

Evidências científicas acerca dos riscos ocupacionais, danos no material genético e estresse oxidativo frente a exposição dos resíduos de gases anestésicos

Scientific evidence about occupational risks, damage in genetic material and oxidative stress in front of the exposure of anesthetic gas waste

Evidencia científica sobre riesgos laborales, daños en material genético y estrés oxidativo frente a la exposición de residuos de gas anestésicos

Recebido: 27/05/2021 | Revisado: 01/06/2021 | Aceito: 03/06/2021 | Publicado: 17/06/2021

Gilderson Felipi Vicente dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6637-4668>

Centro Universitário Santo Agostinho, Brasil

E-mail: gilderson021@hotmail.com

Khércya Kellem Barbosa de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9888-5166>

Centro Universitário Santo Agostinho, Brasil

E-mail: Kercyamedeiros@gmail.com

Nelson Jorge Carvalho Batista

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8326-1510>

Centro Universitários Santo Agostinho, Brasil

E-mail: nelsonjcb@hotmail.com

Hamanda Soares Viana Pereira da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5149-2533>

Centro Universitário Santo Agostinho, Brasil

E-mail: hamandasoares@gmail.com

Resumo

Riscos ocupacionais são todas as ações que venham causar algum problema ou incômodo de curto e longo prazo sofrido pelos prestadores de serviços de um local de trabalho. A exposição ocupacional a resíduos de gases anestésicos pode levar os profissionais de saúde a contrair sérios problemas adversos a saúde. Por mais que seja baixa a dosagem, esses profissionais são expostos, esta exposição se torna crônica e causa danos irreversíveis ao material genético. Este estudo buscou analisar a produção científica acerca dos riscos ocupacionais, danos no material genético e estresse oxidativo adiante da exposição aos resíduos de gases anestésicos. Trata-se de uma revisão integrativa de literatura, com abordagem qualitativa, realizada no período de janeiro a abril de 2021, nas bases de dados: MEDLINE, LILACS e PUBMED. Foram incluídos artigos disponíveis na íntegra nos idiomas português e inglês, relacionados com o tema, publicados nos últimos 10 anos e que seguem os descritores selecionados no estudo. A análise das publicações selecionadas permitiu apreender que é de extrema importância para a Enfermagem obter conhecimentos práticos e teóricos sobre esta problemática, a partir do que já foi publicado, para assim, ter segurança e conhecimento, a fim de que se possa detectar alterações precoces, facilitando intervenções que revertam os danos causados no material genético.

Palavras-chave: Gases anestésicos; Estresse oxidativo; Riscos ocupacionais; Teste de micronúcleo.

Abstract

Occupational risks are all actions that may cause a short or long-term problem or discomfort suffered by service providers in a workplace. Occupational exposure to residues of anesthetic gases can lead health professionals to contract serious adverse health problems. However low the dosage, these professionals are exposed, this exposure becomes chronic and causes irreversible damage to the genetic material. This study sought to analyze the scientific production about occupational risks, damage to genetic material and oxidative stress in view of the exposure to residues of anesthetic gases. It is an integrative literature review, with a qualitative approach, carried out from January to April 2021, in the databases: MEDLINE, LILACS and PUBMED. Articles available in full in Portuguese and English, related to the topic, published in the last 10 years and following the descriptors selected in the study were included. The analysis of the selected publications allowed us to apprehend that it is extremely important for Nursing to obtain practical and theoretical knowledge about this problem, based on what has already been published, so as to have security and knowledge, in order to detect early changes, facilitating interventions that reverse the damage caused to genetic material.

Keywords: Anesthetic gases; Oxidative stress; Occupational hazards; Micronucleus testing.

Resumen

Los riesgos laborales son todas aquellas acciones que pueden ocasionar un problema o malestar a corto o largo plazo que sufren los prestadores de servicios en un lugar de trabajo. La exposición ocupacional a residuos de gases anestésicos puede llevar a los profesionales de la salud a contraer serios problemas de salud adversos. Por baja que sea la dosis a la que están expuestos estos profesionales, esta exposición se vuelve crónica y causa daños irreversibles al material genético. Este estudio buscó analizar la producción científica sobre riesgos laborales, daño al material genético y estrés oxidativo ante la exposición a residuos de gases anestésicos. Se trata de una revisión de literatura integradora, con enfoque cualitativo, realizada de enero a abril de 2021, en las bases de datos: MEDLINE, LILACS y PUBMED. Se incluyeron artículos disponibles íntegramente en portugués e inglés, relacionados con el tema, publicados en los últimos 10 años y siguiendo los descriptores seleccionados en el estudio. El análisis de las publicaciones seleccionadas permitió comprender que es de suma importancia para la Enfermería obtener conocimientos prácticos y teóricos sobre esta problemática, a partir de lo ya publicado, para tener seguridad y conocimiento, a fin de detectar cambios tempranos, facilitando intervenciones que reviertan el daño causado al material genético.

