

# Análise, mediante cromatografia/espectrometria de massas, da fumaça gerada por eletrocautério

## *Analysis of electrocautery generated smoke by chromatographic-mass spectrometry*

JEFFERSON KALIL<sup>1</sup>; FRANCISCO B. T. PESSINE<sup>2</sup>; CARLOS H. V. FIDELIS<sup>2</sup>; FABIO H. MENEZES<sup>3</sup>; PAULO CESAR RODRIGUES PALMA, TCBC-SP<sup>3</sup>.

### R E S U M O

**Objetivo:** analisar quimicamente os componentes da fumaça do eletrocautério, provenientes da coagulação de tecidos, muscular e hepático de suino. **Métodos:** coleta de fumaça produzida por eletrocauterização de tecido porcino em frascos previamente evacuados com análise qualitativa e quantitativa dos compostos presentes, através de técnica hifenada, cromatografia a gás/espectrometria de massas. **Resultados:** houve presença majoritária do aldeído decanal nas fumaças provenientes dos tecidos subcutâneo, muscular e hepático. Fumaças dos tecidos subcutâneo e muscular mostraram também a presença de hexanal e fenol. Nas fumaças dos tecidos subcutâneo e hepático foram encontrados ainda tolueno e limoneno e, por fim, nonanal estava presente nas fumaças dos tecidos muscular e hepático. **Conclusão:** há número crescente de evidências mostrando que fumaça proveniente de eletrocauterização de tecidos subcutâneo, muscular e hepático é nociva à saúde de seres humanos. Portanto, há necessidade de reduzir a exposição a ela ou usar máscara com filtro capaz de reter essas partículas.

**Descritores:** Fumaça. Tecido Subcutâneo. Espectrometria de Massas. Cromatografia Gasosa. Aldeídos.

### INTRODUÇÃO

Incisão cirúrgica, dissecação, coagulação e vaporização utilizando eletrocautério são amplamente utilizadas e reconhecidas como grande avanço na técnica cirúrgica moderna. Entretanto, essas técnicas intencionalmente destroem tecidos, criando vapores, popularmente conhecidos como fumaça cirúrgica (FC) ou do cautério<sup>1</sup>. Esta fumaça, com odor característico e constituída por partículas com tamanho micro e/ou submicro, difunde-se no ambiente, e é inalada por profissionais da equipe médica presentes em centros cirúrgicos. É produzida quando o calor atinge as células, rompe suas membranas e vaporiza seus constituintes, dispersando-os e gerando outras substâncias durante a combustão tecidual<sup>2</sup>.

Experimentos *in vitro* têm demonstrado os constituintes de fumaça, proveniente da ação do cautério sobre tecido celular subcutâneo e prostático, em procedimentos de mamoplastia, laparotomia exploradora e RTU de próstata<sup>3,4</sup>. É conhecido hoje que vários desses constituintes são tóxicos, mutagênicos, tal como os da fumaça de cigarro, sendo que a fumaça gerada por um grama de tecido destruído equivale a de seis cigarros sem filtro<sup>5</sup>.

Os constituintes presentes em maior quantidade na fumaça de tecido celular subcutâneo são os hidrocarbonetos e os compostos nitrogenados, sendo o cianeto de hidrogênio, formaldeído e benzeno os mais tóxicos<sup>5</sup>. O número, a proporção, a quantidade e a natureza das substâncias presentes na fumaça dependem do tecido, de sua condição e da área submetida ao tratamento com eletrocautério, da duração do procedimento, da potência elétrica e da técnica utilizada (incisão, coagulação, vaporização ou dissecação)<sup>6</sup>.

Apesar de haver número razoável de estudos que analisam esses constituintes, o tamanho e o formato das partículas presentes na fumaça, a interferência na visão do campo cirúrgico<sup>7</sup> e o uso de aspiradores de fumaça<sup>8</sup>, estas análises foram feitas apenas sobre o tecido subcutâneo. Todavia, o eletrocautério é amplamente usado em outros tecidos, como o muscular e o hepático, produzindo grande quantidade de fumaça. Desta forma, este estudo visa demonstrar comparativamente quais os compostos presentes na fumaça de três tecidos eletrocauterizados: subcutâneo, muscular e hepático, provenientes de porco.

