

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i3.1119>

Riesgos de exposición al formaldehído en el personal de salud

Risks of exposure to formaldehyde in health personnel

Walter Iván Infantes Vizcarra

ivan.infantes.vizcarra@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-9404-3989>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Lima – Perú

Oscar Acosta Conchucos

oacostac@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0002-1912-0251>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Lima – Perú

Artículo recibido: 30 de agosto de 2023. Aceptado para publicación: 15 de septiembre de 2023.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

El formaldehído (FA) es una sustancia química de amplio uso a nivel mundial, altamente volátil, irritable e inflamable. En el ámbito sanitario, se utiliza principalmente como fijador de muestras histológicas, debido a sus propiedades desinfectante, perseverante y fijadora. Por sus cualidades y bajo costo, es utilizado frecuentemente en clínicas, hospitales, laboratorios de patología y universidades para las prácticas médicas. La principal vía de ingreso al cuerpo es a través de la inhalación o de la piel, y se oxida rápidamente eliminando en parte por vía urinaria y respiratoria. El uso y contacto rutinario a la exposición del formaldehído ocasiona irritación de la piel, mucosas, tracto respiratorio y ojos. El formaldehído causa genotoxicidad, que se manifiesta en el daño del ADN, lo que genera mutaciones celulares que pueden favorecer el desarrollo de cáncer. El objetivo de este artículo de revisión es generar conciencia sobre los riesgos que presenta el personal de salud al estar expuestos constantemente al formaldehído y mitigar los posibles daños en su integridad física generados por la exposición a este químico.

Palabras clave: formaldehído, irritación, límite de exposición, salud, cáncer

Abstract

Formaldehyde (FA) is a highly volatile, irritable, and flammable chemical widely used worldwide. In healthcare, it is used mainly as a fixative for histological samples, due to its disinfectant, perseverant and fixing properties. Due to its qualities and low cost, it is frequently used in clinics, hospitals, pathology laboratories and universities for medical practices. The main route of entry into the body is through inhalation or through the skin, and it is rapidly oxidized and partly eliminated by the urinary and respiratory routes. Routine use and contact with formaldehyde exposure causes irritation of the skin, mucosa, respiratory tract, and eyes. Formaldehyde causes genotoxicity, which is manifested in DNA damage, which generates cellular mutations that can favor the development of cancer. The objective of this review article is to raise awareness about

the risks posed by health personnel when constantly exposed to formaldehyde and to mitigate the possible damage to their physical integrity generated by exposure to this chemical

Keywords: formaldehyde, irritation, exposure limit, health, cancer

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons . 

Como citar: Infantes Vizacarra, W. I., & Acosta Conchucos, O. (2023). Riesgos de exposición al formaldehído en el personal de salud. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 4(3), 887–898. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i3.1119>

INTRODUCCIÓN

El formaldehído (FA) es una sustancia química de amplio uso a nivel mundial, altamente volátil e inflamable. En el rubro industrial es utilizado en la elaboración de papel, ropa, madera, plásticos entre otros. En el ámbito del sector salud el formaldehído es usado como conservante de tejidos y desinfectante. Por su utilidad y bajo costo se usa frecuentemente en morgues, clínicas, hospitales, laboratorios de patología y universidades para las prácticas médicas. El uso y contacto rutinario a la exposición del formaldehído ocasiona irritación de la piel, mucosas, tracto respiratorio y ojos. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) clasificó al formaldehído en el grupo 1 como agente cancerígeno para humanos. La concentración del formaldehído en los centros de trabajo muchas veces supera los límites de exposición profesional establecidos, generando un riesgo para la salud del personal sanitario que está en contacto de forma diaria, lo cual podría desencadenar en ellos enfermedades futuras. En el Perú el valor límite permisible (VLP) para el formaldehído en el ambiente de trabajo es de 0.3 ppm (partículas por millón), concentración que no debe ser superada por ninguna circunstancia a lo largo de la jornada laboral. El límite de exposición se encuentra señalado en el decreto supremo N°015-2005-Reglamento sobre Valores Límite permisible para agentes químicos en el ambiente de trabajo. El documento menciona que las personas expuestas a corto tiempo pueden presentar efectos adversos tales como irritación ocular, tos, irritación de la vía aérea, náuseas, dermatitis. Además, presenta un potencial genotóxico sobre el ADN conllevando a la formación de tumores en el tracto respiratorio superior y en otros casos en leucemias. Estudios recientes han demostrado que el formaldehído puede inducir lesiones citotóxicas como la formación de micronúcleos (MN), inflamación celular y apoptosis. También se ha encontrado daño en genes productores de enzimas metabolizadoras de xenobióticos y de enzimas reparadoras del ADN. Investigaciones recientes han señalado que el vapor irritante y agente químico comúnmente más utilizado por el personal de salud es el formaldehído, especialmente en los laboratorios de histopatología y mortuorios, en estos ambientes se han encontrado VLP están por encima de los rangos permitidos. Otros estudios también mencionan que la exposición al formaldehído aun por debajo de los VLP, puede presentar en los trabajadores molestias respiratorias, ardor de ojos y dolor de cabeza.

