

## ARTIGO DE INVESTIGAÇÃO (ORIGINAL)

# 1-Hidroxi pireno na urina de trabalhadores expostos ao fumo cirúrgico: Relação com os sinais e sintomas

*1-Hydroxypyrene in the urine of health professionals exposed to surgical smoke: Correlation with signs and symptoms*

*1-Hidroxi pireno en la orina de trabajadores expuestos al humo quirúrgico: relación con signos y síntomas*

Helenize Ferreira Lima Leachi <sup>1</sup>
 <https://orcid.org/0000-0002-7792-3407>
Aline Franco da Rocha <sup>1</sup>
 <https://orcid.org/0000-0002-1187-0672>
Tiago Severo Peixe <sup>2</sup>
 <https://orcid.org/0000-0002-3188-2339>
Larissa Padoin Lopes <sup>1</sup>
 <https://orcid.org/0000-0002-4281-9829>
Vitória Delma Barbosa de Souza <sup>1</sup>
 <https://orcid.org/0009-0000-5811-1529>
Renata Perfeito Ribeiro <sup>1</sup>
 <https://orcid.org/0000-0002-7821-9980>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Londrina,  
Departamento de Enfermagem,  
Londrina, Paraná, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Londrina,  
Departamento de Patologia e Análises  
Clínicas, Londrina, Paraná, Brasil

## Autor de correspondência

Helenize Ferreira Lima Leachi

E-mail: [helenizeleachi@uel.br](mailto:helenizeleachi@uel.br)

Recebido: 23.11.23

Aceite: 02.09.24

## Resumo

**Enquadramento:** O fumo cirúrgico contém bioaerossóis e compostos químicos como Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos, que podem causar doenças ocupacionais e até cancro.

**Objetivo:** Correlacionar a presença do metabólito 1-Hidroxi pireno na urina dos trabalhadores com os sinais e sintomas relacionados à exposição ocupacional ao fumo cirúrgico e determinar associação entre os valores de 1-Hidroxi pireno na urina ao final do turno com o uso de equipamento de proteção individual.

**Metodologia:** Estudo transversal de campo, colhidas amostras de urina para determinar a concentração do metabólito 1-Hidroxi pireno.

**Resultados:** A exposição ao fumo cirúrgico aumenta 1,56 vezes o risco de apresentar sinais e sintomas ( $p = 0,000$ ). A irritação de outras mucosas colaborou com 1,20 vezes o risco de apresentar outros sinais e sintomas atrelados a exposição ao fumo cirúrgico ( $p = 0,013$ ).

**Conclusão:** Quanto maior os níveis de 1-hidroxi pireno na urina maior a probabilidade de desenvolver sinais e sintomas e o uso dos óculos de proteção apresentou-se como fator protetor reduzindo o risco de apresentar sinais e sintomas.

**Palavras-chave:** saúde ocupacional; hidrocarbonetos policíclicos aromáticos; fumaça; eletrocoagulação

## Abstract

**Background:** Surgical smoke includes bioaerosols and chemical compounds, such as polycyclic aromatic hydrocarbons, which can cause occupational diseases and work-related cancer.

**Objective:** To correlate the presence of 1-hydroxypyrene in the urine of health professionals with signs and symptoms associated with occupational exposure to surgical smoke and to determine the relationship between 1-hydroxypyrene levels in urine at the end of a shift and the use of personal protective equipment.

**Methodology:** A cross-sectional field study was conducted, collecting urine samples to determine the concentration of the metabolite 1-hydroxypyrene.

**Results:** Exposure to surgical smoke increased the risk of signs and symptoms by 1.56 times ( $p = 0.000$ ). Irritation of other mucous membranes contributed to a 1.20 increase in the risk of other signs and symptoms associated with surgical smoke exposure ( $p = 0.013$ ).

**Conclusion:** The results show that the higher the levels of 1-hydroxypyrene in urine, the greater the likelihood of developing signs and symptoms. The use of personal protective eyewear was also considered to be a protective factor, reducing the risk of developing signs and symptoms.

**Keywords:** occupational health; polycyclic aromatic hydrocarbons; smoke; electrocoagulation

## Resumen

**Marco contextual:** El humo quirúrgico contiene bioaerosoles y compuestos químicos como los hidrocarburos aromáticos policíclicos, que pueden causar enfermedades profesionales e incluso cáncer.

**Objetivo:** Correlacionar la presencia del metabolito 1-Hidroxi pireno en la orina de los trabajadores con signos y síntomas relacionados con la exposición laboral al humo quirúrgico y determinar una asociación entre los valores de 1-Hidroxi pireno en orina al final del turno y el uso de equipos de protección individual.

**Metodología:** Estudio transversal de campo, muestras de orina recogidas para determinar la concentración del metabolito 1-Hidroxi pireno.