1 - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil; 2 - Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil; 3 - Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

**Tabela 1.** Compostos presentes na amostra ar ambiente.

Substância	% (área)	Tempo de eluição (minuto)	Qualidade
dióxido de carbono	12,35	1,464	4
óxido de etileno	12,35	1,464	3
acetonitrila	12,71	1,719	7
etilamina	12,71	1,719	5
óxido de trimetilfosfina	30,75	2,956	9
dimetilsilanodiol	30,75	2,956	9
2 cloro 2 nitro propano	30,75	2,956	4
hexametilciclotrisiloxano	13,48	5,925	91

## MÉTODOS

O tecido utilizado para a pesquisa foi o do suíno da raça *Large-White*, o que mais se aproxima de tecido humano<sup>5</sup>. O animal utilizado teve seu uso aprovado para ensino e pesquisa, pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas.

A coleta foi realizada no Núcleo de Cirurgia Experimental da Universidade Estadual de Campinas, com tecidos frescos, utilizando eletrocautério monopolar com potência de 30w, durante o tempo suficiente para produzir fumaça.

As amostras foram coletadas em quatro ampolas, previamente evacuadas e hermeticamente fechadas. Uma das ampolas foi utilizada para coletar ar na sala operatória, antes do uso do cautério, servindo de controle. Em outras três ampolas foram coletadas fumaça proveniente do uso do cautério no modo coagulação puro, imediatamente ao local de sua produção, nos tecidos subcutâneo, muscular e hepático.

Essas ampolas foram feitas de vidro Pyrex, providas de torneira de alto vácuo de teflon, previamente evacuadas, com torneira tampa rosqueável contendo septo de silicone para introdução da agulha contendo a fibra absorvedora dos gases e em seguida introduzida no cromatógrafo, usando o hélio como gás de arraste. Antes da introdução das amostras foi feita o cromatograma/espectro de massas da referência (apenas a fibra) para verificar se os picos referentes às amostras eluídas do cromatógrafo não eram devidos à referência. Os cromatogramas/espectros de massa foram comparados com os cromatogramas/espectros de massa da biblioteca de amostras existentes no equipamento para identificar as substâncias responsáveis pelos picos cromatográficos e presentes nas amostras coletadas.

O equipamento usado na análise foi o Cromatógrafo a gás (Agilent modelo 7890A) acoplado ao Espectrômetro de massas (Agilent, modelo 5975C). A técnica empregada na amostragem foi *Solid Phase Micro Extraction* (SPME), usando uma agulha com fi-

**Tabela 2.** Compostos presentes na amostra tecido celular subcutâneo.

Substância	% (área)	Tempo de eluição (minuto)	Qualidade
tolueno	9,93	4,395	91
hexanal	0,85	5,251	90
1,3 dimetil benzeno	0,32	7,597	93
o-xileno	0,32	7,597	93
p-xileno	0,32	7,597	93
fenol	6,82	13,445	94
limoneno	0,64	15,992	90
dodecano	0,55	27,525	90
decanal	0,54	27,921	90

**Tabela 3.** Compostos presentes na amostra músculo.

Substância	% (área)	Tempo de eluição (minuto)	Qualidade
hexanal	2,97	5,238	91
tetracloroetileno	0,77	5,501	97
heptanal	2,57	9,064	95
fenol	2,48	13,479	95
octanal	6,10	14,581	90
nonanal	13,17	21,092	91
decanal	17,84	27,900	91

bra tripla SUPELCO, absorvedora dos gases: 50/30mm DVB/CAR/PDMS (polydimethylsiloxane), aquecida a 100°C, durante 40 minutos, para liberar os compostos adsorvidos.

Os dados foram tabulados e apresentados de forma qualitativa, não tendo sido realizado nenhum estudo estatístico.

## RESULTADOS

Os resultados obtidos na análise dos componentes de cada amostra estão nas tabelas 1, 2, 3 e 4, sendo, respectivamente, amostra controle do ar ambiente, tecido subcutâneo, músculo e fígado. Nas tabelas estão indicadas as substâncias químicas, a porcentagem de área do pico cromatográfico referente a cada composto, seu tempo de eluição (em minutos), e a qualidade. Este último parâmetro refere-se ao grau de similaridade entre a substância detectada e os compostos existentes no banco de dados do espectrômetro de massas.