El objetivo del presente artículo es revisar la literatura sobre los riesgos a que están expuestos el personal de salud por el FA y hacer conciencia de estos efectos adversos, para luego mitigar los posibles daños en su integridad física generados por la exposición ocupacional.

Características del formaldehído

El formaldehído es el compuesto químico más simple de los aldehídos, que se produce a partir del metanol, se presenta a temperatura ambiente en forma de gas incoloro, tiene un olor acre y sofocante distintivo. En el ámbito sanitario, se utiliza principalmente como fijador de muestras histológicas, debido a sus propiedades desinfectantes, preservantes y fijadoras; mientras que en la industria es indispensable en la fabricación de sustancias químicas. En el ámbito hospitalario es muy común usarlo diluido con agua y alcohol metílico, lo que se conoce como formol o formalina. Habitualmente se utilizan disoluciones al 4-10% del formaldehído comercial que se encuentra en concentraciones de 3-40%.

Metabolización y vías de exposición

En condiciones fisiológicas el formaldehído se localiza en los compartimentos intracelulares, tales como núcleo, citoplasma, mitocondrias, retículo endoplásmico y membrana celular, pues resulta de la desmetilación oxidativa. La principal vía de ingreso al cuerpo es a través de la inhalación o de la piel, y se oxida rápidamente eliminando en parte por vía urinaria y respiratoria. El organismo lo metaboliza fundamentalmente en el hígado y en la sangre en ácido fórmico por

acción de la formaldehído-deshidrogenasa dependiente de glutatión S transferasa. El ácido fórmico es oxidado a dióxido de carbono, el cual es eliminado por el aliento, y por la orina como la sal sódica no tóxica llamada formato de sodio. La vía más común de ingreso al organismo del formaldehído es la respiratoria: por su cualidad de volatilidad del formaldehído pasa rápidamente por los pulmones y a la sangre. Otra vía de penetración al organismo es la vía digestiva, pudiendo ingresar por medio de alimentos o bebidas contaminadas. El siguiente modo ingreso al cuerpo es por la piel: el cual se da por contacto indirecto en el trabajo diario, al realizar los procesos de conservación de piezas anatómicas en los laboratorios o desinfección de ambientes e instrumentos. Además, el formaldehído también puede ingresar al organismo humano por vía ocular, en forma de vapor o de gotas.

Límites de exposición ocupacional

Los límites de exposición son valores de referencia establecidos para proteger la salud de los trabajadores, los cuales permiten prevenir y controlar los riesgos que conlleva la exposición al formaldehído (4,5). Distintos organismos internacionales establecieron límites de exposición como la OSHA (Occupational Safety and Health Administration) que señaló que 0,75 ppm debe ser el valor promedio permitido durante un turno de ocho horas pudiendo llegar a un valor máximo de 2 ppm durante una exposición laboral, que no debe exceder los 15 minutos. El límite de exposición recomendado por el NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) es de 0,016 - 0,1 ppm como promedio durante un turno laboral de 10 horas como máximo, el cual no debe sobrepasar periodos mayores de 15 minutos de trabajo continuo. El valor límite establecido por la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) es de 0,3 ppm, concentración que no debe excederse por considerarse de alto riesgo para la salud del trabajador. En la siguiente tabla 1 se muestra los diferentes valores de exposición donde laboran los trabajadores del área de salud.

Tabla 1

Concentración del formaldehído en distintos estudios de ambientes hospitalarios

Centros de Exposición	Concentración por ppm
Servicio de Limpieza/Desinfección	0,06 – 1,62
Servicio de Anatomía Patológica (Laboratorio)	0,08 – 6,90
Servicio de Anatomía Patológica (Archivo Muestras)	0,22 – 0,36
Servicio de Endoscopias	0,01 – 0,08
Área de Autopsias o morgue (Sala)	0,07 – 8,40
Área Autopsias (Archivo Muestras)	1,10 – 1,60
Prácticas disección de cadáveres (Universidades)	0,38 – 2,94
Aire urbano	0,02 – 0,04

Nota: ppm: partículas por millón.