**Resultados:** La exposición al humo quirúrgico aumenta 1,56 veces el riesgo de presentar signos y síntomas ( $p = 0,000$ ). La irritación de otras mucosas contribuyó 1,20 veces al riesgo de presentar otros signos y síntomas relacionados con la exposición al humo quirúrgico ( $p = 0,013$ ).

**Conclusión:** Cuanto más altos eran los niveles de 1-Hidroxi pireno en la orina, mayor era la probabilidad de desarrollar signos y síntomas, y el uso de gafas de protección demostró ser un factor protector, pues reduce el riesgo de presentar signos y síntomas.

**Palabras clave:** salud laboral; hidrocarburos aromáticos policíclicos; humo; electrocoagulación



Como citar este artigo: Leachi, H., Rocha, A. F., Peixe, T. S., Lopes, L. P., Souza, V. D., & Ribeiro, R. P. (2024). 1-Hidroxi pireno na urina de trabalhadores expostos ao fumo cirúrgico: Relação com os sinais e sintomas. *Revista de Enfermagem Referência*, 6(3), e33708. <https://doi.org/10.12707/RVI23.139.33708>



## Introdução

O fumo cirúrgico é produzido durante as cirurgias as quais utilizam o bisturi elétrico. Esse fumo contém bioaerossóis, com células viáveis ou mortas, além dos compostos químicos como Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA), que podem desencadear o adoecimento e até mesmo o desenvolvimento de cânceres naqueles expostos de forma ocupacional (Zhang et al., 2021; Zhou et al., 2023). O HPA quando absorvido pelo organismo humano pode causar sinais e sintomas como: tonturas, cefaleias, náuseas, vômitos, ardência de faringe, sensação de corpo estranho na garganta, congestão nasal, irritação na garganta e lacrimejamento nos olhos, além de serem mutagênicos e carcinogênicos e facilitarem o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e respiratórias. (Caus et al., 2023; Zhang et al., 2021;)

Mesmo diante dos riscos potenciais à saúde, estudos sobre a contaminação ocupacional de trabalhadores expostos ao HPA, são incipientes e necessitam de maior investigação (Mallah et al., 2022). A agenda das Nações Unidas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) até 2030, descreve, no oitavo objetivo, a valorização do trabalho digno e crescimento econômico, visando características estruturais e funcionais de trabalho que não prejudiquem a saúde dos trabalhadores (Organização das Nações Unidas Brasil, 2015), sendo, portanto, uma temática que deve ser pesquisada para definir formas de proteção aos trabalhadores expostos e prevenção de doenças.

Portanto, o objetivo deste estudo foi correlacionar a presença do metabólito 1-Hidroxipireno na urina de trabalhadores com os sinais e sintomas relacionados à exposição ocupacional ao fumo cirúrgico e determinar a associação entre os valores de 1-Hidroxipireno na urina ao final do turno com o uso de equipamento de proteção individual.

## Enquadramento

No organismo humano, os HPA são metabolizados e excretados via renal, por meio de um metabólito, o 1-Hidroxipireno (1-OHP), que pode ser doseado na urina do indivíduo (García-García et al., 2022). A sua concentração na urina pode depender da atividade metabólica no ponto de entrada no organismo e sua distribuição no corpo humano (Jongeneelen, 2014). Devido à simplicidade, sensibilidade e rapidez com que a sua análise é realizada, o 1-OHP tem sido utilizado como um dos principais indicadores para verificação de exposição ocupacional ao HPA (Liu et al., 2021).

Os HPA representam uma classe de compostos orgânicos persistentes que podem apresentar riscos significativos para a saúde humana, podendo entrar em contacto com o corpo humano por meio de inalação, ingestão de alimentos contaminados ou absorção dérmica (Sampaio et al., 2021; Shi et al., 2021).

Desta forma, são reconhecidos pelo seu potencial de toxicidade, visto que são considerados cancerígenos (Olsson et al., 2022). A *Association of Perioperative Registered Nurse*

(AORN) e *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) recomenda o uso de equipamentos de proteção individual (EPI) e coletiva (EPC) para proteger os trabalhadores dos riscos do fumo cirúrgico a que estão expostos. Entre os equipamentos de proteção coletiva estão os exaustores de fumo cirúrgico. A máscara respiratória N95 ou PFF2 é recomendada como um EPI. Além da máscara, recomenda-se o uso de óculos de proteção individual durante a exposição ao fumo cirúrgico para evitar o aparecimento de sinais e sintomas oculares (Association of Perioperative Registered Nurse, 2017; Caus et al., 2023; Occupational Safety and Health Administration, 2024). Dada a natureza destes compostos, é importante implementar regulamentações rigorosas e medidas de controle de qualidade para limitar a exposição humana a estas substâncias nocivas, sensibilizando para os riscos, por forma a mitigar os efeitos adversos na saúde humana associados a estes compostos (Alhamdow et al., 2021; Herroor et al., 2022).