Palabras clave: Gases anestésicos; Estrés oxidativo; Riesgos laborales; Ensayos de micronúcleos.

1. Introdução

Riscos ocupacionais são todas as ações que venham causar algum problema ou incômodo de curto e longo prazo sofrido pelos prestadores de serviços de um local de trabalho, estando relacionado a acidentes ou não (Quevedo *et al.*, 2019). Portanto, toda situação que apresente algum tipo de perigo ao trabalhador ou incômodo que venha a levar algum agravo contra a saúde do prestador de serviço é considerada um risco ocupacional (Leite *et al.*, 2017).

Os trabalhadores potencialmente expostos a estes riscos ocupacionais devem estar capacitados e informados para evitar problemas de saúde devido a sua exposição. Os malefícios de agentes físicos, químicos e biológicos existentes no ambiente de trabalho precisam ser controlados através de normas estabelecidas pelas instituições, servindo como método de controle, pois, dependendo da concentração, natureza e tempo de exposição desses agentes, são capazes de acometer danos à saúde e riscos ocupacionais ao trabalhador, podendo romper o equilíbrio físico, mental e social dessas das pessoas (Joob & Wiwanitkit, 2018).

Os riscos ocupacionais relacionados à exposição a resíduos de RGA inalatórios têm sido bastante discutidos nos últimos anos. Diversos profissionais da saúde têm sofrido pela alta exposição aos RGA (Perea *et al.*, 2018). Médicos, cirurgiões, médicos veterinários, enfermeiros e estudantes que atuam nas salas de operação (SO) e sala de recuperação anestésicas (SRA) são os mais afetados. Os efeitos adversos de saúde acometidos por esses profissionais são ocasionados de forma crônica devido à frequência e à baixa dosagem em que são realizadas as cirurgias nos locais de trabalho (Lucio, Braz, Nascimento Junior, Braz, & Braz, 2018; Nai *et al.*, 2015).

Os resíduos de gases anestésicos (RGA) são anestésicos inalatórios, alguns deles são anestésicos halogenados, como o halotano, sevoflurano, isoflurano, desflurano e o próprio gás óxido nitroso (N₂O). Estes são como alguns dos principais RGA que circulam pelo ar e que podem causar problemas em diversos órgãos do corpo humano (Lucio, 2016; Mogal, Baliarsing, Dias, & Gujjar, 2018).

Para minimizar os riscos à saúde, alguns países recomendam limites aos resíduos de gases anestésicos, entretanto, aqui no Brasil ainda não existem limites para a exposição ocupacional aos RGA. Países como EUA e Alemanha têm seus limites: nos Estados Unidos são duas partes por milhão (ppm), isso para anestésicos halogenados; e 25 ppm para o N₂O, para uma média ponderada de tempo (Souza, 2016; Campelo, Araujo, Batista, Viana, & Andrade, 2020). A monitorização de RGA nas SO pode ajudar no controle de vazamentos e, deste modo, assim diminuir a quantidade de inalação adquirida pelos profissionais de saúde. Existem métodos que devem ser frequentemente usados para que se tenha um constante controle de vazamentos e a consequente diminuição de contaminação do ar nas salas de operação (Melo Filho *et al.*, 2018; Uchôa & Magalhães, 2019).

A diminuição e a monitorização da exposição desses profissionais devem ser realizadas através de condutas de segurança do trabalho, por meio da utilização de EPIs e manuseio correto dos aparelhos de anestesia, assim como o funcionamento apropriado do sistema de exaustão em salas cirúrgicas (Rodrigues, Rezende, Silva, Ferreira, & Goulart, 2019). Portanto, o objetivo

deste estudo é apresentar uma revisão científica acerca dos riscos ocupacionais, danos no material genético e estresse oxidativo diante da exposição aos resíduos de gases anestésicos, apontando quais os tipos de danos ao material genético ocorrem devido à exposição aos gases anestésicos e identificando os marcadores de estresse oxidativo provocados pela exposição a esses gases.

