



Composição da fumaça produzida pelo bisturi elétrico: revisão integrativa da literatura

Composition of the electrocautery smoke: integrative literature review

Composición del humo producido por el bisturí eléctrico: revisión integradora de la literatura

Cibele Cristina Tramontini^{1,2}, Cristina Maria Galvão¹, Caroline Vieira Claudio³, Renata Perfeito Ribeiro², Júlia Trevisan Martins²

Como citar este artigo:

Tramontini CC, Galvão CM, Claudio CV, Ribeiro RP, Martins JT. Composition of the electrocautery smoke: integrative literature review. Rev Esc Enferm USP. 2016;50(1):144-53. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0080-623420160000100019>

¹ Universidade de São Paulo, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, SP, Brasil.

² Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil.

³ Universidade Estadual de Londrina, Programa de Pós-Graduação em Enfermagem, Londrina, PR, Brasil.

ABSTRACT

Objective: To identify the composition of the smoke produced by electrocautery use during surgery. **Method:** Integrative review with search for primary studies conducted in the databases of the US National Library of Medicine National Institutes of Health, Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature, and Latin American and Caribbean Health Sciences, covering the studies published between 2004 and 2014. **Results:** The final sample consisted of 14 studies grouped into three categories, namely; polycyclic aromatic hydrocarbons, volatile compounds and volatile organic compounds. **Conclusion:** There is scientific evidence that electrocautery smoke has volatile toxic, carcinogenic and mutagenic compounds, and its inhalation constitutes a potential chemical risk to the health of workers involved in surgeries.

DESCRIPTORS

Occupational Exposure; Occupational Risks; Occupational Health; Electrosurgery; Smoke; Review.

Autor correspondente:

Caroline Vieira Claudio
Universidade Estadual de Londrina
Departamento de Enfermagem
Av. Roberto Kock, n. 60, Vila Operária
CEP 86039-440 – Londrina, PR, Brasil
caroline.vieirac@gmail.com

Recebido: 24/03/2015
Aprovado: 29/08/2015

INTRODUÇÃO

O centro cirúrgico pode ser considerado como uma das unidades mais complexas da instituição hospitalar pela sua especialidade e pela presença constante de estresse e risco à saúde, tanto em relação aos pacientes que estão sujeitos à intervenção cirúrgica, quanto aos trabalhadores que atuam na equipe multiprofissional.

Os equipamentos geradores de energia, como o bisturi elétrico (BE), são amplamente utilizados no centro cirúrgico. O uso do BE diminui o sangramento intraoperatório e melhora a visibilidade durante as cirurgias⁽¹⁾, porém a fumaça produzida devido à sua utilização pode ser prejudicial para a saúde dos trabalhadores.

A fumaça produzida pelo uso do BE é formada por compostos químicos em forma de gás (fase gasosa) e sob a forma de componentes de partículas (fase particulada), que podem desencadear efeitos perigosos, locais ou sistêmicos, reversíveis ou irreversíveis àqueles que utilizam este equipamento⁽²⁾.

Tratando-se da composição química da fumaça do BE, ela pode conter hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)⁽³⁾, compostos orgânicos voláteis (COV)⁽⁴⁾, monóxido de carbono (CO)⁽⁵⁾, entre outros. Estes compostos químicos podem desencadear mutações genéticas⁽⁶⁾ e câncer⁽⁷⁾ ao organismo humano.

Além de mutação e câncer, as partículas presentes na fumaça do BE podem ser inaladas e retidas no trato respiratório dos trabalhadores, ocasionando variados sinais e sintomas respiratórios, incluindo a sensação de corpo estranho na garganta, ardor faríngeo, náuseas e congestão nasal⁽¹⁾. Complementarmente, podem causar cefaleia e irritação aos olhos⁽²⁾.

A cada ano, nos Estados Unidos, estima-se que 500.000 trabalhadores, incluindo cirurgiões, enfermeiros, anestesiológicos e instrumentadores cirúrgicos estão expostos à fumaça produzida pelo uso do BE⁽⁸⁾.

A fumaça gerada pelo BE pode ser retirada do ambiente por meio de um sistema de ventilação, como um exaustor, e por uma ventilação adequada, os quais são imprescindíveis nas salas operatórias⁽⁹⁻¹⁰⁾. Pode-se ainda diminuir os riscos à saúde dos trabalhadores da sala cirúrgica por meio do uso da máscara N-95⁽¹¹⁾.

O equipamento de proteção respiratória, máscara N-95, proporciona a filtração de pelo menos 95% de aerossóis, gases e fumaças⁽¹¹⁾, incluindo a fumaça produzida pelo BE⁽¹¹⁻¹³⁾, contribuindo, assim, para um ambiente de trabalho mais saudável.

Embora existam recomendações para diminuir os riscos produzidos pela fumaça do BE retirando-a por meio de ventilação correta, a prática tem demonstrado que há

pouco cuidado para retirá-la do ambiente da sala operatória durante os procedimentos cirúrgicos⁽¹⁴⁾.

Diante ao exposto, faz-se a seguinte questão de pesquisa: “Quais são as evidências científicas sobre a composição da fumaça produzida pelo uso do BE durante o ato cirúrgico?”. Para responder a esta indagação, o presente estudo teve como objetivo identificar a composição da fumaça produzida pelo uso do BE durante o ato cirúrgico.

Enfatiza-se que este estudo é de relevância ímpar, visto a escassez de estudos sobre esta temática, bem como é de fundamental importância compreender os riscos à saúde relacionados à inalação da fumaça produzida pelo uso do BE, a fim de promover saúde aos trabalhadores da equipe cirúrgica e prevenir agravos e doenças.

MÉTODO

Trata-se de revisão integrativa da literatura, a qual possibilita a incorporação de evidências na prática clínica⁽¹⁵⁾. O desenvolvimento desta revisão seguiu seis etapas: elaboração da questão de pesquisa, amostragem ou busca na literatura dos estudos primários, extração de dados, avaliação dos estudos primários incluídos, análise e síntese dos resultados e apresentação da revisão⁽¹⁶⁾.