Fuente: Adaptado de Ramírez P. et al. 2018.

Efectos de la exposición al formaldehído

La exposición a formaldehído puede causar efectos negativos para la salud del ser humano a corto o a largo plazo. Las características propias de esta sustancia señalan que es un tóxico potente. Los efectos de exposiciones bajas en un corto plazo pueden ser ardor en los ojos, en la nariz y la garganta, tos, náuseas e irritación de la piel. En situaciones de exposición alta o prolongada, se pueden observar efectos a largo plazo y estar asociada a ciertos tipos de cáncer como el nasofaríngeo o leucemias. Actualmente se le conoce al formaldehído como una sustancia con potencial cancerígeno ya que está clasificada como parte del Grupo 1 (sustancia carcinogénica) según la I.A.R.C (International Agency for Research on Cancer) (6,7,8). En la tabla

2 se muestra un resumen de los efectos del formaldehído en diferentes concentraciones en el ambiente de trabajo.

Tabla 2

Efectos de la exposición al formaldehído según diferentes concentraciones

Concentración (ppm)	Síntomas
0,05 - 1	Respiratorios: aún no se supera el umbral para que sea irritante.
1,1 - 2,5	Oculares: irritación de la conjuntiva, epífora, dolor, inflamación, visión borrosa Neurofisiológicos: cefalea Respiratorios: irritación de la nariz y la garganta (tos) Piel: irritación y prurito, fisuras, alteración en el color de las uñas, dermatitis. Inmunológicos: hipersensibilidad, dermatitis alérgica y bronquitis asmática
2,6 - 20	Oculares: daños de la córnea y el iris con pérdida de la visión, inflamación de la retina y el nervio óptico Respiratorios: disnea y tos
21 - 50	Respiratorios: bronquitis asmática, irritación de las vías aéreas bajas Respiratorios: edema pulmonar, neumonía Neurológicos: pérdida de la conciencia, coma
> 50	Muerte

Fuente: Adaptado de Acosta. et al. 2014.

Nota: ppm: partículas por millón.

Normatividad peruana y antecedentes

En el Perú las medidas de control para las personas expuestas al formaldehído, se encuentran señaladas en el decreto supremo "015-2005-Reglamento sobre Valores Límite permisible para agentes químicos en el ambiente de trabajo", el cual establece que el valor límite permisible (VLP) para el formaldehído es de 0.3 ppm o 0,37 mg/m³ de concentración en el ambiente laboral y que no debe ser superado por ninguna circunstancia a lo largo de la jornada laboral, ya que puede poner en riesgo la salud de las personas.

La Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas (DIGEMID) con la alerta "Nº29-2014-Efectos Adversos Producidos por la Exposición a Formaldehído", informa a los profesionales de la salud y al público en general sobre el riesgo asociado a la exposición de formaldehído. El documento menciona que la exposición a corto plazo puede provocar efectos nocivos como irritación ocular, tos, irritación respiratoria, náuseas y dermatitis. La exposición prolongada a altas concentraciones también puede causar daños al hígado, los riñones, el bazo, el páncreas y el sistema nervioso central. El formaldehído también tiene potencial genotóxico para el ADN y conduce al desarrollo de cáncer del tracto respiratorio superior y, en otros casos, leucemia.

En el año 2015 un estudio realizado por Rivera, encontró una concentración media de 0.96 mg/m³ de formaldehído en el aire de 3 laboratorios de Anatomía Patológica de la ciudad de Lima, superando el valor límite permisible que señala la ley (VLP-ceiling 0.37 mg/m³). Además, encontró que los trabajadores expuestos a formaldehído presentaron mayor frecuencia de micronúcleos, gemaciones y binucleaciones en comparación con el grupo de no expuestos (p<0.01).

Scarselli et al., 2017, evaluaron datos sobre la exposición ocupacional al formaldehído de trabajadores italianos. Las concentraciones de FA en el aire proceden de la base de datos italiana sobre exposición profesional a carcinógenos y se refieren a los años 1996-2014. Se seleccionaron un total de 1.610 mediciones de exposición al FA de una base de datos, con una media aritmética general que oscilaba entre 0,12 y 3,0 mg/m³ y media geométrica 0,04 mg/m³ - 3,0 mg/m³. El número de trabajadores potencialmente expuestos en los sectores seleccionados fue de 49.450. La exposición ocupacional al formaldehído se ha identificado en muchas industrias diferentes, pero los trabajadores de las industrias de atención médica y procesamiento de alimentos corren actualmente mayor riesgo.