## Questão de investigação

Trabalhadores expostos ao fumo cirúrgico apresentam sinais e sintomas relacionados a concentração de 1-hidroxipireno na urina? O uso de equipamento de proteção individual reduz a concentração de 1-hidroxipireno na urina de trabalhadores expostos ao fumo cirúrgico?

## Metodologia

Trata-se de um estudo transversal de campo, realizado no centro cirúrgico de um hospital de alta complexidade localizado na região Sul do Brasil, no período de janeiro a março de 2018, durante o turno diurno.

Atuavam no CC deste local 77 trabalhadores, sendo 36 técnicos e auxiliares de enfermagem, 10 enfermeiros, oito residentes de enfermagem, 18 anestesistas e 13 residentes de anestesiologia. Foram selecionados todos os indivíduos expostos ao fumo cirúrgico, entre os técnicos de enfermagem, enfermeiros, anestesistas e residentes de anestesia, durante o turno diurno de trabalho e excluídos aqueles expostos ao fumo cirúrgico em outro vínculo de trabalho, os trabalhadores do período noturno, além dos que se encontravam em qualquer tipo de licença no período da coleta dos dados.

Atenderam aos critérios previamente estabelecidos 40 trabalhadores. Entre estes, quatro trabalhadores da enfermagem não aceitaram participar do estudo e um trabalhava em um CC de outra instituição no contraturno e os médicos e residentes anestesistas não aceitaram participar da pesquisa. A amostra final de participantes foi de 21 trabalhadores da enfermagem. Este grupo foi denominado de Grupo 1 (G1).

Estes indivíduos expostos ao fumo foram comparados com um grupo de trabalhadores também de enfermagem: enfermeiros e técnicos de enfermagem, que trabalham na área da saúde, porém, não estavam expostos ao fumo cirúrgico em seu trabalho, sendo então chamados de grupo

controle. Esse grupo foi composto por 30 trabalhadores da enfermagem e foi denominado como Grupo 2 (G2). Para avaliação sociodemográfica e ocupacional dos trabalhadores foi desenvolvido um instrumento pelos pesquisadores para este fim, composto pelas seguintes variáveis: idade, sexo, tabagista, se possuía alguma doença crônica e tempo de utilização do bisturi elétrico na cirurgia.

Para a determinação da presença do 1-OHP, metabólito excretado pela urina quando ocorre a exposição ao HPA, os trabalhadores que aceitaram participar da pesquisa, foram orientados a colherem uma amostra de 15 ml de urina, no início do turno do trabalho, antes da exposição ocupacional e uma segunda colheita de urina, também de 15 ml, ao final do turno de trabalho, após a exposição ocupacional ao HPA.

As amostras de urina colhidas foram colocadas em recipientes plásticos com tampas, codificadas e armazenadas em caixas térmicas com gelo até a chegada ao laboratório, onde foram acondicionadas em freezer a uma temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , até o momento da análise.

Para a determinação do 1-OHP, o método de preparo de amostra deu-se da seguinte maneira: brevemente, realizou-se a adição de 2 ml de tampão fosfato de sódio 0,1 M a 5 ml de urina. O pH da mistura foi ajustado para 5 com solução de ácido clorídrico 0,1 M (Íon Meter 781, Metrohm, Suíça). Em seguida, adicionou-se 25  $\mu\text{L}$  de enzima  $\beta$ -glucuronidase (2500 U) e após homogeneização a mistura foi incubada a  $37^{\circ}\text{C}$  por 16 horas com agitação constante a 210 rpm – (Q826M20, Quimis, Brasil). Após o período de incubação, as amostras foram pré-concentradas por extração em fase sólida utilizando cartuchos de C18/22% (500 mg/6 ml) - Applied Separations, Allentown, o eluato foi filtrado em membrana com tamanho de poro de 0,2  $\mu\text{m}$  (Minisart RC 15, Sartorius Stedim Biotech, Alemanha) - e injetado no sistema de cromatográfico. Para fins quantitativos, preparou-se uma curva analítica por meio da adição de padrão em um pool de urina de indivíduos não expostos ( $n = 6$ ) seguindo o mesmo protocolo de preparo de amostra. A solução estoque do padrão de 1-OHP (Sigma Aldrich, Madrid, Espanha) foi preparada na concentração de 100  $\mu\text{g L}^{-1}$  em metanol. As concentrações finais obtidas foram: 0,025; 0,05; 0,25; 0,5; 1; 5 e 10  $\mu\text{g L}^{-1}$  (Faria & Della Rosa, 2004).