A busca dos estudos foi formulada conforme os critérios e manuais de cada base de dados. Utilizaram-se descritores controlados (Medical Subject Headings e Descritores em Ciências da Saúde) – Electrosurgery, Electrocoagulation, General Surgery, Occupational Exposure, Especialidades Cirúrgicas e Terapia a Laser, e os descritores não controlados (palavras-chave) – Monopolar Electrosurgery, Bipolar Electrosurgery, Monopolar Bipolar Electrosurgery, Electrocautery, Monopolar Electrocautery, Bipolar Electrocautery, Surgical Smoke, Smoke Surgical, Surgical Smoke Plume, Electrosurgery Smoke, Electrocautery Smoke, Surgery, Surgery Operative, Occupational Hazards, Occupational Health e Occupational Risk, combinados com operadores booleanos (AND e OR).

Os descritores foram pesquisados, no período compreendido entre setembro e outubro de 2014, nas bases de dados US National Library of Medicine National Institutes of Health (PubMed), Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL) e Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS).

Outra estratégia utilizada foi a busca manual das referências bibliográficas nas referidas bases de dados dos estudos primários selecionados. Os descritores foram combinados de diferentes formas para garantir uma busca ampla, cujas combinações estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Cruzamentos realizados nas bases de dados PubMed, CINAHL e LILACS (2004-2014) – Londrina, PR, Brasil, 2015.

Base de dados	Cruzamentos
PubMed	Electrosurgery OR Bipolar electrosurgery OR Monopolar electrosurgery OR Monopolar bipolar electrosurgery OR Electrocautery OR Monopolar electrocautery OR Bipolar electrocautery AND Surgery AND Occupational hazards OR Occupational exposure OR Occupational health OR Occupational risk AND Surgical smoke
	Electrosurgery OR Bipolar electrosurgery OR Monopolar electrosurgery OR Monopolar bipolar electrosurgery OR Electrocautery OR Monopolar electrocautery OR Bipolar electrocautery AND Surgery AND Occupational hazards OR Occupational exposure OR Occupational health OR Occupational risk AND Surgical smoke plume

continua...

...continuação

Base de dados	Cruzamentos
PubMed	Electrosurgery OR Bipolar electrosurgery OR Monopolar electrosurgery OR Monopolar bipolar electrosurgery OR Electrocautery OR Monopolar electrocautery OR Bipolar electrocautery AND Surgery AND Occupational hazards OR Occupational exposure OR Occupational health OR Occupational risk AND Electrosurgery smoke
	Electrosurgery OR Bipolar electrosurgery OR Monopolar electrosurgery OR Monopolar bipolar electrosurgery OR Electrocautery OR Monopolar electrocautery OR Bipolar electrocautery AND Surgery AND Occupational hazards OR Occupational exposure OR Occupational health OR occupational risk AND Electrocautery smoke
CINAHL	Occupational Exposure OR Occupational hazards AND Electrocoagulation AND Smoke surgical AND Surgery operative
	Occupational Exposure OR Occupational hazards AND Electrosurgery AND Smoke surgical AND Surgery operative
	Occupational Exposure OR Occupational hazards AND Electrocautery AND Smoke surgical AND Surgery operative
LILACS	Cirurgia Geral OR Especialidades Cirúrgicas AND Terapia a Laser
	Cirurgia Geral OR Especialidades Cirúrgicas AND Eletrocoagulação
	Cirurgia Geral OR Especialidades Cirúrgicas AND Eletrocirurgia

Os critérios de inclusão dos estudos primários delimitados foram os que retratassem a presença de compostos químicos na fumaça produzida pelo uso do BE, publicados no período de janeiro de 2004 a agosto 2014, e com as seguintes classificações: ensaio clínico controlado randomizado, ensaio clínico sem randomização, estudo de coorte, estudo caso-controle, estudos com delineamento de pesquisa quase-experimental, delineamento de pesquisa não experimental/transversal, pesquisas desenvolvidas com seres humanos; e publicados nos idiomas português, inglês e espanhol. Portanto, foram considerados os níveis de evidência 2, 3, 4 e 6⁽¹⁷⁾. Os critérios de exclusão estabelecidos foram estudos que retratassem a presença de bioaerossóis (bactérias e vírus) na fumaça gerada pelo uso do BE.

Importante ressaltar que os níveis de evidência variam de 1 a 7, sendo: nível 1 – meta-análise ou revisões sistemáticas; nível 2 – Ensaio Clínico Randomizado Controlado; nível 3 – Ensaio Clínico sem Randomização; nível 4 – Estudos de coorte e de caso-controle; nível 5 – Revisões sistemáticas de estudos descritivos e qualitativos; nível 6 – estudos descritivos ou qualitativos; e nível 7 – opinião de especialistas⁽¹⁷⁾.

O fluxograma (Figura 1) descreve o percurso de identificação, seleção e inclusão dos estudos primários selecionados, segundo base eletrônica consultada.

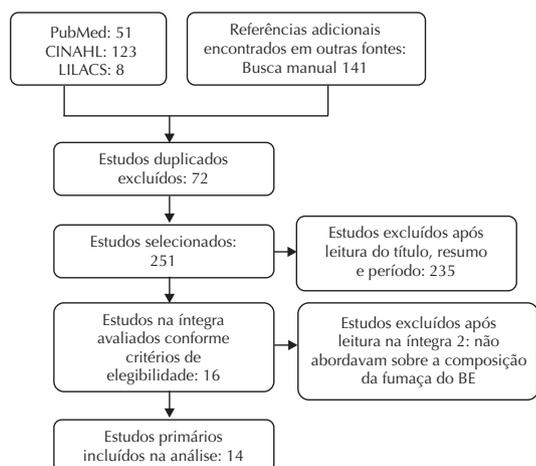


Figura 1 – Fluxograma de identificação, seleção e inclusão dos estudos da revisão integrativa – Londrina, PR, Brasil, 2015.

O processo de seleção e método de concordância dos estudos foi desenvolvido por duas revisoras de forma independente, as quais selecionaram os estudos conforme os critérios de elegibilidade e inclusão. Em caso de discordância, uma terceira revisora foi solicitada.

A extração dos dados da amostra dos estudos primários selecionados foi executada utilizando um instrumento adaptado de coleta de dados, proposto e validado por autoras de pesquisa em enfermagem⁽¹⁸⁾. Tal instrumento contempla a identificação do artigo, ano e local do estudo, características metodológicas, avaliação do rigor metodológico, nível de evidência, tipo de cirurgia, tempo cirúrgico, método e análise de coleta e tipo de composto químico encontrado na fumaça produzida pelo uso do BE.