Lorenzoni et al. 2017, investigaron la mutagenicidad y citotoxicidad en células exfoliadas del epitelio bucal (BEC) de estudiantes sometidos a formaldehído (FA) durante las clases de anatomía. Los BEC se recopilaron periódicamente de 17 voluntarios de programas de pregrado, que habían participado en clases de anatomía práctica, antes y después de la exposición a FA. Se evaluó un total de 1.500 células por individuo en este estudio para la frecuencia de micronúcleos y otros parámetros de citotoxicidad. Encontraron un aumento en el número de BEC micronúcleos después de la exposición a FA (después de 1 mes $p = .034$ y después de 3,5 meses $p = .017$). Sin embargo, la exposición a FA no provocó un aumento significativo de otras alteraciones nucleares relacionadas con la citotoxicidad ($p \geq 0,05$). Concluyendo que el FA indujo mutagenicidad durante clases de anatomía. La muerte celular aumentó, pero no fue estadísticamente significativa.

Xu et al. 2017 realizó un estudio de casos y controles para examinar si las mujeres diagnosticadas con aborto espontáneo tenían concentraciones elevadas de formaldehído en plasma y si esto contribuía al mayor riesgo de aborto espontáneo en las mujeres chinas. La población del estudio fue de 118 mujeres diagnosticadas con un aborto espontáneo en el primer trimestre del embarazo y 191 mujeres sanas que dieron a luz a término. Se realizó un análisis de regresión logística para examinar la asociación entre abortos espontáneos y los niveles de formaldehído. Los niveles plasmáticos de formaldehído fueron significativamente mayores en las mujeres que habían abortado ($0,0944 \pm 0,0105$ versus $0,0239 \pm 0,0032$ $\mu\text{g/mL}$, $P < 0,001$). La regresión logística multivariada mostró niveles elevados de formaldehído (odds ratio [OR]: 8,06, intervalo de confianza [IC] del 95%: 4,96-13,09). Las concentraciones plasmáticas de formaldehído fueron significativamente más altas en las mujeres a las que se les había diagnosticado un aborto espontáneo que en las mujeres que habían tenido un parto completo, y los niveles más altos se asociaron con un mayor riesgo de aborto espontáneo.

Shin et al., 2018 investigaron si el formaldehído (FA) causa citotoxicidad, inflamación o inducción de apoptosis en células epiteliales del oído medio humano (HMEEC). Los resultados de la prueba mostraron una disminución en la viabilidad celular en las HMEEC tratadas con FA. Además, se observó un aumento de la expresión celular de TNF- α (factor de necrosis tumoral alfa), caspasa-9 (proteína asociada a la apoptosis), MUC (mucina) y una disminución de la actividad de MMP (potencial de membrana mitocondrial) y del citocromo oxidasa. La reducción de la viabilidad celular, la inducción de la inflamación y la expresión del gen de la mucina y la activación de la vía de señalización de la apoptosis sugieren en conjunto una asociación entre la exposición ambiental al formaldehído y el desarrollo de otitis media (OM).

En un estudio Zain et al. 2019, encontraron que la concentración media del formaldehído en el ambiente de los trabajadores administrativos durante un periodo de 8 horas fue mayor en las áreas expuestas ($0,25 \pm 0,11$ ppm) que en las áreas no expuestas ($0,08 \pm 0,02$ ppm). Los trabajadores del laboratorio de histopatología estuvieron expuestos a concentraciones de formaldehído más altas que los trabajadores de administración ($0,797 \pm 0,436$ ppm). Un total del 67% de los trabajadores expuestos exhibió los síntomas de irritación ocular, dolor de cabeza,

somnolencia y opresión en el pecho y el 57% de los trabajadores no expuestos reportaron síntomas similares en su lugar de trabajo ($p < 0.05$; chi cuadrado y pruebas exactas de Fisher).