As análises cromatográficas foram realizadas em sistema de cromatógrafo líquido de alta eficiência, série Proeminence 20A (Shimadzu, Kyoto, Japão) e detetor de fluorescência RL-10AXL (emissão a 388 nm e excitação a 242 nm). Os testes foram realizados utilizando uma coluna Zorbax Eclipse SDB-C18 (250  $\times$  4,6 mm, 5  $\mu\text{m}$ ; Agilent, EUA), mantida a  $40^{\circ}\text{C}$ . A fase móvel foi composta por metanol e água ultrapura, com uma vazão de 1,0 mL/min. O gradiente de eluição linear foi o seguinte: 70% metanol (0 - 5 minutos), 95% metanol (5 - 10 minutos) e 70% metanol (10,1 - 15 minutos). O volume de injeção da amostra foi de 20,0  $\mu\text{L}$ . A aquisição e o tratamento dos dados foram realizados com o software LC Solution (Shimadzu, Kyoto, Japão). Foram avaliadas a linearidade

( $n = 3$ ), a precisão em baixas, médias e altas concentrações ( $n = 6$ ) e a recuperação em três níveis ( $n = 3$ ). O limite de quantificação (LQ) foi determinado como o menor ponto da curva, e o limite de detecção (LD) foi avaliado com base na relação sinal/ruído.

Para considerar as prováveis diferenças metabólicas entre os participantes, foram realizados ajustes nas análises clínicas do metabólito 1-OHP através da dosagem de creatinina. Para a colheita dos sinais e sintomas apresentados pelos trabalhadores expostos ao fumo cirúrgico, foi preenchido um questionário que incluía os seguintes sinais: vômitos, tonturas, lesões nasofaríngeas, lacrimejamento dos olhos, irritação ocular, irritação de outras mucosas (boca/nariz), espirros e congestão nasal, bem como a sensação de corpo estranho na garganta, ardência na faringe, cefaleias, náuseas e fraqueza.

Também foram recolhidos dados sobre a utilização de EP, como máscara cirúrgica, máscara N95 e óculos de proteção e EPC, como aspirador específico para fumo cirúrgico. O tempo de uso do bisturi elétrico durante o procedimento cirúrgico foi avaliado com um cronômetro que era ligado a cada uso do aparelho de bisturi e desligado quando o cirurgião parava de utilizar durante a cirurgia. Este procedimento foi realizado pelas investigadoras, na sala cirúrgica onde se encontrava o trabalhador que aceitou participar da pesquisa.

A organização e análise dos dados foi realizada no *software* IBM SPSS Statistics, versão 20.0. Foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para avaliação da normalidade dos dados. Para descrição das concentrações do metabólito 1-OHP foram utilizados a média e desvio-padrão. Para comparar médias obtidas no início e no final do turno utilizou-se o teste  $t$  pareado. Considerou-se um intervalo de confiança de 95% nos testes de comparação das variáveis, adotando-se  $p < 0,05$  como significância estatística (Besson, 2020). Para analisar a associação das variáveis independentes entre os grupos G1 e G2, foi realizado o teste exato de Fisher e Mann-Whitney. A comparação entre o 1-OHP e o tempo total de uso do bisturi elétrico foi feita através da correlação de Pearson. A análise da presença ou ausência de sinais e sintomas foi realizada com o teste de correlação de Spearman, seguida de uma análise de regressão de Poisson para avaliar o modelo de predição da presença de sinais e sintomas associados à exposição ao fumo cirúrgico. A regressão multivariada foi realizada para avaliar a interação múltipla dos sinais e sintomas, uso de EPI e concentrações de 1-OHP na urina ao final do turno de trabalho (Besson, 2020).

Os trabalhadores receberam o Termo de Consentimento Informado e assinaram-no ao aceitar participar da pesquisa, que foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, sob CAAE nº 46229915.0.0000.5231.

## Resultados

As características sociodemográficas dos dois grupos de trabalhadores estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1***Características sociodemográficas do G1 e G2 (n = 51)*

Variáveis	G1 (n = 21)	G2 (n = 30)	p-valor
Idade (em anos)	39 (± 10,62) *	26 (± 5,85) *	< 0,045
Sexo			
Feminino	18 (41,9) ‡	25 (58,1) ‡	0,570§
Masculino	3 (37,5) ‡	5 (62,5) ‡	
Tabagismo			
Não	19 (40,4) ‡	28 (59,6) ‡	0,549§
Sim	2 (50,0) ‡	2 (50,0) ‡	
Doença crônica			
Não	19 (41,3) ‡	27 (58,7) ‡	0,669§
Sim	2 (40) ‡	3 (60) ‡	

Nota. \* = Média ± desvio padrão; ‡ = Percentagem; § = Teste exato de Fisher.