A avaliação dos tipos de estudos selecionados foi realizada pautada nos conceitos de estudiosos de metodologia científica⁽¹⁹⁾, os quais classificam os estudos em dois tipos: observacionais ou ensaio clínico, sendo que os primeiros são divididos em estudo de coorte, transversal e caso-controle.

A análise dos dados foi realizada de forma descritiva, enfatizando os tipos e os níveis ocupacionais dos compostos químicos encontrados em cada estudo, bem como comparações entre estes, destacando diferenças e semelhanças.

Não ocorreu nenhum tipo de financiamento para o estudo. Também não houve conflito de interesse na condução desta revisão integrativa da literatura.

RESULTADOS

Dos 14 estudos primários selecionados, um (7,1%) foi publicado no ano de 2004; dois (14,3%) em 2007; um (7,1%) em 2009; dois (14,3%) em 2010; um (7,1%) em 2011; três (21,4%) em 2012; um (7,1%) em 2013; e três (21,4%) em 2014.

Quanto à origem dos estudos, a totalidade foi publicada no idioma inglês e em periódicos internacionais, revelando a escassez de estudos publicados em periódicos brasileiros. Identificou-se que os autores dos estudos pertencem aos departamentos de cirurgia, cirurgia geral, saúde pública, urologia e saúde ocupacional.

Tratando-se do local de realização dos estudos, a maioria (28,5%) foi realizada na Coreia do Sul. Em três (21,4%) estudos não foram relatados os locais.

No que se refere ao delineamento, a totalidade foi classificada como estudo observacional do tipo descritivo⁽¹⁹⁾, com abordagem quantitativa. Portanto, têm-se como evidência científica o nível 6⁽¹⁷⁾.

A partir dos 14 estudos selecionados e incluídos nesta revisão integrativa da literatura, constam no Quadro 2 uma síntese dos estudos primários segundo título, ano, local do estudo, delineamento e nível de evidência científica.

Quadro 2 – Síntese dos estudos primários segundo título, ano, local do estudo, delineamento e nível de evidência (2004-2014) - Londrina, PR, Brasil, 2015.

Estudo	Título	Ano	Local do estudo	Delineamento	Nível de evidência
E1	Cancer risk of incremental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in electrocautery smoke for mastectomy personnel ⁽³⁾	2014	Changhua, Taiwan	observacional/transversal	6
E2	Polycyclic aromatic hydrocarbons in electrocautery smoke during peritonectomy procedures ⁽²⁰⁾	2012	Uppsala, Suécia	observacional/transversal	6
E3	Quantitative chemical analysis of surgical smoke generated during laparoscopic surgery with a vessel-sealing device ⁽⁵⁾	2014	Zurique, Suíça	observacional/transversal	6
E4	A single-blind controlled study of electrocautery and ultrasonic scalpel smoke plumes in laparoscopic surgery ⁽²¹⁾	2012	Escócia, Reino Unido	observacional/transversal	6
E5	Surgical smoke may be a biohazard to surgeons performing laparoscopic surgery ⁽⁴⁾	2014	Daegu, Coreia do Sul	observacional/transversal	6
E6	Comparative safety analysis of surgical smoke from transurethral resection of the bladder tumors and transurethral resection of the prostate ⁽²²⁾	2013	Jeonju, Coreia do Sul	observacional/transversal	6
E7	A novel inspection protocol to detect volatile compounds in breast surgery electrocautery smoke ⁽²³⁾	2010	Taiwan	observacional/transversal	6
E8	Composition of volatile organic compounds in diathermy plume as detected by selected ion flow tube mass spectrometry ⁽²⁴⁾	2007	Não relatado	observacional/transversal	6
E9	Comparison of harmful gases produced during greenlight high-performance system laser prostatectomy and transurethral resection of the prostate ⁽²⁵⁾	2012	Jeonju, Coreia do Sul	observacional/transversal	6
E10	Chemical production in electrocautery smoke by a novel predictive model ⁽²⁶⁾	2011	Não relatado	observacional/transversal	6
E11	Harmful gases including carcinogens produced during transurethral resection of the prostate and vaporization ⁽²⁷⁾	2010	Jeonju, Coreia do Sul	observacional/transversal	6
E12	Chemical composition of gases surgeons are exposed to during endoscopic urological resections ⁽²⁸⁾	2009	Não relatado	observacional/transversal	6
E13	Chemical composition of smoke produced by high-frequency electrosurgery ⁽²⁹⁾	2007	Navan, Irlanda	observacional/transversal	6
E14	Smoke in the operating theater: an unregarded source of danger ⁽³⁰⁾	2004	Aarau, Suíça	observacional/transversal	6

Em relação ao tipo de cirurgia em que foram coletadas as fumaças, houve maior predomínio da ressecção transuretral de próstata, seguida das cirurgias do aparelho digestivo e abdominal, vaporização transuretral de próstata, mastectomia, peritonectomia, nefrectomia transperitoneal, ressecção transuretral da bexiga, prostatectomia, mamoplastia e excisão de verrugas e seios paranasais.

O número total de amostras das cirurgias nas quais foram coletadas a fumaça produzida pelo uso do BE variou entre quatro e 40. O tempo médio mínimo e máximo

cirúrgico foi de 53 minutos e 614 minutos, respectivamente.

Tratando-se da forma de coleta e análise dos compostos químicos, 50% dos estudos coletaram-nos por uma bomba a vácuo, e a maioria dos estudos (78,5%) analisou-os por cromatografia gasosa. Com relação aos compostos químicos encontrados, houve predomínio do naftaleno, tolueno e benzeno.

Consta no Quadro 3 uma síntese dos estudos primários, segundo objetivo, tipo e tempo médio cirúrgico, coleta e análise dos compostos e principais resultados encontrados.

Quadro 3 – Síntese dos estudos primários segundo objetivo, tipo e tempo médio cirúrgico, coleta e análise dos compostos e principais resultados (2004-2014) – Londrina, PR, Brasil, 2015.