2. Metodologia

O atual estudo se trata de uma revisão integrativa de literatura, realizada através da análise das publicações disponíveis em bases de bibliotecas virtuais. São estudados materiais atualizados, agrupando informações e mostrando análises fidedignas, com embasamento em evidências científicas sobre a temática pesquisada, propondo despertar, dessa forma, o interesse de pesquisadores futuros em aprofundar do assunto. Este estudo foi dividido em seis fases de desenvolvimento: elaboração da pergunta norteadora, busca ou amostragem na literatura, coleta de dados, análise crítica dos estudos incluídos, discussão dos resultados e apresentação da revisão integrativa (Souza, Silva, & Carvalho, 2010).

Para o presente estudo, foi realizado uma busca no banco de Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) com os seguintes descritores: “Anestésicos Inalatórios”, “Estresse Oxidativo”, “Riscos ocupacionais”. Foram integrados com o operador lógico booleano “AND” nas bases de dados da MEDLINE, LILACS E PubMed. Nesse segmento, foram selecionados artigos correlacionados ao tema, por meio de um formulário de pesquisa.

Utilizaram-se os seguintes critérios de inclusão: artigos originais, completos, revisões sistemáticas, estudos de casos controle, estudos de corte, disponíveis na íntegra, nos idiomas português, inglês e alemão que sejam relacionados com o tema, publicados nos últimos 10 anos e que seguem os descritores selecionados no estudo. Já como critério de exclusão, optou-se por não utilizar artigos que não sejam relacionados ao tema, artigos duplicados, artigos que não estão completos, que estejam em outros idiomas, fora do período selecionado e que não seguiram os descritores indicados.

Adotou-se para a formulação da pergunta norteadora a estratégia PICO, na qual o P (participantes ou problema): profissionais da saúde expostos aos gases anestésicos; o I (situação de interesse): monitoramento dos riscos ocupacionais; C (controle ou comparação): citotoxicidade e mutagenicidade, estresse oxidativo; e por fim, O (desfecho): monitoramento de riscos. O estudo foi revisado por dois integrantes e as buscas dos dados foram feitas através da estratégia PICO (Quadro 1).

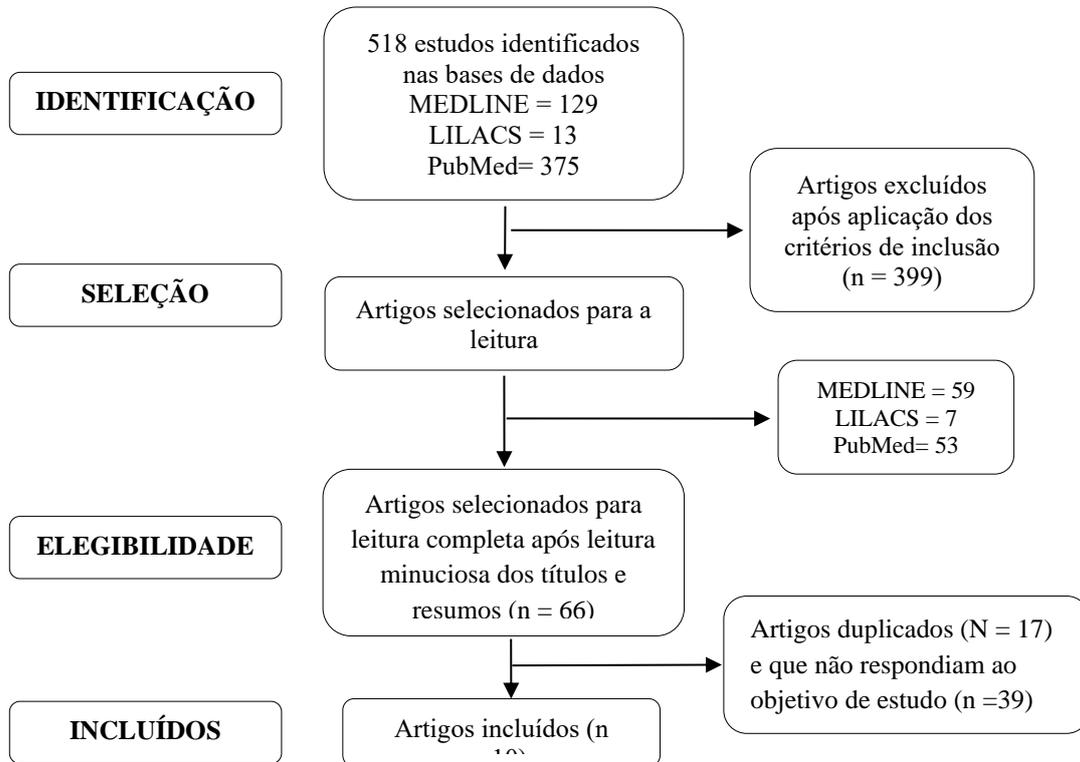
Quadro 1. Estratégia PICO utilizada na pesquisa.