As concentrações do metabólito 1-OHP nas amostras de urina do G1 não apresentaram diferenças significativas quando comparadas as medições realizadas no início e no final do turno de trabalho. A concentração de 1-OHP também não foi influenciada pela idade ou pelo sexo.

Durante a colheita de dados, foram realizadas principalmente cirurgias abdominais (47,6%), cirurgias torácicas (28,6%) e outras cirurgias em diferentes locais (23,8%). Não houve influência do sítio corporal da cirurgia a que o trabalhador estava exposto no aumento da concentração de 1-OHP ao final do período de trabalho ( $p = 0,868$ ). Ao analisar a interação entre os sinais e sintomas mensurados e a exposição, observou-se uma correlação positiva através dos coeficientes de correlação de Spearman, entre a tontura e as seguintes variáveis: cefaleia ( $p = 0,007$ ), náusea ( $p = 0,015$ ), vômito ( $p = 0,011$ ), lacrimejamento dos olhos ( $p = 0,005$ ) e fraqueza ( $p = 0,000$ ) no G1.

Quanto ao EPI, todos os trabalhadores do G1 utilizaram a máscara cirúrgica, sendo que um deles referiu o uso da

máscara N95. Nenhum dos trabalhadores do G1 utilizou o aspirador de fumo cirúrgico.

Relativamente aos óculos de proteção, 38,1% dos trabalhadores usaram-nos. A queixa de irritação nos olhos foi observada nos trabalhadores que não usaram óculos de proteção ( $p = 0,09$ ).

Para a análise da interação entre a exposição e os principais sinais e sintomas apresentados foi realizada a regressão de Poisson com ajuste para sensação de corpo estranho na garganta e irritação de outras mucosas. De acordo com este modelo de predição, a exposição do G1 ao fumo cirúrgico aumenta 1,56 vezes o risco de apresentar sinais e sintomas ( $p = 0,000$ ). A presença de sensação de corpo estranho na garganta foi limítrofe para definição do modelo de ajuste, enquanto a irritação de outras mucosas contribuiu com um aumento de 1,20 vezes no risco de apresentar outros sinais e sintomas associados a exposição ao fumo cirúrgico ( $p = 0,013$ ), conforme apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2**

*Associação da exposição com sintoma de sensação de corpo estranho na garganta e irritação de outras mucosas entre os trabalhadores expostos ao fumo cirúrgico pelo modelo de regressão de Poisson.*

Variáveis	Coefficiente B	IC 95%	p-valor
Intercepto	1,569	1,416 – 1,739	0,000*
Sensação de corpo estranho na garganta	0,773	0,596 – 1,003	0,053
Irritação de outras mucosas	1,208	1,040 – 1,403	0,013*

Nota. IC = Intervalo de confiança. \* $p < 0,05$ .

Quanto maior os níveis de 1-OHP na urina maiores chances de desenvolvimento de sinais e sintomas demonstrada pela sensação de corpo estranho na garganta neste modelo. Quando os níveis de 1-OHP atingem seu valor máximo neste grupo de 0,16 o risco é de 23,98 vezes o aparecimento de sintomas. Já o uso dos óculos de proteção

apresentou-se como fator protetor reduzindo o risco de apresentar sinais e sintomas em 13% ( $p$ -valor 0,015). Para análise de interação entre as diferentes concentrações de 1-OHP na urina ao final do turno de trabalho e o principal EPI utilizado, os óculos de proteção, foi realizada a regressão linear multivariada apresentada na Tabela 3.

**Tabela 3**

*Associação dos valores de 1-Hidroxipireno ao final do turno de trabalho e uso dos óculos de proteção facial entre os trabalhadores expostos ao fumo cirúrgico pelo modelo de regressão linear múltipla.*

Variáveis	Coefficiente B	IC 95%	p-valor
1-OH µL (0,01)	0,036	0,002 – 0,7460	0,032*
1-OH µL (0,03)	0,060	0,005 – 0,755	0,029*
1-OH µL (0,04)	0,131	0,021 – 0,808	0,029*
1-OH µL (0,05)	0,470	0,113 – 1,961	0,300
1-OH µL (0,07)	0,617	0,161 – 2,362	0,481
1-OH µL (0,08)	1,402	0,390 – 5,041	0,605
1-OH µL (0,09)	2,389	0,594 – 9,608	0,220
1-OH µL (0,10)	4,276	1,018 – 17,960	0,047*
1-OH µL (0,11)	10,676	2,034 – 56,029	0,005*
1-OH µL (0,16)	23,986	1,197 – 480,743	0,038*
Sensação de corpo estranho	0,388	0,560 – 2,680	0,337
Uso óculos proteção	0,130	0,025 – 0,678	0,015*

Nota. IC = intervalo de confiança. \* $p < 0,05$ .