Roland et al. 2019, realizó un estudio para medir y comparar las concentraciones de formaldehído en morgues de hospitales públicos y centros privados del estado de Rivers, Nigeria. Las mediciones se realizaron en 9 locales públicos y 6 privados. Los límites medidos fueron el promedio ponderado en el tiempo (TWA) y el límite de exposición a corto plazo (STEL). Los resultados obtenidos mostraron una concentración promedio de TWA de formaldehído en morgues públicas y privadas de $2,42 \pm 1,77$ y $2,52 \pm 0,99$ ppm respectivamente. Además, las concentraciones de STEL medidas en depósitos de cadáveres públicos y privados fueron de $0,91 \pm 0,99$ y $1,93 \pm 1,22$ ppm, respectivamente. Los valores de TWA de 8 horas superan los estándares de OSHA (0,75) y NIOSH (0,016 ppm). Se concluyó que había una alta concentración de formaldehído en las morgues tanto públicas como privadas, lo que puede suponer un grave riesgo para la salud de los trabajadores de las morgues.

En un estudio de Costa et al. 2019, se evaluó la exposición ocupacional al formaldehído (FA) mediante diversos biomarcadores (dosis y efecto) y la susceptibilidad individual. Se llevó a cabo un monitoreo del aire para estimar los valores de exposición en 85 trabajadores de laboratorios de anatomía patológica expuestos a FA y 87 controles. Fueron evaluadas las alteraciones citogenéticas en linfocitos (micronúcleo, MN; intercambio de cromátidas hermanas, SCE) y ensayo de mutación del receptor de células T (TCR). Se determinaron los efectos de los genes polimórficos de las enzimas metabolizadoras de xenobióticos y las enzimas reparadoras del ADN. Encontraron que el nivel medio de exposición a FA fue de $0,38 \pm 0,03$ ppm. Los MN (en linfocitos y células bucales) y SCE aumentaron significativamente en los trabajadores expuestos a FA en comparación con los controles. La frecuencia de MN se relaciona positivamente con los niveles de exposición y duración de FA. Encontraron diferencias significativas en el porcentaje de linfocitos citotóxicos T, células NK y linfocitos B entre los grupos. Los polimorfismos en los genes CYP2E1, GSTP1 y FANCA se asociaron con un mayor daño genético en individuos expuestos a FA que en los controles ($p < 0,05$).

Zahran en 2020 midió la concentración del formaldehído en el aire del ambiente de cinco morgues de Egipto registrando los valores de 1.69 ± 0.72 , 1.80 ± 0.69 , 0.94 ± 0.56 , 1.08 ± 0.33 y 0.13 ± 0.05 ppm. Estas concentraciones excedieron los límites de calidad del aire de la Agencia Egipcia de Asuntos Ambientales (0.3ppm) en todos los sitios excepto el quinto depósito de cadáveres y excedieron los límites de calidad del aire del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional en todos los sitios (0.016 ppm). Concluyendo que la concentración de formaldehído en el ambiente de las morgues es muy alta, lo cual presenta un riesgo ocupacional para la salud de los trabajadores. ($p < 0.05$).

Un estudio realizado por Sánchez et al. 2020, comprobó que el vapor irritante y agente químico comúnmente más utilizado por el personal de salud es el formaldehído, especialmente en los laboratorios de histopatología, lugar en donde con regular frecuencia se presentan molestias respiratorias y cuyo químico en estado de vapor puede provocar efectos en la salud a corto plazo, desde sensación de ardor en los ojos, ardor en la nariz y la garganta, tos náuseas e irritación de la piel cuando sus niveles en el aire exceden 0,1 ppm.

En 2020 Grados realizó un estudio descriptivo transversal de los efectos adversos y concentración de formaldehído en el anfiteatro de la facultad de medicina de la Universidad de Trujillo, usando una encuesta y midiendo el formaldehído en el ambiente. Encontró que los síntomas más comunes reportados por los estudiantes expuestos al formaldehído fueron irritación ocular, irritación nasal, ardor de garganta, dolor de cabeza y la concentración media ambiental en el aire fue de 0,16 ppm. Concluyendo, que si bien es cierto que la concentración

del formaldehído se encuentra dentro del valor límite permisible (VLP 0.3 ppm), estos valores provocaron efectos adversos en los estudiantes de medicina, lo cual puede indicar que existe una relación entre ellos y la concentración permisible de formaldehído presente en el ambiente del anfiteatro.