Estudo	Objetivo	Tipo e tempo médio cirúrgico	Coleta/análise dos compostos	Principais resultados
E1 ⁽³⁾	investigar a concentração do número de partículas e a concentração de HPA na fumaça do BE	mastectomia/ 96,3 minutos	coleta realizada por uma bolsa especial de revestimento (não relatado o tipo de bolsa)/ cromatografia gasosa	o naftaleno foi o mais abundante, cuja concentração máxima foi de 1055 ng/m ³
E2 ⁽²⁰⁾	correlacionar os níveis de HPA com as variáveis perioperatórias	peritonectomia/ 614 minutos	bomba a vácuo/ cromatografia gasosa	o naftaleno apresentou a maior concentração média máxima de 178,66 ng/m ³
E3 ⁽⁵⁾	investigar a composição da fumaça cirúrgica	ressecção colorretal laparoscópica/ 195,83 minutos	a coleta ocorreu por meio de um saco de polipropileno conectado a um tubo de gás estéril/ espectrometria	o sevoflurano apresentou a maior concentração média de 110 ppm (partes por milhão)
E4 ⁽²¹⁾	analisar a concentração de hidrocarbonetos voláteis provenientes do BE em cirurgias intra-abdominais laparoscópicas comparadas com a fumaça do cigarro e o ar de uma cidade urbana	cirurgias do aparelho digestivo laparoscópicas/ tempo cirúrgico não relatado	200 ml de gás foram aspirados pelo cirurgião da região epigástrica no final da cirurgia/ cromatografia gasosa	a máxima concentração encontrada na fumaça foi de 9.652 ppm (tolueno)
E5 ⁽⁴⁾	analisar a fumaça cirúrgica gerada pelo BE	nefrectomia transperitoneal laparoscópica/ 135,5 minutos	a coleta ocorreu por meio de um saco de polipropileno/ cromatografia gasosa	dentre os principais COV, o benzeno foi o mais abundante, cuja concentração máxima foi de 231 µg/m ³
E6 ⁽²²⁾	analisar a composição da fumaça do BE em dois tipos de cirurgias	ressecção transuretral de próstata e ressecção transuretral de tumores da bexiga/ tempo cirúrgico não relatado	bomba de gás a vácuo a 0,05 L/ cromatografia gasosa	máxima concentração de COV encontrada: isobutileno (35.869,31ug/g)
E7 ⁽²³⁾	quantificar os compostos químicos potencialmente perigosos na fumaça produzida pelo BE	mastectomia/ tempo cirúrgico não relatado	bomba a vácuo/ Cromatografia gasosa	máxima concentração de tolueno encontrada (5,50 mg/m ³)
E8 ⁽²⁴⁾	analisar a composição dos COV na fumaça do BE	cirurgia do aparelho digestivo/ tempo cirúrgico não relatado	coletor de gás portátil (“hand-held Yankauer suction”)/ espectrometria de massa	dentre os COV identificados, foi encontrada máxima concentração de 0,69 ppm para o 1,3-butadieno
E9 ⁽²⁵⁾	comparar os gases gerados em cirurgias de próstata	prostatectomia e ressecção transuretral e vaporização de próstata/ tempo cirúrgico não relatado	bomba a vácuo/ cromatografia gasosa	máxima concentração encontrada: isobutileno (30.662,62 µg/m ³)
E10 ⁽²⁶⁾	quantificar os gases produzidos pela fumaça do BE	mastectomia (119 min) e cirurgia do aparelho digestivo (143,3 minutos)	bomba a vácuo/ cromatografia gasosa	máxima concentração média encontrada: 0,463 mg/m ³ (tolueno)
E11 ⁽²⁷⁾	determinar a composição química da fumaça do BE	ressecção transuretral e vaporização de próstata/ tempo cirúrgico não relatado	bomba a vácuo/ cromatografia gasosa	máxima concentração encontrada: 1,3-butadieno (8.652,44 ug/g)
E12 ⁽²⁸⁾	identificar os componentes químicos potencialmente nocivos da fumaça cirúrgica	ressecção transuretral e vaporização de próstata/ 53 minutos	bomba a vácuo/ cromatografia gasosa	a máxima concentração de COV encontrada foi de 18.8 µg/m ³ ou 0,005 ppm (tolueno)

continua...

...continuação

Estudo	Objetivo	Tipo e tempo médio cirúrgico	Coleta/análise dos compostos	Principais resultados
E13 ⁽²⁹⁾	quantificar os compostos tóxicos presentes na fumaça do BE	excisão de verrugas, sinusectomia e cirurgia abdominal/ tempo cirúrgico não relatado	tubos de carvão conectados à um sistema de evacuação da fumaça/ cromatografia gasosa	máxima concentração de COV encontrada foi de 4,39 µg/m ³ (tolueno)
E14 ⁽³⁰⁾	determinar os componentes dos gases e as respectivas concentrações provenientes da fumaça do BE	mamoplastias/ tempo cirúrgico não relatado	tipo de coletor não relatado/ espectrômetro a laser	concentração máxima de COV encontrada: 17 ppm (tolueno)

Tratando-se da composição da fumaça do BE, os estudos foram agrupados em três categorias, a saber: HPA, compostos voláteis e COV. O Quadro 4 apresenta esse

agrupamento, sendo que os estudos E1 e E2 foram agrupados na primeira categoria; o estudo E3 na segunda categoria; e os estudos E4 a E14 na terceira categoria.

Quadro 4 – Síntese dos estudos primários segundo categoria e compostos encontrados na fumaça do BE (2004-2014) - Londrina, PR, Brasil, 2015.

Estudo	Categoria	Compostos encontrados na fumaça do BE
E1 ⁽³⁾ e E2 ⁽²⁰⁾	Primeira	HPA
E3 ⁽⁵⁾	Segunda	compostos voláteis
E4 ⁽²¹⁾ , E5 ⁽⁴⁾ , E6 ⁽²²⁾ , E7 ⁽²³⁾ , E8 ⁽²⁴⁾ , E9 ⁽²⁵⁾ , E10 ⁽²⁶⁾ , E11 ⁽²⁷⁾ , E12 ⁽²⁸⁾ , E13 ⁽²⁹⁾ e E14 ⁽³⁰⁾	Terceira	COV

DISCUSSÃO

Os resultados desta revisão integrativa da literatura indicam que houve um aumento considerado ainda pequeno nas produções científicas sobre a composição da fumaça do BE e seus efeitos sobre a saúde do trabalhador. Além disso, todos os estudos foram produções internacionais, ou seja, não há ainda investigações sobre esta temática no contexto brasileiro.