ACRÔNIMO	ANÁLISE
P (participantes ou problema):	Profissionais da saúde expostos aos gases anestésicos
I (situação de interesse):	Monitoramento dos riscos ocupacionais
C (controle ou comparação):	Citotoxicidade e mutagenicidade, estresse oxidativo
O (desfecho):	Monitoramento de riscos

Fonte: Autores.

A seleção dos estudos foi realizada de forma independente, por dois pesquisadores da equipe de revisão. Foi feito o cruzamento dos descritores utilizando operador booleano AND, pois foi o único que mostrou uma busca precisa acerca do foco da temática, com isso foi possível encontrar os artigos para a elaboração dos resultados e discussão da pesquisa de forma rápida e precisa.

Figura 1. Fluxograma da seleção independente dos pares dos estudos corpus da pesquisa de revisão integrativa da literatura. MEDLINE/ LILACS/PubMed, 2021.



Fonte: Autores.

3. Resultados e Discussão

Foi encontrado um total de 518 estudos durante a elaboração da pesquisa. Utilizou-se como critério de seleção estudos publicados nos últimos 10 anos, bem como textos completos que fossem relevantes ao tema e que seguissem o objetivo desta investigação. Observou-se a prevalência de publicações no idioma inglês. Com isso, obteve-se 10 publicações selecionadas de acordo com os objetivos aqui elencados e distribuídas em diferentes periódicos.

Após a análise criteriosa das publicações selecionadas, foi realizado o agrupamento dos estudos, comparando os autores que escrevem sobre as evidências científicas acerca dos riscos ocupacionais, danos no material genético e estresse oxidativo adiante da exposição aos resíduos de gases anestésicos. A síntese comparativa está descrita no Quadro 2 abaixo

Quadro 2. Comparação entre autores que escrevem sobre evidências científicas acerca dos riscos ocupacionais, danos no material genético e estresse oxidativo diante da exposição aos resíduos de gases anestésicos.

AUTOR/ANO	TÍTULO DO ESTUDO	TIPO DE ESTUDO	OBJETIVOS	PAÍS
Dumaresq, Vasconcelos, Guimarães, Cavalcante, Garcia, & Vasconcelos, 2011	Metabolic and oxidative effects of sevoflurane and propofol in children undergoing surgery for congenital heart disease	Qualitativo	Avaliar os efeitos metabólicos e oxidativos da anestesia com sevoflurano ou propofol em crianças portadoras de cardiopatia congênita, submetidas à cirurgia eletiva.	Brasil
Boeckelmann, Sammito, & Meyer, 2013	Carga de trabalho de gases anestésicos e gases da fumaça cirúrgica e medidas de proteção na área de operação cirúrgica (sala de operação) - o que o cirurgião deve saber	Quantitativo	O objetivo é estimar o risco, levando em consideração as condições específicas do local de trabalho e determinar as medidas de segurança e saúde ocupacional necessárias.	Alemanha
Teles, Monteiro, Oliveira, & Ribeiro Filho, 2015	Papel do estresse oxidativo na síndrome metabólica	Qualitativo	Analisar o mecanismo detalhado pelo qual o estresse oxidativo estaria associado à síndrome metabólica.	Brasil
Leite <i>et al.</i> , 2017	Risco ocupacional entre profissionais de saúde do serviço de atendimento móvel de urgência - SAMU	Quantitativo	Avaliar os riscos ocupacionais referidos pelos profissionais de saúde do SAMU de Teresina - PI.	Brasil
Souza, 2016	Avaliação de danos no material genético em anesthesiologists	Qualitativo	Avaliar os danos sistêmicos no DNA e os diferentes tipos celulares e biomarcadores de instabilidade genômica em células esfoliadas da mucosa oral em anesthesiologists.	Brasil
Lucio <i>et al.</i> , 2018	Riscos ocupacionais, danos no material genético e estresse oxidativo frente à exposição aos resíduos de gases anestésicos	Qualitativo	O presente artigo propõe-se a discorrer sobre exposição ocupacional aos RGA e seu impacto em profissionais expostos, com ênfase em danos genéticos e estresse oxidativo.	Brasil
Joob & Wiwanitkit, 2018	Riscos devido à exposição ocupacional aos resíduos de gases anestésicos	Qualitativo	O estudo analisa a necessidade de estabelecer limites seguros da concentração dos RGAs em centros cirúrgicos e de práticas educativas e protocolos para os profissionais expostos	Brasil
Barul <i>et al.</i> , 2019	Occupational exposure to petroleum-based and oxygenated solvents and oral and oropharyngeal cancer risk in men: A population-based case-control study in France	Quantitativo	A pesquisa examina a associação entre a exposição ocupacional a solventes à base de petróleo e oxigenados, além do risco de câncer oral e orofaríngeo.	França
Yamanaka, 2019	Exposição ocupacional a gases anestésicos no bloco operatório do Hospital Distrital de Bragança	Qualitativo	Avaliar a exposição dos profissionais de saúde da Unidade Hospitalar de Bragança em três locais do bloco operatório (sala de cirurgia geral, sala de recobro, zona de transferência)	Brasil
Dehghani, Kamalinia, Omidi, & Fallahzadeh, 2021.	Probabilistic health risk assessment of occupational exposure to isoflurane and sevoflurane in the operating room	Quantitativo	O estudo tem como objetivo determinar a exposição ocupacional da equipe de centro cirúrgico aos gases anestésicos voláteis.	Irã