Decanal foi encontrado nos três tecidos; as substâncias comuns às fumaças do tecido subcutâneo e músculo foram o hexanal e o fenol; os compostos comuns às fumaças do tecido subcutâneo e fígado foram o tolueno e o limoneno; e o composto comum às fumaças do músculo e do fígado foi o nonanal.

**Tabela 4.** Compostos presentes na amostra fígado.

Substância	% (área)	Tempo de eluição (minuto)	Qualidade
tolueno	21,75	2,906	95
d-limoneno	2,68	15,540	94
nonanal	3,04	20,877	86
decanal	1,43	27,822	86

## DISCUSSÃO

O hidrocarboneto aromático tolueno tem sido encontrado amplamente em fumaça de tecido subcutâneo<sup>3</sup>. Entretanto, não se tinha evidência na literatura de sua presença na fumaça do tecido hepático. Aldeídos também têm sido amplamente citados na literatura como presentes em fumaça de tecido subcutâneo e, conforme demonstrado neste estudo, não são restritos ao mesmo, estando também presentes na fumaça do músculo e fígado, nas formas de hexanal, nonanal e decanal. A presença de d-limoneno não foi relatada em outros estudos feitos com o tecido subcutâneo.

Wenig *et al.*<sup>9</sup> ao avaliar a exposição à fumaça do cauterio em ratos notou que eles ficaram lentificados durante o período de exposição, com retorno ao normal após período livre da exposição. Além disso, estes autores, ao analisarem os pulmões dos ratos verificaram que apresentavam hipertrofia dos vasos, congestão alveolar e alterações enfisematosas. Sustentaram a ideia de que essas alterações eram provenientes da exposição ao benzeno, formaldeído e acroleína, substâncias presentes nas fumaças de tecido subcutâneo, músculo e fígado.

A presença de compostos orgânicos voláteis nesta fumaça, como mencionado por Moot *et al.*<sup>10</sup>, apesar de ser em concentrações baixas, pode, cronicamente, significar os mesmos riscos à saúde de fumantes passivos.

Além disso, duas substâncias identificadas por esse grupo, o cianeto de hidrogênio e o butadieno, estão implicadas como cardiotoxíco e carcinógeno, respectivamente. Ainda mostraram que benzeno, butadieno e deceno são substâncias carcinogênicas<sup>10</sup>.

El Ghawabi *et al.*<sup>11</sup> e Chandra *et al.*<sup>12</sup> mostraram que a exposição crônica à pequenas concentrações de hidrocarbonetos – hexanal, heptanal, octanal, nonanal e decanal – causa cefaleia, fraqueza, alterações de tato e olfato, lacrimejamento, salivação, dor abdominal em cólica e instabilidade nervosa. Além disso, Blanc *et al.*<sup>13</sup> mostraram que hidrocarbonetos podem levar à deficiência de vitamina B12 e folato e aumento do hormônio estimulador da tireoide (TSH), levando ao bócio. Laugesen *et al.*<sup>14</sup>, numa revisão, mostraram que, na fumaça de cigarros, o butadieno correspondeu a 45% do risco de câncer, hidrocarbonetos corresponderam a 89% do risco de doença cardiovascular e acroleína (aldeído, tal como os demais encontrados nos três tecidos) correspondeu a 97% do risco de doença pulmonar.

Por fim, com o número crescente de evidências de que a fumaça produzida por eletrocautério quando utilizado em tecidos biológicos, tanto o tecido subcutâneo, músculo ou fígado, é nociva à saúde de seres humanos. Fica evidente a necessidade de reduzir essa exposição mediante aspiração dessa fumaça por meio de dispositivos apropriados ou usar instrumentos cirúrgicos que não geram calor, como alguns tipos de laser.