Os compostos identificados na primeira categoria referem-se aos HPA, os quais foram identificados nos estudos E1⁽³⁾ e E2⁽²⁰⁾. O HPA é uma classe ampla de compostos e centenas de substâncias químicas que podem ser liberadas pela combustão incompleta do carvão, petróleo, gás, lixo ou pirólise de substâncias orgânicas como o tabaco. Estes compostos orgânicos contêm dois ou mais anéis aromáticos formados por átomos de carbono (C) e hidrogênio (H)^(7,31). Também tem sido relatado que a fumaça do BE contém HPA entre as substâncias e gases tóxicos que são gerados pelo seu uso⁽⁸⁾.

Os compostos químicos HPA podem ser prejudiciais à saúde, pois possuem elevado potencial cancerígeno, além de causarem efeitos na pele, no fígado e sistema imunológico^(7,31). Diversos compostos, incluindo o benzo[a]antraceno, benzo[a]pireno, benzo[b]fluoranteno, benzo[j]fluoranteno, benzo[k]fluoranteno, criseno, dibenzo[a,h]antraceno e indeno[1,2,3-c,d]pireno têm causado tumores em animais ao serem inalados ou durante o contato com a pele. Podem também desenvolver câncer em seres humanos⁽³²⁾.

No estudo E1⁽³⁾, durante as cirurgias de mastectomias, foram coletadas 10 amostras da fumaça. Nestas amostras foram identificados em maior quantidade no estado volátil o naftaleno (1055 ng/m³ ou 0,001055 mg/m³)⁽³⁾. Seus níveis não ultrapassaram os níveis recomendados por

agências internacionais, as quais recomendam o limite de até 50 mg/m³⁽³³⁻³⁴⁾.

No estudo E2 foram identificados e quantificados 16 diferentes tipos de HPA durante 40 cirurgias de peritonectomia⁽²⁰⁾. O naftaleno, assim como no estudo E1⁽³⁾, foi o mais abundante, apresentando valor médio máximo de 178.66 ng/m³⁽²⁰⁾. Seus níveis também não ultrapassaram os níveis recomendados por agência internacional⁽³⁴⁾.

Isto nos remete a reflexões preocupantes caso as exposições ocorram em maior quantidade e em período maior de tempo, já que agência internacional⁽³⁴⁾ não determina o tempo de exposição dos trabalhadores frente ao naftaleno. Além disso, é importante atentar para a presença deste composto químico, pois agência internacional classifica o naftaleno como possível cancerígeno humano⁽³⁵⁾.

Com relação à segunda categoria, incluiu-se apenas o estudo E3⁽⁵⁾. Neste estudo foram encontrados diversos compostos voláteis na fumaça do BE durante cirurgias de ressecção colorretal laparoscópica⁽⁵⁾. Dentre eles, estão o metano, etano, etileno, fluoreto de hidrogênio, traços de monóxido de carbono e o anestésico sevoflurano, sendo que este anestésico apresentou a concentração média (110 ppm) mais abundante dentre todos os compostos mencionados⁽⁵⁾, ultrapassando os limites permitidos de 2 ppm⁽³⁶⁾.

Um estudo realizado em ratos constatou que a exposição a longo prazo ao anestésico volátil sevoflurano afeta a fertilidade⁽³⁷⁾. Enfatiza-se que os efeitos da exposição a longo prazo deste anestésico em seres humanos ainda são desconhecidos⁽⁵⁾.

Nos estudos da terceira categoria, E4 a E14^(4,21-30), diversos gases foram identificados, entretanto os COV foram os compostos químicos que estavam presentes na

totalidade dos artigos. Portanto, os COV predominantes identificados e quantificados foram: benzeno^(4,21-22,28), etilbenzeno^(4,21,26,28-29), tolueno^(4,21-23,26,28-30), estireno^(4,21,26,28) e butadieno^(22,24-25,27,30).

Esta diversidade de compostos pode ser justificada pelos diferentes tipos de cirurgias em que foram coletadas as amostras das fumaças, índice de massa corporal dos diferentes pacientes, duração e energia do uso do BE, fatores estes que podem alterar a produção dos compostos^(23,26), aumentando ainda mais o risco de exposição ocupacional, uma vez que, diariamente o trabalhador pode atuar em várias salas cirúrgicas e em diferentes procedimentos cirúrgicos. O uso de medicamentos, como a aspirina, pelos pacientes e pelos trabalhadores envolvidos no ato cirúrgico é um fator que pode também influenciar no efeito dos COV, como o tolueno, ao organismo humano⁽³⁸⁾.

O benzeno, altamente perigoso para a saúde do trabalhador, é considerado como um mielotóxico regular, leucemogênico, neurotóxico, cancerígeno e mutagênico, mesmo que em baixas concentrações. As exposições ocupacionais repetidas e prolongadas podem ocasionar o benzenismo e desencadear diversas complicações, incluindo irritação das mucosas oculares e respiratórias, edema pulmonar, alterações hematológicas, alterações cromossômicas em linfócitos e células da medula óssea, efeitos tóxicos para o sistema nervoso central, causando, de acordo com a quantidade absorvida, sonolência, cefaleias, taquicardia, convulsões, perda da consciência e morte⁽³⁹⁾.

O composto benzeno também pode desencadear doenças onco-hematológicas como linfoma não Hodgkin⁽³⁹⁾, sendo classificado por agência internacional como substância química com evidências suficientes de seu efeito cancerígeno em seres humanos⁽⁴⁰⁾.

O etilbenzeno, outro COV identificado nos estudos primários desta revisão integrativa, quando presente em níveis elevados, mesmo que em períodos curtos, pode causar tontura e irritação na garganta e nos olhos, além de vertigem⁽⁴¹⁾. De acordo com agência internacional, este composto foi classificado como possível cancerígeno humano⁽⁴⁰⁾.

O tolueno, também presente na fumaça do BE, é capaz de afetar o sistema cardiovascular e o sistema nervoso. Em baixa a moderada quantidade, a exposição ocupacional pode causar cansaço, confusão mental, perda de memória, náuseas, falta de apetite. Estes sintomas, geralmente, cessam quando a exposição é interrompida⁽³⁸⁾.