## Discussão

Este estudo é pioneiro no seu segmento, ao detectar a presença de metabólitos de HPA nos trabalhadores de saúde, com exposição ocupacional ao fumo cirúrgico, avaliando-os em seus locais de trabalho.

O HPA, avaliado neste estudo por meio da avaliação do metabólito 1-OHP, é classificado pela *International Agency for Research on Cancer* (IARC), como sendo uma substância cancerígena que pode potencializar ou gerar o desenvolvimento de um crescimento desordenado de células. Esta agência considera que não existem níveis seguros para exposição a esta substância e estabelece que a mesma deve ser 100% evitada (International Agency for Research on Cancer, 2016).

Uma vez no organismo humano, parte dos HPA são rapidamente dissolvidos e transportados para todo o organismo, principalmente em tecidos adiposos e parte é excretada. Porém, quando estão associadas a partículas respiráveis, os HPA podem levar semanas para serem eliminados (Pereira Netto et al., 2000). Esta afirmação justifica a diminuição do metabólito na urina do trabalhador do G1, como também explica o desenvolvimento de sinais e sintomas relacionados com a exposição ao fumo cirúrgico.

A exposição aos HPA apresenta limite de exposição ocupacional de 0,2 mg/m<sup>3</sup>, baseado numa média de 8 horas de exposição. Mesmo em baixos níveis estas substâncias podem provocar, nos indivíduos expostos, sinais e sintomas como: irritação da pele e das vias respiratórias, tosse, dor de garganta, dermatite, vermelhidão ocular e na pele e dores abdominais (Caus et al., 2023; Zhang et al., 2021). A correlação entre tonturas e variáveis como cefaleia, náusea, vômitos, lacrimejamento dos olhos e fraqueza pode ser consequência da exposição ao fumo cirúrgico (Caus et al., 2023; Zhang et al., 2021). No entanto, é importante

considerar que a quantidade de partículas inaladas pelos trabalhadores, o tipo de compostos químicos presentes no fumo, a duração da exposição e a suscetibilidade individual podem influenciar diretamente a intensidade e a gravidade dos sinais e sintomas (Bieniek et al., 2023). Por esta razão, recomenda-se a instalação de aspiradores de fumo nas salas cirúrgicas, o que configuraria o uso de EPC. Além disso, é recomendado o uso de máscaras do tipo N95 ou PFF2 e de óculos de proteção como EPI (Manoel Netto et al., 2021; Yu et al., 2022). Estas medidas minimizariam a exposição do trabalhador aos riscos gerados pelo fumo cirúrgico.

Nas salas de cirurgia onde foi realizada esta pesquisa, não foram observados aspiradores de fumo, e o uso de máscara N95 e óculos de proteção não foi considerado um hábito entre os trabalhadores, apesar de serem EPIs recomendados. De acordo com os dados recolhidos, os trabalhadores que faziam uso deste tipo de EPIs também apresentaram queixas e sinais e sintomas. Atualmente, ainda não foi comprovada a eficácia destes EPIs como barreira de proteção contra o fumo cirúrgico, no entanto, a máscara N95 oferece um ajuste mais adequado ao rosto em comparação com a máscara cirúrgica simples, que permite a entrada de mais fumo pelas aberturas ao redor da face (Leachi et al., 2022; Manoel Netto et al., 2021). Também foi encontrado 1-OHP na urina de trabalhadores do G2, indicando que não somente os trabalhadores de salas de cirurgia estão em contacto com os componentes do fumo cirúrgico, mas que outros trabalhadores também podem estar expostos a eles. Esta exposição pode ocorrer tanto nas suas atividades quotidianas fora do ambiente hospitalar, como também durante a exposição ocupacional, que, se contínua, aumenta a possibilidade de desenvolvimento de doenças ocupacionais, dado que alguns HPA possuem efeitos cumulativos no organismo humano (Mallah et al., 2022).

Estudos indicam que a exposição ao HPA pode causar danos cardiovasculares (Mirzababaei et al., 2021) e respiratórios aos trabalhadores. A presença do metabólito 1-OHP na urina desses trabalhadores deve servir de alerta para o contacto com o HPA presente no fumo cirúrgico, estando expostos a um potencial risco para a saúde, de forma diária (Mallah et al., 2022).

Estudos realizados no ambiente laboral apresentam limitações, como as amostrais, devido ao número reduzido de indivíduos expostos que se incluem nos critérios pré-estabelecidos para a pesquisa, além da condição de anuência com a participação e disponibilização de amostras. No caso do composto alvo deste estudo, outra limitação foi a capacidade de absorção de HPA por via dérmica, o que pode influenciar no valor final do biomonitorização, sendo esta uma variável não controlada neste estudo. Além disso, o tempo para a eliminação do metabólito 1-OHP pode variar de acordo com a velocidade de metabolização de cada organismo. Para uma compreensão mais abrangente e robusta dos resultados e a extrapolação dos dados, deve ser considerada a realização de novos estudos sobre o *stress* oxidativo desencadeado pelos componentes do fumo cirúrgico.