Por fim, com o número crescente de evidências de que a fumaça produzida por eletrocautério quando utilizado em tecidos biológicos, tanto o tecido subcutâneo, músculo ou fígado, é nociva à saúde de seres humanos. Fica evidente a necessidade de reduzir essa exposição mediante aspiração dessa fumaça por meio de dispositivos apropriados ou usar instrumentos cirúrgicos que não geram calor, como alguns tipos de laser.

## ABSTRACT

**Objective:** to analyze the chemical components of the smoke from electrocautery from coagulating muscle and liver tissues of pigs. **Methods:** we collected smoke produced by electrocautery applied to porcine tissue in previously evacuated bottles., with qualitative and quantitative analysis of the compounds present through the hyphenated technique gas chromatography / mass spectrometry. **Results:** there was a majority of decanal aldehyde in the fumes from the subcutaneous, muscle and liver tissues. Fumes of subcutaneous and muscular tissues also showed the presence of hexanal and phenol. In the fumes of subcutaneous and liver tissues we also found toluene and limonene and, finally, nonanal smoke was present in the muscle and liver tissues. **Conclusion:** there is increasing evidence showing that smoke from electrocautery used in subcutaneous, muscle and liver tissue is harmful to human health. Thus, there is need to reduce exposure to it or wear masks with filters capable of retaining these particles.

**Keywords:** Smoke. Subcutaneous Tissue. Mass Spectrometry. Chromatography, Gas. Aldehydes.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Dr. Henrique José Virgili Silveira pela contribuição durante o ato operatório experimental, e aos funcionários do Núcleo de Cirurgia Experimental.

## REFERÊNCIAS

1. Bigony L. Risks associated with exposure to surgical smoke plume: a review of the literature. *AORN J.* 2007;86(6):1013-20.
2. Lewin JM, Brauer JA, Ostad A. Surgical smoke and the dermatologist. *J Am Acad Dermatol.* 2011;65(3):636-41.
3. Mowbray N, Ansell J, Warren N, Wall P, Torkington J. Is surgical smoke harmful to theater staff? a systematic review. *Surg Endosc.* 2013;27(9):3100-7.
4. 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.
5. Hill DS, O'Neill JK, Powell RJ, Oliver DW. Surgical smoke – a health hazard in the operating theatre: a study to quantify exposure and a survey of the use of smoke extractor systems in UK plastic surgery units. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2012;65(7):911-6.
6. Waldron RP, Copeland GP, Murphy AF. Surgical diathermy: a potential hazard. *Br J Clin Pract.* 1984;38(7-8):283.
7. Weld KJ, Dryer S, Ames CD, Cho K, Hogan C, Lee M, et al. Analysis of surgical smoke produced by various energy-based instruments and effect on laparoscopic visibility. *J Endourol.* 2007;21(3):347-51.
8. Schultz L. An analysis of surgical smoke plume components, capture, and evacuation. *AORN J.* 2014;99(2):289-98.
9. Wenig BL, Stenson KM, Wenig BM, Tracey D. Effects of plume produced by the Nd:YAG laser and electrocautery on the respiratory system. *Lasers Surg Med.* 1993;13(2):242-5.

10. 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.
11. El Ghawabi SH, Gaafar MA, El-Saharti AA, Ahmed SH, Malash KK, Fares R. Chronic cyanide exposure: a clinical, radioisotope, and laboratory study. *Br J Ind Med.* 1975;32(3):215-9.
12. Chandra H, Gupta BN, Bhargava SK, Clerk SH, Mahendra PN. Chronic cyanide exposure--a biochemical and industrial hygiene study. *J Anal Toxicol.* 1980;4(4):161-5.
13. Blanc P, Hogan M, Mallin K, Hryhorczuk D, Hessl S, Bernard B. Cyanide intoxication among silver-reclaiming workers. *JAMA.* 1985;253(3):367-71.
14. Laugesen M, Fowles J. Scope for regulation of cigarette smoke toxicity according to brand differences in published toxicant emissions. *N Z Med J.* 2005;118(1213):U1401.

Recebido em: 29/11/2015

Aceito para publicação em: 28/03/2016

Conflito de interesse: nenhum.

Fonte de financiamento: nenhuma.

**Endereço para correspondência:**

Jefferson Kalil

E-mail: jeffkalil@terra.com.br