman J., Tsavellas G. & Nichols P. (2007) Current attitudes and practices towards diathermy smoke. *The Annals of the Royal College of Surgeons of England* 89:162-165.

27. Beswick A. & Evans G. (2012) Evidence for exposure and harmful effects of diathermy plumes (surgical smoke). First edn, London: Crown, pp 1-32.

28. Ball K. (2001) the hazards of surgical smoke. *Course: Update for Nurse Anesthetists-Part 1. AANA* 69:125-132.

29. Rodriguez HC., Albasini JLA., Aledo VS. & Lopez CG. (2009) Surgical smoke: risks and preventive measures. *Cirugía Española (English Edition)* 85:274-279.

30. Lewin JM, Brauer JA & Ostad A (2011) surgical smoke and the dermatologist. *Journal of the American Academy of Dermatology* 65, 636-641.

31. Yavuz M, Kaymakci S, Ozsaker E, Dirilmese E & Okgucun A (2010) Ameliyathanede Cerrahi Duman Riskleri ve Alinan Onlemlerin Incelenmesi. 24 November 2015.

32. Capizzi PJ, Clay RP & Battey MJ (1998) Microbiologic activity in laser resurfacing plume and debris. *Lasers in Surgery and Medicine* 23, 172-174.

33. Mowbray N, Ansell J, Warren N, Wall P & Torkington J (2013) Is surgical smoke harmful to theater staff? A systematic review. *Surgical Endoscopy* 27, 3100-3107.

34. Garden JM, O'Banion MK, Bakus AD, et al: Viral disease transmitted by laser-generated plume (aerosol). *Arch Dermatol* 2002, 138(10):1303-1307.

35. Ilmarinen T, Auvinen E, Hiltunen-Back E, Ranki A, Aaltonen LM, Pitkaranta A. Transmission of human papillomavirus DNA from patient to surgical masks, gloves and oral mucosa of medical personnel during treatment of laryngeal papillomas and genital warts. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2012; 269: 2367-2371.

36. Bellina JH, Stjernholm RL, Kurpel JE. Analysis of plume emissions after papovavirus irradiation with the carbon dioxide laser. *J Reprod Med* 1982, 27: 268-270.

37. Baggish MS, Poiesz BJ, Joret D, et al. Presence of human immunodeficiency virus DNA in laser smoke. *Lasers Surg Med* 1991; 11:197-203.

38. United States of America. US Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), Atlanta: US Department of Health and Human Services; 1995, Feb 2 2016.

39. Kisch T, Liodaki E, Kraemer R, Mailaender P, Brandenburger M, Hellwig V, et al. Electrocautery devices with feedback mode and teflon-coated blades create less surgical smoke for a quality improvement in the operating theater. *Medicine*. 2015;94(27):1-6.
40. Andréasson SN, Mahteme H, Sahlberg B, Anundi H. Polycyclic aromatic hydrocarbons in electrocautery smoke during peritonectomy procedures. *J Environ Public Health*. 2012; 2012(929053):1-6.
41. Environmental Protection Agency. Carcinogenic effects of benzene: An update. Washington: National Center for Environmental Health, Office of Research and Development; 1998.
42. Cole P, Trichopoulos D, Pastides H, Starr T, Mandel JS. Dioxin and cancer: A critical review. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2003; 38:378-88.
43. Crump KS, Canady R, Kogevinas M. Meta-analysis of dioxin cancer dose response for three occupational cohorts. *Environ Health Perspect*. 2003; 111(5):681-7.
44. Mueller M, Borland C. Delayed cyanide poisoning following acetonitrile ingestion. *Postgrad Med J* 1997; 73:299-300.
45. Evans KA, Halterman JS, Hopke PK, Fagnano M, Rich DQ: Increased ultrafine particles and carbon monoxide concentrations are associated with asthma exacerbation among urban children. *Environ Res* 2014, 129:11-19.
46. Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, Andersen ZJ, Weinmayr G, Hoffmann B, et al. (2014) Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet* 383(9919):785-795.
47. Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Beelen R, Samoli E, Stafoggia M, Weinmayr G, et al (2013) Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *Lancet Oncol* 14(9):813-822.
48. Cesaroni G, Forastiere F, Stafoggia M, Andersen ZJ, Badaloni C, Beelen R, et al (2014) Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project. *BMJ* 348:f741
49. Pedersen M, Giorgis-Allemand L, Bernard C, Aguilera I, Andersen AM, Ballester F, et al (2013) Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE). *Lancet Respir Med* 1(9):695-704.