Fonte: Autores.

Através da realização do levantamento nas bases de dados, MEDLINE, LILACS e PubMed, obtiveram-se as produções mais atualizadas acerca das evidências científicas quanto aos riscos ocupacionais, danos no material genético e estresse oxidativo diante da exposição aos resíduos de gases anestésicos, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Distribuição das publicações conforme ano, título do periódico e frequência dos periódicos.

Ano	Periódico	Frequência	%
2011	Acta Cirúrgica Brasileira	01	10%
2013	Thieme E-Books & E-Journals - Zentralblatt für Chirurgie	01	10%
2015	Jornal Health Sci Inst	01	10%
2016	Revista Enfermagem em Foco	01	10%
2016	Rep. Institucional UNESP	01	10%
2017	Revista Brasileira de Anestesiologia.	01	10%
2018	Revista Brasileira de Anestesiologia	01	10%
2019	Jornal Cancer Epidemiology	01	10%
2019	Biblioteca Digital do IPB	01	10%
2021	Jornal Ecotoxicology and Environmental Safety	01	10%

Fonte: Autores.

Diante dos achados e da análise criteriosa das publicações, percebeu-se que existe uma grande diversidade de estudos, caracterizando, no entanto, a maior frequência de pesquisas qualitativas. Em relação ao idioma, 5 artigos encontravam-se em português, 4 em inglês e 1 em alemão. Além disso, a presente investigação permitiu fazer uma discussão de algumas categorias temáticas que estão descritas abaixo:

Danos no material genético diante da exposição de gases anestésicos

Como já delineado anteriormente, riscos ocupacionais são todas as situações que coloquem o trabalhador em condição vulnerável e possam afetar sua integridade e seu bem-estar físico e psíquico. A exposição ocupacional a resíduos de gases anestésicos pode levar profissionais como anestesiológicos, cirurgiões, enfermeiros, auxiliares, técnicos e dentistas a apresentar sérios problemas adversos à saúde. Por mais baixa a dosagem que esses profissionais sejam expostos, esta exposição se torna crônica podendo causar, entre outros males, danos irreversíveis ao material genético (Leite *et al.*, 2017).

A genotoxicidade, mutagenicidade e estresse oxidativo constituem um problema de saúde pública e devem ser reconhecidos pelos profissionais que são expostos aos RGAs e pelas autoridades responsáveis, especialmente nos países em desenvolvimento. É necessário estabelecer limites e protocolos com práticas educativas para a segurança desses profissionais expostos em SO e SRPA. A redução dos riscos ao dano no material genético pode ser realizada também por meio de uso de ferramentas de proteção: os equipamentos de proteção individual - EPIs, bem como o monitoramento regular de possíveis problemas de saúde (Joob & Wiwanitkit, 2018).

Os testes para a avaliação de biomonitoramento humano têm sido bastante utilizados na identificação e na quantificação de riscos relacionados à exposição dos RGAs. Dentre os principais marcadores de genotoxicidade e mutagenicidade, os mais utilizados são o teste do cometa e o micronúcleo (MN). O teste do cometa é biomarcador sensível e de baixo custo para mensurar danos no DNA: consiste na imersão de células eucarióticas em gel de agarose; sob as condições alcalinas de eletroforese, as células com danos no DNA (que tem carga negativa) migram para o polo positivo, imitando a aparência de um cometa, apresentando “cabeça e cauda”. Esse teste não é utilizado para detectar mutações, mas sim lesões genômicas, as quais são passíveis de reparo (Souza, 2016).