## Conclusão

Neste estudo, foi possível comprovar que, quanto maiores os níveis de 1-OHP na urina, maior a probabilidade de desenvolvimento de sinais e sintomas. Além disso, o uso de óculos de proteção revelou-se um fator protetor, reduzindo o risco de apresentar esses sinais e sintomas.

## Contribuição de autores

Conceptualização: Lima, H. F., Rocha, A. F., Peixe, T. S., Lopes, L. P., Souza, V. D., Ribeiro, R. P.

Tratamento de dados: Lima, H. F., Rocha, A. F., Peixe, T. S., Lopes, L. P., Souza, V. D.

Análise formal: Lima, H. F., Rocha, A. F., Peixe, T. S., Lopes, L. P., Souza, V. D., Ribeiro, R. P.

Investigação: Lima, H. F., Rocha, A. F., Peixe, T. S., Lopes, L. P., Souza, V. D.

Metodologia: Lima, H. F., Rocha, A. F., Peixe, T. S., Lopes, L. P., Souza, V. D.

Administração do projeto: Lima, H. F., Peixe, T. S., Lopes, L. P., Souza, V. D.

Supervisão: Lima, H. F., Peixe, T. S.

Validação: Lima, H. F., Rocha, A. F., Lopes, L. P., Ribeiro, R. P.

Redação - rascunho original: Lima, H. F., Rocha, A. F., Peixe, T. S.

Redação - análise e edição: Lima, H. F., Rocha, A. F., Peixe, T. S., Ribeiro, R. P.

## Referências bibliográficas

- Alhamdow, A., Zettergren, A., Kull, I., Hallberg, J., Andersson, N., Ekström, S., Berglund, M., Wheelock, C. E., Essig, Y. J., Kraus, A. M., Georgelis, A., Lindh, C. H., Melén, E., & Bergström, A. (2021). Low-level exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons is associated with reduced lung function among Swedish young adults. *Environmental Research*, 197, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111169>
- Association of PeriOperative Registered Nurses. (2017). Guideline for surgical smoke safety. In *Guidelines for perioperative practice* (pp. 477-505).
- Agency for Research on Cancer. (2016). *European commission: 12 ways to reduce your cancer risk*. <https://cancer-code-europe.iarc.fr/index.php/en/ecac-12-ways/pollutants-recommendation/165-any-safe-dose-of-exposure-to-cancer-causing-chemical-substances>
- Besson, É. F. (2020). *Estatística básica*. LTC.
- Bieniek, A. A., Leachi, H. F., Cardoso, B. C., Campos, M. D., Rocha, A. F., & Perfeito Ribeiro, R. (2022). Risco ocupacional: Sinais e sintomas relacionados à exposição ao fumo cirúrgico. *Revista SOBECC*, 27, e2227850. <https://doi.org/10.5327/z1414-4425202227850>
- Caus, N., Barbosa, K., Leachi, H., Rocha, A., & Ribeiro, R. (2023). Análise da incidência de sinais e sintomas relacionados à exposição ocupacional ao fumo cirúrgico na residência. *Revista de Enfermagem Referência*, 6(2), 1-8. <https://doi.org/10.12707/rvi22082>
- European Code Against Cancer. (2016). *Is there any "safe dose" of exposure to cancer-causing chemical substances?* <https://cancer-code-europe.iarc.fr/index.php/en/ecac-12-ways/pollutants-recommendation/165-any-safe-dose-of-exposure-to-cancer-causing-chemical-substances>
- Faria, P. M., & Della Rosa, H. V. (2004). Determinação do 1-hidroxipireno em amostras de urina por cromatografia líquida de alta eficiência: Estudo dos parâmetros de validação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40(2), 255-265. <https://doi.org/10.1590/s1516-93322004000200015>
- García-García, S., Matilla-González, H., Peña, J., Nogal Sánchez, M., Casas-Ferreira, A. M., & Pérez Pavón, J. L. (2022). Determination of hydroxy polycyclic aromatic hydrocarbons in human urine using automated microextraction by packed sorbent and gas chromatography: Mass spectrometry. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20), 13089. <https://doi.org/10.3390/ijerph192013089>
- Heroro, A. A., Asaf, B. B., Deo, S. S., Lau, E. H., Mok, C. W., DiPasco, P. J., Jain, P., & Anand, U. (2022). Occupational hazards of surgical smoke and achieving a smoke free operating room environment: Asia-pacific consensus statement on practice recommendations. *Frontiers in Public Health*, 10, 1-8. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.899171>
- Jongeneelen, F. J. (2014). A guidance value of 1-hydroxypyrene in urine in view of acceptable occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Toxicology Letters*, 231(2), 239-248. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2014.05.001>
- Leachi, H. F., Bieniek, A. A., Peixe, T. S., & Ribeiro, R. P. (2022). Proteção respiratória: Estudo de microscopia eletrônica de varredura dos filtros das máscaras. *Research, Society and Development*, 11(5), e4011527047. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.27047>
- Liu, Y., Zhao, M., Shao, Y., Yan, L., & Zhu, X. (2021). Chemical composition of surgical smoke produced during the loop electro-surgical excision procedure when treating cervical intraepithelial neoplasia. *World Journal of Surgical Oncology*, 19(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s12957-021-02211-8>
- Mallah, M. A., Changxing, L., Mallah, M. A., Noreen, S., Liu, Y., Saeed, M., Xi, H., Ahmed, B., Feng, F., Mirjat, A. A., Wang, W.,