Quando a exposição ocupacional diária de tolueno ocorrer em longo prazo, pode provocar a perda da audição, visão, controle muscular e equilíbrio, além de tontura e inconsciência. Se a exposição a este composto não for interrompida, pode ocasionar danos permanentes ao cérebro e até a morte. A combinação da exposição ao tolueno e a ingestão de álcool podem afetar o fígado, além de que combinar este composto e medicamentos como aspirina e paracetamol podem aumentar os efeitos do composto sobre a audição⁽³⁸⁾. Em contrapartida, não há evidências publicadas sobre o efeito cancerígeno do tolueno^(38,40).

Com relação ao estireno, foi classificado como um possível cancerígeno humano⁽⁴⁰⁾. A inalação de níveis elevados

deste composto pode provocar efeitos no sistema nervoso, incluindo alterações nas cores da visão, cansaço, diminuição do tempo de reação, problemas de concentração ou de equilíbrio⁽⁴²⁾.

O butadieno ou 1,3-butadieno, outro COV encontrado nos estudos da terceira categoria, é um gás altamente inflamável e como é mais pesado que o ar pode se acumular em ambientes fechados e mal ventilados⁽⁴³⁾, como é o caso do centro cirúrgico.

Nos seres humanos, a inalação de concentrações muito elevadas de 1,3-butadieno pode resultar em efeitos sobre o sistema nervoso central, incluindo cefaleia, sonolência, ataxia, perda de consciência, coma, depressão respiratória e morte⁽⁴³⁾. Além disso, foi classificado como um composto cancerígeno para os seres humanos⁽⁴⁰⁾.

Em relação aos níveis aceitáveis dos COV, recomenda-se que a inalação aguda (curto período de tempo) para o benzeno seja de até 0,09 ppm; 5 ppm de etilbenzeno; 1 ppm de tolueno; 5 ppm de estireno⁽⁴⁴⁾; e 1ppm de butadieno ou 1,3-butadieno⁽⁴⁵⁾.

Segundo agência internacional, os níveis aceitáveis dos COV são dados em ppm, assim, ao comparar os valores limites ocupacionais com os resultados em ppm da terceira categoria desta revisão, constatou-se alteração nos valores, incluindo os estudos E4⁽²¹⁾ e E14⁽³⁰⁾.

No estudo E4⁽²¹⁾, em cirurgias intra-abdominais laparoscópicas, os níveis dos compostos benzeno e tolueno ultrapassaram os limites permitidos. Os níveis máximos de tolueno encontrados foram de 9,652 ppm⁽²¹⁾, sendo que o limite é de 1 ppm⁽⁴⁴⁾. Os valores de tolueno encontrados apresentaram-se maiores na fumaça do BE quando comparados com a fumaça do cigarro e o ar de uma cidade urbana⁽²¹⁾.

Complementando, no estudo E14⁽³⁰⁾ da terceira categoria, durante mamoplastias, foram encontradas concentrações de 1,5 ppm para o 1,3-butadieno e 17 ppm de tolueno⁽³⁰⁾. Estes níveis estavam acima do permitido, sendo recomendado 1 ppm para estes dois compostos⁽⁴⁴⁻⁴⁵⁾.

Os efeitos tóxicos dos compostos químicos mencionados nesta revisão integrativa remetem a reflexões e preocupações em relação aos trabalhadores do centro cirúrgico, incluindo as equipes de enfermagem, cirúrgica e anestésica, as quais estão constantemente expostas à fumaça do BE em seu ambiente laboral, tendo como risco o desenvolvimento de sintomas respiratórios, cânceres diversos, mutação genética, bem como depressão do sistema nervoso central. Ainda têm os efeitos que não foram identificados no ser humano, mas comprovados em experimentos com animais^(38-39,41-43).

Cabe ressaltar que a quantidade de compostos gerados pelo uso do BE aumenta significativamente, pois dentro de cinco minutos do início da utilização deste equipamento a quantidade de partículas na sala cirúrgica aumenta de aproximadamente 60.000 partículas/m³ para mais de 1 milhão partículas/m³⁽⁴⁶⁾. Outro estudo mostrou que a cauterização de 1 g de tecido libera o mesmo grau de toxinas mutagênicas como se a pessoa fumasse três a seis cigarros por dia⁽⁶⁾, aumentando ainda mais o risco em trabalhadores fumantes.

Portanto, como forma de proteger o trabalhador da equipe operatória frente à inalação da fumaça faz-se necessária

a instalação de ventiladores e exaustores adequados às salas operatórias⁽⁹⁻¹⁰⁾. Estes sistemas de extração do ar podem reduzir o número de germes, partículas, bem como o calor gerado e quaisquer substâncias perigosas emitidas⁽²⁾. Além disso, tem-se a utilização do equipamento de proteção respiratória, máscara N-95, a qual é capaz de proteger o trabalhador e filtrar em pelo menos 95% os microrganismos na forma de aerossóis, além de partículas não biológicas, como a fumaça gerada pelo uso do BE⁽¹⁰⁾.

Portanto, a partir da análise crítica dos estudos e reconhecendo que os compostos químicos presentes na fumaça do BE são prejudiciais à saúde dos trabalhadores expostos a este risco, sugere-se que sejam realizadas pesquisas experimentais para identificar a causa e o efeito no desenvolvimento de doenças ocupacionais, bem como a realização de protocolos a fim de subsidiar melhorias nas condições laborais na perspectiva e realidade brasileira. E também alertar os trabalhadores de saúde, bem como os gestores sobre os riscos que a equipe intraoperatória está exposta.

Embora o objetivo desta revisão tenha sido alcançado, a mesma apresenta limitações, pois os estudos encontrados

não apresentaram metodologias caracterizadas pelos níveis de evidência científica 2, 3 e 4, apenas o nível 6.

CONCLUSÃO

A partir dos estudos analisados pode-se afirmar que na fumaça do BE há presença de HPA, compostos voláteis diversos e COV, tanto em níveis ocupacionais aceitáveis como em níveis elevados e nocivos aos trabalhadores da equipe cirúrgica. Pode-se concluir ainda que há evidências científicas de que a fumaça gerada pelo uso do BE e a sua inalação constituem-se em riscos químicos potenciais à saúde dos trabalhadores que estão envolvidos no ato cirúrgico, devido à presença de compostos químicos tóxicos presentes nesta fumaça.