Já o teste de MN, é um ensaio de mutagenicidade que detecta o potencial mutagênico de vários agentes, entre eles os agentes físicos e químicos. Esse método permite verificar se na ação de entre partículas de certas substâncias extrínsecas, ao entrar em contato com o DNA, é possível modificar sua forma original, ou seja, quebrar sua clastogenicidade ou até mesmo afetar a formação da placa metafásica e/ou afetar no fuso mitótico, ambos apresentam alta potencialidade possibilidade de formar cromossomas desiguais durante seu processo de divisão celular. O MN apresenta algumas vantagens por ser minimamente invasivo e de rápido preparo, sem a necessidade de cultivo celular (Dumaresq, Vasconcelos, Guimarães, Cavalcante, Garcia, & Vasconcelos, 2011; Souza, 2016).

Nas salas de operação (SO) ou nas salas de recuperação pós-anestésica (SRPA), podem ocorrer, por exemplo, exposições do trato respiratório a gases anestésicos voláteis e aerossóis (gases fumegantes por coagulação). Esta exposição deve ser considerada como um risco potencial à saúde se as medidas de segurança tomadas para minimizar a exposição não forem suficientes.

Embora os gases anestésicos sejam rapidamente eliminados dentro do organismo, a exposição contínua pode ocasionar nesses profissionais alterações hematopoiéticas e a inativação da vitamina B12. Também é considerado um fator de risco ao processo reprodutivo, ocasionando um aumento na incidência de abortos em mulheres gestantes, redução da fertilidade, defeitos congênitos, neurotoxicidade e aparição de carcinomas (Boeckelmann, Sammito, & Meyer, 2013).

Estresse oxidativo ocasionado pela exposição aos gases anestésicos

O estresse oxidativo consiste na alteração dos mecanismos de produção ou de metabolização das espécies reativas de oxigênio - EROS e espécies reativas de - ERNS. Essas alterações elevam o aumento da concentração dessas espécies, fazendo com que o sistema biológico sofra esse tipo de estresse. Para que isso não ocorra, no metabolismo existem sistemas de defesa, que são constituídos por antioxidantes não enzimáticos, tais como as pró-betacarotenos, vitaminas como as Retinol (A) e tocoferol (E) e os sistemas enzimáticos, protagonizados pelas enzimas superóxido dismutase, catalases e peroxidases (Teles, Monteiro, Oliveira, & Ribeiro Filho, 2015).

Portanto, ele ocasiona principalmente a indução de danos em macromoléculas, em lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, causando danos no material celular. Por conta desse desequilíbrio entre os radicais livres e os antioxidantes, doenças como diabetes mellitus, hipertensão arterial sistêmica, aterosclerose, doenças cardíacas, doenças neurodegenerativas - como Parkinson e Alzheimer – bem como câncer, podem estar sendo desenvolvidas (Dehghani, Kamalinia, Omidi, & Fallahzadeh, 2021).

Também pode estar associado à exposição dos RGA por induzir lipoperoxidação, danos oxidativos no DNA e comprometimento do sistema antioxidante em profissionais expostos. O quadro 3 apresenta os principais gases anestésicos utilizados nas SO e SRPA, sendo observados os riscos à saúde, dosagem, EPIs e os métodos de segurança.

Quadro 3. Principais gases anestésicos utilizados nas SO e SRPA, riscos à saúde, dosagem recomendada, EPIs e medidas de segurança.

GASES ANESTÉSICOS	RISCOS À SAÚDE	DOSAGEM RECOMENDADA	EPIs UTILIZADOS	MEDIDAS DE SEGURANÇA
Óxido nitroso	Pode causar tonturas, sonolência, náusea, vômitos, excesso de salivação, diminuição da vivacidade, perda de consciência e morte.	Dose de 10 e 20ppm	Óculos de proteção, máscara N95, touca, luvas, roupas de puro algodão, avental e botas.	Caso a vítima não esteja respirando, administrar respiração artificial. Caso a respiração esteja difícil, administrar oxigênio.
Isoflurano	Depressão respiratória, hipotensão, arritmias, tremores, náuseas, vômitos e íleo adinâmico.	1,0 a 2,5%	Óculos de proteção, máscara N95, touca, luvas, roupas de puro algodão, avental e botas	Deve ser administrado em centros apropriados e equipados para realização de anestesia geral, por profissionais que estejam familiarizados com a farmacologia do agente.
Enflurano	Tremores, hipotermia em crianças, hipotassemia, porfíria, dor abdominal. Obstipação, náuseas, vômitos, leucocitose, miopatia, depressão do sistema nervoso central.	0,5 a 3,0%	Óculos de proteção, máscara N95, touca, luvas, roupas de puro algodão, avental e botas	Deve ser administrado através de vaporizador calibrado especialmente para seu uso, ou através de outros vaporizadores, desde que se possa calcular a concentração de enflurano oferecida, de forma fácil e rápida.
Sevoflurano	Depressão cardiorrespiratória, náuseas, vômitos e delírios	Até 8%	Óculos de proteção, máscara N95, touca, luvas, roupas de puro algodão, avental e botas	Deve ser administrado por médicos treinados na administração de anestesia geral. Recursos para a manutenção da patência das vias aéreas, ventilação artificial, administração de oxigênio
Desflurano	Hipertermia maligna, astenia, mal-estar.	2,5 - 8,5%	Óculos de proteção, máscara N95, touca, luvas, roupas de puro algodão, avental e botas	Recomenda que nenhum trabalhador deve ser exposto a concentrações de teto maior do que 2 ppm