- Jabar, A., Naveed, M., Li, J.-H., & Zhang, Q. (2022). Polycyclic aromatic hydrocarbon and its effects on human health: An overview. *Chemosphere*, 296, 133948. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133948>
- Netto, C. M., Leachi, H. F., Stanganelli, N. C., Rocha, A. F., & Ribeiro, R. P. (2021). Uso da máscara N95 por trabalhadores de enfermagem expostos ao fumo cirúrgico. *Ciência, Cuidado e Saúde*, 20, e55482, 1-7. <https://doi.org/10.4025/ciencuidsaude.v20i0.55482>
- Mirzababaei, A., Daneshzad, E., Moradi, S., Abaj, F., Mehranfar, S., Asbaghi, O., Clark, C. C., & Mirzaei, K. (2021). The association between urinary metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and cardiovascular diseases and blood pressure: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(2), 1712–1728. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17091-4>
- Olsson, A., Guha, N., Bouaoun, L., Kromhout, H., Peters, S., Siemiatycki, J., Ho, V., Gustavsson, P., Boffetta, P., Vermeulen, R., Behrens, T., Bruning, T., Kendzia, B., Guénel, P., Luce, D., Karrasch, S., Wichmann, H.-E., Consonni, D., Landi, M. T., ... Straif, K. (2022). Occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and lung cancer risk: Results from a pooled analysis of case-control studies (SYNERGY). *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 31(7), 1433-1441. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.epi-21-1428>
- Organização das Nações Unidas Brasil. (2015). *Transformando nosso mundo: A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*. <https://na-oesunidas.org/wpcontent/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>
- Occupational Safety and Health Administration. (2015). *Hospitals: Surgical suite: Smoke plume*. <https://www.osha.gov/etools/hospitals/surgical-suite/smoke-plume>
- Pereira Netto, A. D., Moreira, J. C., Dias, A. E., Arbilla, G., Ferreira, L. F., Oliveira, A. S., & Barek, J. (2000). Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e seus derivados nitrados (NHPAs): Uma revisão metodológica. *Química Nova*, 23(6), 765–773. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422000000600010>
- Sampaio, G. R., Guizzellini, G. M., Silva, S. A., Almeida, A. P., Pinaffi-Langley, A. C., Rogero, M. M., Camargo, A. C., & Torres, E. A. (2021). Polycyclic aromatic hydrocarbons in foods: Biological effects, legislation, occurrence, analytical methods, and strategies to reduce their formation. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(11), 6010. <https://doi.org/10.3390/ijms22116010>
- Shi, R., Li, X., Yang, Y., Fan, Y., & Zhao, Z. (2021). Contamination and human health risks of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface soils from Tianjin coastal new region, China. *Environmental Pollution*, 268, 115938. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115938>
- Yu, C.-L., Hsieh, S.-I., Lin, L.-H., Chi, S.-F., Huang, T.-H., Yeh, S.-L., & Wang, C. (2022). Factors associated with surgical smoke self-protection behavior of operating room nurses. *Healthcare*, 10(5), 1-14. <https://doi.org/10.3390/healthcare10050965>
- Zhang, X., Yang, L., Zhang, H., Xing, W., Wang, Y., Bai, P., Zhang, L., Hayakawa, K., Toriba, A., Wei, Y., & Tang, N. (2021). Assessing approaches of human inhalation exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 1-14. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063124>
- Zhou, Y.-z., Wang, C.-q., Zhou, M.-h., Li, Z.-y., Chen, D., Lian, A.-l., & Ma, Y. (2023). Surgical smoke: A hidden killer in the operating room. *Asian Journal of Surgery*, 9, 3447-3454. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2023.03.066>