Ressalta-se que existe uma lacuna de estudos brasileiros sobre a fumaça produzida pelo BE, permitindo inferir que não há protocolos nacionais aos trabalhadores sobre a prevenção dos riscos e malefícios que podem ser provocados pela fumaça gerada pelo uso do BE. Gestores e trabalhadores de saúde precisam estar atentos sobre este risco ocupacional, bem como para as medidas de prevenção essenciais para a saúde do trabalhador da equipe intraoperatória.

RESUMO

Objetivo: Identificar a composição da fumaça produzida pelo uso do bisturi elétrico durante o ato cirúrgico. **Método:** Revisão integrativa na qual a busca dos estudos primários foi realizada nas bases de dados US National Library of Medicine National Institutes of Health, Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature e Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde, abrangendo estudos publicados entre 2004 e 2014. **Resultados:** A amostra final foi composta por 14 estudos, agrupados em três categorias, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, compostos voláteis e compostos orgânicos voláteis. **Conclusão:** Há evidências científicas de que a fumaça do bisturi elétrico possui compostos voláteis tóxicos, cancerígenos e mutagênicos, e sua inalação constitui-se em riscos químicos potenciais à saúde dos trabalhadores que estão envolvidos no ato cirúrgico.

DESCRIPTORIOS

Exposição Ocupacional; Riscos Ocupacionais; Saúde do Trabalhador; Eletrocirurgia; Fumaça; Revisão.

RESUMEN

Objetivo: Identificar la composición del humo producido por el empleo del bisturí eléctrico durante el acto quirúrgico. **Método:** Revisión integradora en la que la búsqueda de los estudios primarios fue llevada a cabo en las bases de datos US National Library of Medicine National Institutes of Health, Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature y Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud, abarcando estudios publicados entre 2004 y 2014. **Resultados:** La muestra estuvo compuesta de 14 estudios, agrupados en tres categorías: hidrocarburos policíclicos aromáticos, compuestos volátiles y compuestos orgánicos volátiles. **Conclusión:** Hay evidencias científicas de que el humo del bisturí eléctrico tiene compuestos volátiles tóxicos, cancerígenos y mutagênicos, y su inhalación se constituye en riesgos químicos potenciales a la salud de los trabajadores que están involucrados en el acto quirúrgico.

DESCRIPTORES

Exposición Profesional; Riesgos Laborales; Salud Laboral; Electrocirugía; Humo; Revisión.

REFERÊNCIAS

1. Navarro-Meza MC, González-Baltazar R, Aldrete-Rodríguez MG, Carmona-Navarro DH, López-Cardona MG. Síntomas respiratorios causados por el uso del electrocauterio en médicos en formación quirúrgica de un hospital de México. *Rev Peru Med Exp Salud Pública*. 2013;30(1):41-4.
2. Eickmann IU, Falcy M, Fokuhl I, Rügger M, Bloch M, Merz B; International Social Security. International Section of the ISSA on Prevention of Occupational Risks in Health Services. Surgical smoke: risks and preventive measures. Geneva: ISSA; 2012.
3. Tseng HS, Liu SP, Uang SN, Yang LR, Lee SC, Liu YJ, et al. Cancer risk of incremental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in electrocautery smoke for mastectomy personnel. *World J Surg Oncol*. 2014;12:31.
4. Choi SH, Kwon TG, Chung SK, Kim TH. Surgical smoke may be a biohazard to surgeons performing laparoscopic surgery. *Surg Endosc*. 2014;28(8):2374-80.
5. Gianella M, Hahnloser D, Rey JM, Sigrist MW. Quantitative chemical analysis of surgical smoke generated during laparoscopic surgery with a vessel-sealing device. *Surg Innov*. 2014;21(2):170-9.