Fonte: (Joob & Wiwanitkit, 2018; Dehghani *et al.*, 2021; Boeckelmann *et al.*, 2013).

Entende-se que a relação da exposição de RGAs e o estresse oxidativo ainda é um campo pouco explorado. Profissionais que trabalham em uma SO ou SRPA sem qualquer tipo de sistema de exaustão de gases, num período de 14 a 15 anos, expostos a RGAs de desflurano, isoflurano, N₂O e sevoflurano tiveram diminuição de enzima e capacidade antioxidante, levando a um aumento de quebras no material genético. Já em pacientes profissionais expostos a RGAs de sevoflurano, desflurano, halotano, isoflurano e N₂O, com um período de 3 a 11 anos em SO ou SRPA com sistema de exaustão de gases anestésicos, verificou-se indícios negativos entre danos no material genético e capacidade antioxidante (Lucio *et al.*, 2018).

Portanto, é de grande importância o uso de proteção e a implementação de uma legislação apropriada que assegure aos profissionais o limite de RGAs. É fundamental que haja conhecimento por parte dos profissionais, as mensurações dos anestésicos e a implantação de sistemas de exaustão efetivos nas SO e SRPA. É indispensável também mais estudos de biomonitoramento com o uso dos biomarcadores para detectar alterações precoces, facilitando intervenções que revertam os danos causados no material genético (Yamanaka, 2019; Barul *et al.*, 2019).

4. Conclusão

Observou-se no estudo realizado que a exposição ocupacional a resíduos de gases anestésicos pode levar a sérios problemas adversos à saúde. Por mais baixa que seja a exposição a qual esses profissionais estão submetidos, com o passar dos anos, torna-se crônica, causando danos irreversíveis no material genético. É de grande importância o uso de proteção e a implementação de uma legislação apropriada que assegure aos profissionais o limite de RGAs. Deste modo, para evitar esses

acontecimentos, é de extrema importância que mais estudos sejam desenvolvidos para detectar alterações precoces, se atentando a importância de saber e estar informados sobre os riscos e realizando o monitoramento a partir de exames periódicos dos profissionais, facilitando intervenções que revertam os danos causados no material genético. Torna-se essencial o uso de medidas proteção individual, EPIs adequados e a implantação de sistemas de exaustão efetivos nas SO e SRPA.