Leso et al., 2020 realizó un análisis de revisión donde reveló cambios en la metilación del ADN en trabajadores expuestos al formaldehído y específicamente en células bronquiales humanas. Los cambios epigenéticos encontrados fueron en los residuos de lisina de las histonas de células pulmonares humanas las que fueron expuestas a formaldehído. Además, señalaron una desregulación de la expresión de microARN en células de adenocarcinoma de pulmón humano, así como en la nariz, bulbo olfatorio y leucocitos de roedores y primates no humanos. Estos hallazgos preliminares encontrados sugieren un papel de las modificaciones epigenéticas como posibles mecanismos de acción del formaldehído. Esto podría permitir futuras estrategias de evaluación y gestión de riesgos para las poblaciones ocupacionalmente expuestas a FA.

Tiruneh 2021 evaluó los efectos adversos agudos del formaldehído en estudiantes de medicina y miembros del personal de anatomía en la sala de disección de la Universidad de Wollo, Etiopía. Fue un estudio transversal que contó con un total de 88 participantes. Todos los participantes eran personas expuestas a vapores de formaldehído durante la disección de cadáveres. La población estaba compuesta por 84 (95,5%) hombres y 4 (4,5%) mujeres. En este estudio, los tres efectos adversos más comunes durante la disección de un cadáver fueron olores desagradables, cansancio/mareos y lagrimeo (lagrimeo), cada uno de los cuales representó 64 (72,7 %), 39 (44,3%) y 35 (39,8%), respectivamente. Los otros efectos secundarios fueron goteo nasal con sensación de hormigueo 27 (30,7%) seguido de falta de concentración 24 (27,3%) y cefalea 22 (25%). Por lo cual se concluyó que los estudiantes y profesores de medicina que están en la sala de disección tienen un alto riesgo de desarrollar varios efectos agudos por la exposición al formaldehído.

Park et al., 2022 realizaron un estudio utilizando minicerdos (*Sus scrofa*) como plataforma de comparación para investigar los efectos de la exposición al formaldehído (FA) en las respuestas inmunitarias esplénicas mediadas por células T-helper. Los minicerdos fueron expuestos a diferentes concentraciones inhaladas FA (0, 2,16, 4,62 o 10,48 mg/m³) durante un período de 2 semanas. Los parámetros fisiológicos evaluados fueron, la expresión de ARNm y la producción de citoquinas. Además, se evaluó la distribución de células T-helper y células T reguladoras (Treg) y la expresión de familias NFAT, que son proteínas de señalización de receptores de células. La exposición a AF inhibió la expresión de genes asociados a células Th1 y Th2 de una manera dependiente de la concentración. La producción posterior de citoquinas también se redujo después de la exposición a FA. Estos resultados sugieren que la exposición a AF aumenta la población de células Treg a través de la vía de señalización del receptor de células T mediada por NFAT, lo que resulta en la supresión de la actividad de las células T efectoras con una producción reducida de citoquinas relacionadas con las células T.

Tian et al., 2022 desarrollaron un enfoque integrado que combinaba una pantalla CRISPR (Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente interespaciadas) en células humanas y el análisis epidemiológico para evaluar la susceptibilidad individual a los efectos adversos para la salud de los contaminantes del aire debido a la absorción de formaldehído (FA) y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) como estudio de caso. Uno de los logros de la detección por CRISPR en 549 células humanas, fue el hallazgo del gen HTR4, el único asociado genéticamente con la susceptibilidad a la EPOC en poblaciones globales. Las características genéticas y epigenéticas específicas de HTR4 se han asociado con la progresión y la prevalencia de la EPOC, respectivamente, y estos factores de riesgo genéticos para la EPOC podrían ser biomarcadores potenciales de la susceptibilidad de un individuo a los efectos

respiratorios adversos del formaldehído. El estudio describió una nueva vía toxicológica mediada por HTR4 en la lesión pulmonar inducida por FA, que puede proporcionar una línea de posibles biomarcadores de la susceptibilidad individual a los efectos respiratorios adversos al FA.

Zhang et al., 2022 efectuó una revisión centrada en comprender los efectos y los mecanismos subyacentes del formaldehído en las enfermedades cardiovasculares y el desarrollo del corazón donde utilizaron roedores como modelos de experimentación. Encontró que el formaldehído puede tener efectos tóxicos sobre el desarrollo del corazón al provocar estrés oxidativo y la apoptosis de los cardiomiocitos. Los estudios observados indicaron que el formaldehído puede provocar cambios significativos en los perfiles de expresión del miARN. Estos cambios pueden afectar los procesos de expresión de la transducción de señales de apoptosis. Esto puede provocar el desencadenamiento de una posible patogénesis. Dichos hallazgos sugieren que el formaldehído puede facilitar la aparición y progresión de enfermedades cardiovasculares (ECV) y afectar el desarrollo del corazón mediante la regulación de la expresión de miRNA.