6. Tomita Y, Mihashi S, Nagata K, Ueda S, Fujiki M, Hirano M, et al. Mutagenicity of smoke condensates induced by CO₂-laser irradiation and electrocauterization. *Mutat Res.* 1981;89(2):145-9.
7. United States of America. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) [Internet]. Atlanta; 2011 [cited 2014 July 2]. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=25>
8. United States of America. United States Departmente of Labor, Ocupacional Safety & Health Administration. Laser/electrosurgery plume [Internet]. Washington: OSHA; 2008 [cited 2014 Aug. 4]. Available from: <https://www.osha.gov/SLTC/laserelectrosurgeryplume/>
9. Association of Perioperative Registered Nurses. Recommended Practices Committee. Recommended practices for electrosurgery. *AORN J.* 2005;81(3):616-8, 621-6, 629-32.
10. Association of Perioperative Registered Nurses. RP Summary: recommended practices for electrosurgery. *AORN J.* 2012;95(3):388-90.
11. Brasil. Ministério da Saúde; Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Cartilha de proteção respiratória contra agentes biológicos para trabalhadores de saúde [Internet]. Brasília: ANVISA; 2009 [citado 2014 out. 2]. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/48b0da00474588939240d63fbc4c6735/tecnovigilancia_cartilha_protecao_respiratoria.pdf?MOD=AJPERES
12. Bałazy A, Toivola M, Adhikari A, Sivasubramani SK, Reponen T, Grinshpun SA. Do N95 respirators provide 95% protection level against airborne viruses, and how adequate are surgical masks? *Am J Infect Control.* 2006;34(2):51-7.
13. Benson SM, Novak DA, Ogg MJ. Proper use of surgical N95 respirators and surgical masks in the OR. *AORN J.* 2013;97(4):457-67.
14. Ball K. Surgical smoke evacuation guidelines: compliance among perioperative nurses. *AORN J.* 2010;92(2):1-23.
15. Bibb SC, Wanzer LJ. Determining the evidence in the perioperative environment: standardizing research process tools for conducting the integrative literature review. *Perioper Nurs Clin.* 2008;3(1):1-17.
16. Galvão CM, Mendes KDS, Silveira RCCP. Revisão integrativa: método de revisão para sintetizar as evidências disponíveis na literatura. In: Brevidegli MM, Sertório SCM. Trabalho de conclusão de curso: guia prático para docentes e alunos da área da saúde. São Paulo: Látrica; 2010. p. 105-26.
17. Melnyk BM, Fineout-Overholt E. Evidence-based practice in nursing & healthcare: a guide to best practice. Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins; 2005. Making the case for evidence-based practice; p. 3-24.
18. Ursi ES, Galvão CM. Prevenção de lesões de pele no perioperatório: revisão integrativa da literatura. *Rev Lat Am Enfermagem.* 2006;14(1):124-31.
19. Hulley SB, Cummings SR, Browner WS, Grady DG, Newman TB. Delineando a pesquisa clínica: uma abordagem epidemiológica. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2008.
20. Andréasson SN, Mahteme H, Sahlberg B, Anundi H. Polycyclic aromatic hydrocarbons in electrocauterismoke during peritonectomy procedures. *J Environ Public Health.* 2012;2012:929053.
21. Fitzgerald JE, Malik M, Ahmed I. A single-blind controlled study of electrocautery and ultrasonic scalpel smoke plumes in laparoscopic surgery. *Surg Endosc.* 2012;26(2):337-42.
22. Zhao C, Kim MK, Kim HJ, Lee SK, Chung YJ, Park JK. Comparative safety analysis of surgical smoke from transurethral resection of the bladder tumors and transurethral resection of the prostate. *Urology.* 2013;82(3):744.e9-744.e14.
23. Lin YW, Fan SZ, Chang KH, Huang CS, Tang CS. A novel inspection protocol to detect volatile compounds in breast surgery electrocautery smoke. *J Formos Med Assoc.* 2010;109(7):511-6.
24. Moot AR, Ledingham KM, Wilson PF, Senthilmohan ST, Lewis DR, Roake J, et al. Composition of volatile organic compounds in diathermy plume as detected by selected ion flow tube mass spectrometry. *ANZ J Surg.* 2007;77(1-2):20-3.
25. Park SC, Lee SK, Han SH, Chung YJ, Park JK. Comparison of harmful gases produced during GreenLight High-Performance System laser prostatectomy and transurethral resection of the prostate. *Urology.* 2012;79(5):1118-24.
26. Wu YC, Tang CS, Huang HY, Liu CH, Chen YL, Chen DR, et al. Chemical production in electrocautery smoke by a novel predictive model. *Eur Surg Res.* 2011;46(2):102-7.
27. Chung YJ, Lee SK, Han SH, Zhao C, Kim MK, Park SC, et al. Harmful gases including carcinogens produced during transurethral resection of the prostate and vaporization. *Int J Urol.* 2010;17(11):944-9.
28. Weston R, Stephenson RN, Kutarski PW, Parr NJ. Chemical composition of gases surgeons are exposed to during endoscopic urological resections. *Urology.* 2009;74(5):1152-4.
29. Al Sahaf OS, Vega-Carrascal I, Cunningham FO, McGrath JP, Bloomfield FJ. Chemical composition of smoke produced by high-frequency electrosurgery. *Ir J Med Sci.* 2007;176(3):229-32.
30. Hollmann R, Hort CE, Kammer E, Naegele M, Sigrist MW, Meuli-Simmen C. Smoke in the operating theater: an unregarded source of danger. *Plast Reconstr Surg.* 2004;114(2):458-63.
31. World Health Organization. International Programme on Chemical Safety. Selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons. Geneva: WHO; 1988.
32. United States of America. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) [Internet]. Atlanta; 1995 [cited 2014 July 2]. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.pdf>
33. United States of America. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Case studies in environmental medicine. toxicity of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) [Internet]. Atlanta; 2009 [cited 2014 July 03]. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.pdf>

34. United States of America. Department of Labor. Occupational Safety & Health Administration. Chemical Sampling Information. Naphthalene [Internet]. Washington: OSHA; 2012 [cited 2014 Sept. 31]. Available from: https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_255800.html
35. World Health Organization; International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans [Internet]. Lyon: IARC Press; 2002 [cited 2014 Sept. 31]. Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol82/mono82.pdf>
36. Center for Disease Control and Prevention; National Institute for Occupational Safety and Health. Criteria for a Recommended Standard. Occupational exposure to waste anesthetic gases and vapors [Internet]. Washington: NIOSH; 1977 [cited 2014 Oct 02]. Available from: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/1970/77-140.html>
37. Ceyhan A, Cincik M, Bedir S, Ustun H, Dagli G, Kalender H. Effects of exposure to new inhalational anesthetics on spermatogenesis and sperm morphology in rabbits. *Arch Androl.* 2005;51(4):305-15.
38. United States of America. Department of Health and Human Services; Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for toluene [Internet]. Atlanta: US Department of Health and Human Services; 2000 [cited 2014 Oct 3]. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp56.pdf>
39. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria n. 776, de 28 de abril de 2004. Dispõe sobre a regulamentação dos procedimentos relativos à vigilância da saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno, e dá outras providências [Internet]. Brasília; 2004 [citado 2014 out. 03]. Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-776.htm>
40. World Health Organization; International Agency for Research on Cancer. Agents classified by the IARC monographs [Internet]. Lyon: IARC; 2014 [cited 2014 Oct 06]. Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsGroupOrder.pdf>
41. United States of America. Department of Health and Human Services; Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for ethylbenzene (Draft for Public Comment) [Internet]. Atlanta; 2010 [cited 2014 Oct. 10]. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=383&tid=66>
42. United States of America. Department of Health and Human Services; Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for styrene [Internet]. Atlanta; 2010 [cited 2014 Oct. 5]. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp53.pdf>
43. United States of America. Department of Health and Human Services; Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for 1,3-Butadiene [Internet]. Atlanta; 2012 [cited 2014 Oct 06]. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=459&tid=81>
44. United States of America. Department of Health and Human Services; Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Minimal Risk Levels (MRLs) list [Internet]. Atlanta; 2013 [cited 2014 Oct 16]. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/mrlolist.asp#29tag>
45. United States of America. Department of Labor; Occupational Safety & Health Administration. Chemical Sampling Information. Butadiene [Internet]. Washington: OSHA; 2012 [cited 2014 Nov. 02]. Available from: https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_222100.html
46. Brandon HJ, Young VL. Characterization and removal of electrosurgical smoke. *Surg Serv Manag.* 1997;3(3):14-16.