Referências

- Barul, C., Carton, M., Radoï, L., Menvielle, G., Pilorget, C., Woronoff, A. S., Stücker, I., & Luce, D. (2019). Occupational exposure to petroleum-based and oxygenated solvents and oral and oropharyngeal cancer risk in men: a population-based case-control study in France. *Cancer Epidemiology*, 59, 22-28.
- Boeckelmann, I., Sammito, S., & Meyer, F. (2013). Arbeitsbelastung durch Anästhesiegase und chirurgische Rauchgase und Schutzmaßnahmen im chirurgischen Operations (OP-) Bereich - was der Chirurg wissen sollte. *Zentralblatt Für Chirurgie - Zeitschrift Für Allgemeine, Viszeral-, Thorax- Und Gefäßchirurgie*, 138(01), 94-103.
- Campelo R. C., Araújo S. S., Batista N. J. C., Viana M. R. P., & Andrade T. M. (2020). Teste de micronúcleo para detecção de instabilidade genômica em lesão cervical por papilomavírus humano. *J. Nurs. Health, Piauí*, 10(2),1-14.
- Dehghani, F., Kamalinia, M., Omid, F., & Fallahzadeh, R. A. (2021). Probabilistic health risk assessment of occupational exposure to isoflurane and sevoflurane in the operating room. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 207, 1-8.
- Dumaresq, D. M. H., Vasconcelos, R. C., Guimarães, S. B., Cavalcante, S. L., Garcia, J. H. P., Vasconcelos, A. R. L. (2011). Metabolic and oxidative effects of sevoflurane and propofol in children undergoing surgery for congenital heart disease. *Acta Cirurgica Brasileira*, 26(1), 66-71.
- Joob, B., & Wiwanitkit, V. (2018). Riscos devido à exposição ocupacional aos resíduos de gases anestésicos. *Brazilian Journal Of Anesthesiology*, 68(2), 216-217.
- Leite, H. D. C. S., Carvalho, M. T. R., Cariman, S. L. S., Araújo, E. R. M., Silva, N. C., & Carvalho, A. O. (2017). Risco ocupacional entre profissionais de saúde do serviço de atendimento móvel de urgência - SAMU. *Enfermagem em Foco*, 7(4),31-35.
- Lucio, L. M. C., Braz, M. G., Nascimento Junior, P., Braz, J. R. C., & Braz, L. G. (2018). Riscos ocupacionais, danos no material genético e estresse oxidativo frente à exposição aos resíduos de gases anestésicos. *Brazilian Journal Of Anesthesiology*, 68(1), 33-41.
- Lucio, L. M. C. (2016). Determinação das concentrações de resíduos de gases anestésicos e avaliação genômica e de estresse oxidativo em profissionais recém-expostos. Tese (Doutorado) - Curso de Medicina, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 84 f.
- Melo Filho, F. R. A., Soares, R. F. S., Silva, F. G. S., Silva, W. V., Pinto, G. G. S., Maia Filho, A. L. M., Marques, R. B., & Costa, D. A. F. (2018). Risco ocupacional com anestésico inalatório: uma discussão a partir da opinião da classe médica. *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, 11(2), 13-28.
- Mogal, S. S., Baliarsing, L., Dias, R., & Gujjar, P. (2018). Comparação de alterações na pressão do balonete do tubo endotraqueal usando ar versus óxido nítrico nos gases anestésicos durante cirurgias abdominais laparoscópicas. *Brazilian Journal Of Anesthesiology*, 68(4), 369-374.
- Nai, G. A., Oliveira, M. C., Tavares, G. O., Pereira, L. F. F., Soares, N. D. S. L., & Silva, P. G. (2015). Avaliação da genotoxicidade induzida pela administração repetida de anestésicos locais: um estudo experimental em ratos. *Brazilian Journal of Anesthesiology*, 65(1), 21-26.
- Perea E., Talambas S., Nunes R., Rosa P., Carvalho J., Fonnegra J., Porovska O., Infante J., & Manzano M. (2018). Exposição Ocupacional a Gases Anestésicos no Centro Hospitalar Universitário de Lisboa Central, EPE. *Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional*, 6, 1-12.
- Quevedo, V. S., Motter, A. A., Bayerl, R., Miranda, F. C., Chomem, P., & Legey, A. L. C. (2019). Riscos ergonômicos e biomecânicos ocupacionais no transporte de pacientes no centro cirúrgico: pesquisa quali-quantitativa de estudo transversal. *Revista Pesquisa em Fisioterapia*, 9(4), 505-516.
- Rodrigues, L. P., Rezende, M. P., Silva, A. M. B., Ferreira, L. A., & Goulart, B. F. (2019). Conhecimento e adesão da equipe de enfermagem aos equipamentos de Proteção individual. *Reme Revista Mineira de Enfermagem*, 23, 1-6.
- Souza, K. M. (2016). Avaliação de danos no material genético em anestesiológicas. Dissertação (Mestrado) - Curso de Medicina, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 73 f.
- Souza, M. T., Silva, M. D., & Carvalho, R. (2010). Integrativereview: whatis it? Howto do it?. *Einstein (São Paulo)*, 8(1), 102-106.
- Teles, Y. C. F., Monteiro, R. P., Oliveira, M. S., & Ribeiro Filho, J. (2015). O papel do estresse oxidativo na síndrome metabólica. *Health Sci Inst*, 33(1), 89-93.
- Uchôa, I. S., & Magalhães, M. A. V. (2019). Teste de micronúcleos como biomarcador para pacientes com patologias diversas: uma revisão integrativa da literatura. *Brazilian Journal of SurgeryAndClinical Research (BJSCR)*, 27(1), 78-83.
- Yamanaka, V. Y. (2019). Exposição ocupacional a gases anestésicos no bloco operatório do hospital distrital de bragança. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Bragança, 89 f.