CONCLUSIONES

En general, los resultados de esta revisión se pueden concluir que el personal de salud que labora y estudia en las salas de anatomía patológica y mortuorios son los que están expuesto con regular frecuencia a la inhalación de formaldehído. Y además se observó que a menudo los niveles del FA sobrepasan el valor de límite permisible (VLT). Las molestias más comunes que se presentaron fueron sensación de ardor en los ojos, la nariz y la garganta, tos, náuseas, con dolores de cabeza. También se encontró una probable asociación con procesos citotóxicos y epigenéticos que sugieren un aumento del estrés oxidativo de las células, lo que puede ser un mecanismo importante en el daño celular inducido por la exposición al FA. Lo cual puede conllevar al inicio de una patogenicidad que, sin duda, hace falta dilucidar para encontrar una base fisiopatológica que nos ayude a prevenir los futuros riesgos de exposición a FA en el personal de salud.

REFERENCIAS

Casas Duarte Jenny. Caracterización de la exposición ocupacional a formaldehído en trabajadores del sector salud y educación en Colombia 2004-2013. Tesis de master. Bogotá. Universidad del Rosario; 2015. <http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/10667>

Viridiana, S. Z., Alejandro, M. M., Antonio, M. D. J., Emiliano, A. A. G., Deissy, H. C., Alfonso, C. Á. G., & Elena, H. A. M. Exposición ocupacional al formaldehído y sus efectos sobre el sistema nervioso central. Rev. Neurobio. 2018; 9(22):281118. www.uv.mx/eneurobiologia/vols/2018/22/22.htm

International Agency for Research on Cancer. La OMS considera cancerígeno el formaldehído. Rev. Esp. de Patol. 2005;38(1), 62-63. <http://www.patologia.es/volumen38/vol38-num1/pdf%20patologia%2038-1/38-01-18.pdf>

Álvarez HL, Sánchez CJC. Formalina: características y mecanismos de control ante la exposición del personal en los servicios de anatomía patológica a nivel hospitalario. Rev Med Cos Cen. 2012;69(602):235-239. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=35488>

Idrobo-Avila, E. H., Vasquez-López, J. A., & Vargas-Cañas, R. La exposición ocupacional al formol y la nueva tabla de enfermedades laborales. Rev. de salud Publ. 2017;19, 382-385. <https://doi.org/10.15446/rsap.v19n3.47740>

Ramírez Pérez, M. A., Garicano Quiñónez, L. F., & Del Campo Balsa, M. Efectos biológicos y seguimiento médico de los trabajadores expuestos al formaldehído. Rev Asoc Esp Espec Med Trab. 2018; 27(2), 110-117.

Acosta, N. S., Acevedo, J. S. P., & Afanador, L. D. P. C. Sintomatología causada por la exposición al formaldehído en estudiantes de medicina y sus posibles mecanismos fisiopatológicos. Iatreia. 2014; 27(4), 428-438. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/iatreia/article/view/14872>

Morales, J. D. C. J., Díaz, K. P., & Sierra, C. A. S. Riesgos toxicológicos por la exposición ocupacional al formaldehído en sala de anatomía patológica. Ciencia y Salud Virtual. 2014;6(2), 141-152. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6635342>

Decreto supremo N°015-2005. Reglamento sobre Valores Límite permisible para agentes químicos en el ambiente de trabajo. Diario el Peruano (6 julio del 2005) . <https://www.isem.org.pe/portal/files/recurso/legislacion/DS015-2005-SA.pdf>

ALERTA DIGEMID N°29-2014-Efectos Adversos Producidos por la Exposición a Formaldehído. Ministerio de salud. (16 de mayo del 2014) . http://www.digemid.minsa.gob.pe/UpLoad/UpLoaded/PDF/Alertas/2014/ALERTA_29-14.pdf

Rivera Orcoapaza, Cesar. Determinación del daño genotóxico en trabajadores expuestos a formaldehído de tres laboratorios de anatomía patológica de Lima Metropolitana. Tesis de grado. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2015. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/4260>

Scarselli A, Corfiati M, Di Marzio D, Iavicoli S. National Estimates of Exposure to Formaldehyde in Italian Workplaces. Ann Work Expo Health. 2017;61(1):33-43. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxw004>. PMID: 28395310

Lorenzoni DC, Pinheiro LP, Nascimento HS, Menegardo CS, Silva RG, Bautz WG, Henriques JF, Almeida-Coburn KL, da Gama-de-Souza LN. Could formaldehyde induce mutagenic and

cytotoxic effects in buccal epithelial cells during anatomy classes? *Oral Med Oral Pathol Oral Surg.* 2017;22(1), e58–e63. <https://doi.org/10.4317/medoral.21492>

Xu W, Zhang W, Zhang X, Dong T, Zeng H, Fan Q. Association between formaldehyde exposure and miscarriage in Chinese women. *Medicine [Internet].* 2017 Jun 1;96(26):e7146. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5500027/>

Shin Hye Kim, Ji-Woong Choi, Myung-Whan Suh, Jun Ho Lee, Seung-Ha Oh, Jae-Jun Song, et al. "Effect of Formaldehyde on Human Middle Ear Epithelial Cells", *BioMed Research International*, vol. 2018, Article ID 6387983, 8 pages, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/6387983>

Zain, S. , Azmi, W. , Veloo, Y. and Shaharudin, R. Formaldehyde Exposure, Health Symptoms and Risk Assessment among Hospital Workers in Malaysia. *J Envir Protc.* 2019, 10:861-879.

<https://doi.org/10.4236/jep.2019.106051>.

17. Roland, O.-W., Douglas, K. E., & Akaranta, O. Comparative Assessment of Formaldehyde Concentrations in Public and Private Mortuaries in Rivers State, Nigeria. *J Sci Res Rp.* 2019,23(2), 1-11. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2019/v23i230115>

Costa S, Costa C, Madureira J, Valdiglesias V, Teixeira-Gomes A, Guedes de Pinho P, Laffon B, Teixeira JP. Occupational exposure to formaldehyde and early biomarkers of cancer risk, immunotoxicity and susceptibility. *Environ Res.* 2019;179(Pt A):108740. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108740>.

Zahran Ashraf. Risk Analysis of Formaldehyde Emissions in Mortuaries. Case Study of Five Mortuaries inside A Faculty of Medicine in Egypt. *IJAEB.* 2020;5(3):140-159 <https://doi.org/10.35410/IJAEB.2020.5511>

Sánchez, S. M. M., Moreno, J. E. S., & Salvador, L. D. L. Asma Ocupacional inducida por Agentes Químicos-Vapores irritantes. *Rev. San Gregorio.* 2020;1(40), 201-215. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rsan/n40/2528-7907-rsan-40-00201.pdf>

Grados Palacios, Ricardo. M. Determinar la concentración de formaldehído y los efectos adversos en estudiantes de anatomía humana expuestos. Tesis de grado. Trujillo. Universidad Nacional de Trujillo; 2020. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15632>

Leso V, Macrini MC, Russo F, Iavicoli I. Formaldehyde Exposure and Epigenetic Effects: A Systematic Review. *Applied Sciences.* 2020 Mar 28;10(7):2319. <https://doi.org/10.3390/app10072319>

Tiruneh C. Acute Adverse Effects of Formaldehyde Treated Cadaver on New Innovative Medical Students and Anatomy Staff Members in the Dissection Hall at Wollo University, Northeast Ethiopia. *Advances in Medical Education and Practice.* 2021 Jan;Volume 12:41–7. <https://doi.org/10.2147/AMEP.S291755>

Park J, Kang GH, Kim Y, Lee JY, Song JA, Hwang JH. Formaldehyde exposure induces differentiation of regulatory T cells via the NFAT-mediated T cell receptor signalling pathway in Yucatan minipigs. *Scientific Reports [Internet].* 2022 May 17 [cited 2022 Sep 22];12(1):8149. <https://www.nature.com/articles/s41598-022-12183-8#Sec7>

Tian M, Xia P, Lu Y, Gou X, Giesy JP, Dai J, et al. Toxicological Mechanism of Individual Susceptibility to Formaldehyde-Induced Respiratory Effects. *Environmental Science & Technology.* 2022 Apr 19;56(10):6511–24. <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.1c07945>

Zhang Y, Yang Y, He X, Yang P, Zong T, Sun P, et al. The cellular function and molecular mechanism of formaldehyde in cardiovascular disease and heart development. *Journal of Cellular and Molecular Medicine* [Internet]. 2021 Jun 1 [cited 2022 Oct 3];25(12):5358–71. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8184665/>

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons .