

Estado da publicação: O preprint não foi publicado em outro meio.

Lesões térmicas das vias biliares: mecanismos de dano e implicações cirúrgicas em modelo experimental

Mariana Cristina Gomes Morila, José Hugo Germano Silva, João Carlos Chiquetto-Filho, Seigo Nagashima, Allan Fernando Giovanini, Rafael Dib Possiedi, Fernando Issamu Tabushi, Sérgio Luiz Rocha

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.18239>

Submetido em: 2026-09-30

Postado em: 2026-10-05 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

A moderação deste preprint recebeu o(s) endosso(s) de:

- Osvaldo Malafaia (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1829-7071>)

LESÕES TÉRMICAS DAS VIAS BILIARES: MECANISMOS DE DANO E IMPLICAÇÕES CIRÚRGICAS EM MODELO EXPERIMENTAL

THERMAL LESIONS OF THE BILE DUCTS: DAMAGE MECHANISMS AND SURGICAL IMPLICATIONS IN AN EXPERIMENTAL MODEL

Mariana Cristina Gomes Morila¹, José Hugo Germano Silva¹, João Carlos Chiquetto Filho¹, Seigo Nagashima¹, Allan Fernando Giovanini², Rafael Dib Possiedi³, Fernando Issamu Tabushi^{2,4}, Sérgio Luiz Rocha¹

Afiliação dos autores: ¹Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, PR, Brasil; ²Faculdade Evangélica Mackenzie do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil; ³University of Toronto, Ross Tilley Burn Centre, Ontario, Canada, ⁴Universidade Federal do Paraná, Departamento de Anatomia, Curitiba, PR, Brasil.

ORCID

Mariana Cristina Gomes Morila –<https://orcid.org/0000-0001-7532-9300>

José Hugo Germano Silva - <https://orcid.org/0000-0002-6689-3169>

João Carlos Chiquetto Filho - <https://orcid.org/0009-0008-0529-8850>

Seigo Nagashima - <https://orcid.org/0000-0003-0069-3823>

Allan Fernando Giovanini - <https://orcid.org/0000-0002-1637-2955>

Rafael Dib Possiedi - <https://orcid.org/0000-0002-3678-7920>

Fernando Issamu Tabushi –<https://orcid.org/0000-0002-3150-2164>

Sérgio Luiz Rocha - <https://orcid.org/0000-0002-3455-3266>

Correspondência

Sergio Luiz Rocha

Email: sluizr@gmail.com

Conflito de interesse: Nenhum

Financiamento: Nenhum

Declaração de Disponibilidade de Dados

Este manuscrito é um artigo original e, portanto, não gerou dados primários. Todos os dados referenciados derivam exclusivamente de artigos previamente publicados e publicamente disponíveis em bancos de dados científicos, incluindo SciELO, PubMed, Scopus e Google Scholar. Nenhum conjunto de dados originais, planilhas experimentais, imagens de laboratório ou qualquer tipo de dado primário que precise de depósito em um repositório de acesso aberto foram produzidos. Para cumprir as diretrizes de Ciência Aberta dos Preprints do SciELO, declaramos que não há dados a serem disponibilizados além das próprias referências citadas, que são de acesso público. Assim, a pesquisa baseia-se inteiramente em informações secundárias obtidas da literatura científica já publicada e nos novos dados dessa pesquisa que podem ser compartilhados.

Declaração de uso de Inteligência Artificial

Durante a elaboração deste manuscrito, ferramentas baseadas em Inteligência Artificial (IA) foram utilizadas exclusivamente como suporte auxiliar para atividades

relacionadas à organização textual, revisão linguística, aprimoramento da clareza da redação e auxílio na estruturação do conteúdo.

Os autores declaram que a utilização dessas ferramentas não substituiu a análise crítica, a interpretação dos dados, a tomada de decisões científicas ou a responsabilidade pela integridade e pelo conteúdo final do trabalho. Todos os dados apresentados, análises realizadas, interpretações científicas e conclusões são de responsabilidade exclusiva dos autores.

Contribuição dos autores

Mariana Cristina Gomes Morila – Metodologia, Investigação, Redação (revisão e edição)

José Hugo Germano Silva - Metodologia, Investigação, Redação (revisão e edição)

João Carlos Chiquetto Filho - Metodologia, Investigação, Redação (Revisão e Edição)

Seigo Nagashima - Conceituação, Metodologia, Administração do Projeto

Allan Fernando Giovanini - Redação (esboço original)

Rafael Dib Possiedi - Redação (revisão e edição)

Fernando Issamu Tabushi – Conceituação, Metodologia, Administração do projeto

Sérgio Luiz Rocha - Conceituação, Metodologia, Administração do projeto, Supervisão

Mensagem Central

Os dispositivos de energia cirúrgica constituem importante fonte potencial de lesão térmica durante procedimentos cirúrgicos. As lesões das vias biliares podem evoluir com complicações, incluindo fístulas biliares e estenoses

Perspectiva

Avaliar alterações histológicas de espessura e comprimento de lesões térmicas provocadas experimentalmente por instrumento elétrico monopolar nas vias biliares de acordo com o tempo de aplicação é fator importante para o cirurgião que, às vezes, pode exagerar no procedimento de coagulação sem a devida necessidade coagulativa.

Editor responsável pela revisão:

Selma Maria Bezerra Jerônimo - <http://orcid.org/0000-0002-4784-9904>

RESUMO – Introdução: Os dispositivos de energia cirúrgica constituem importante fonte potencial de lesão térmica durante procedimentos cirúrgicos. As lesões das vias biliares podem evoluir com complicações, incluindo fístulas biliares e estenoses.

Objetivo: Avaliar alterações histológicas de espessura e comprimento de lesões térmicas provocadas experimentalmente por instrumento elétrico monopolar nas vias biliares de suínos, de acordo com o tempo de aplicação. **Método:** Foram utilizados 11 suínos, submetidos a lesões térmicas do ducto biliar comum por bisturi elétrico monopolar, com potência de 40 watts e aplicações de um, dois e três segundos. Foram coletadas 11 peças anatômicas, com três cortes histológicos correspondentes aos diferentes tempos de exposição. As lâminas foram coradas por hematoxilina e eosina e analisadas quanto à extensão longitudinal, espessura e alterações histológicas.

Resultados: Houve diferença estatisticamente significativa na espessura das lesões entre os grupos, com maior espessura após três segundos de exposição em comparação a um segundo. O comprimento das lesões também variou significativamente entre os grupos, com diferença significativa entre dois e três segundos. A análise histológica demonstrou necrose tecidual e deterioração celular

nas áreas submetidas à queimadura. **Conclusão:** A maior duração da aplicação do bisturi elétrico monopolar esteve associada à maior extensão das lesões térmicas nas vias biliares suínas, evidenciada por alterações de espessura, comprimento e dano celular.

PALAVRAS-CHAVE – Eletrocirurgia. Suínos. Queimaduras. Histologia. Cirurgia experimental.

ABSTRACT - Introduction: Surgical power devices are an important potential source of thermal injury during surgical procedures. Biliary tract injuries can evolve with complications, including biliary fistulas and strictures.

Objective: To evaluate histological changes in thickness and length of thermal lesions experimentally caused by a monopolar electric instrument in the bile ducts of pigs, according to the time of application.

Method: 11 pigs were subjected to thermal lesions of the common bile duct by a monopolar electric scalpel, with a power of 40 watts and applications of one, two and three seconds. 11 anatomical specimens were collected, with three histological sections corresponding to the different exposure times. The slides were stained with hematoxylin and eosin and analyzed for longitudinal extension, thickness and histological changes.

Results: There was a statistically significant difference in the thickness of the lesions between the groups, with greater thickness after three seconds of exposure compared to one second. The length of the lesions also varied significantly between the groups, with a significant difference between two and three seconds. Histological analysis showed tissue necrosis and cell deterioration in the areas submitted to the burn.

Conclusion: The longer duration of monopolar electric scalpel application was associated with a greater extent of thermal lesions in the porcine bile ducts, evidenced by changes in thickness, length, and cell damage.

INTRODUÇÃO

Os dispositivos de energia cirúrgica constituem importante fonte potencial de lesão térmica durante procedimentos cirúrgicos. Em análise de eventos adversos relacionados a esses dispositivos, as queimaduras térmicas representaram 63% das lesões, seguidas por hemorragia (17%), falha mecânica do dispositivo (12%) e incêndio (8%).¹ As lesões das vias biliares também podem evoluir com complicações, incluindo fístulas biliares e estenoses; as estenoses benignas podem estar relacionadas a lesões pós-operatórias das vias biliares.^{2,3}

Em estudo retrospectivo realizado por Linhares et al.², a maioria das lesões térmicas das vias biliares ocorreu durante colecistectomias por laparotomia. O prognóstico está diretamente relacionado ao intervalo entre a ocorrência da lesão e sua identificação e tratamento, sendo a reconstrução do trajeto biliar, com ou sem anastomose biliodigestiva, uma das principais estratégias terapêuticas.

Compreender os mecanismos envolvidos nas lesões térmicas das vias biliares permite relacionar suas causas às características e à evolução das lesões. O acompanhamento experimental das queimaduras ao longo do tempo também possibilita a identificação de alterações macroscópicas e microscópicas relacionadas à profundidade e à progressão do dano tecidual.⁴

Nesse contexto, estudar o efeito do tempo de aplicação do bisturi elétrico sobre a via biliar é relevante para compreender a progressão das lesões térmicas e suas consequências teciduais. Considerando a importância clínica das lesões térmicas das

vias biliares, torna-se fundamental compreender os mecanismos de produção das lesões térmicas e suas repercussões sobre a integridade dos tecidos.

O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações histológicas de espessura e comprimento de lesões térmicas provocadas experimentalmente com instrumento elétrico monopolar sobre as vias biliares de suínos conforme o tempo de aplicação.

MÉTODO

Este estudo experimental foi realizado no Laboratório de Técnica Operatória e Cirurgia Experimental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, após aprovação do protocolo pela Comissão de Ética no Uso de Animais da instituição (CEUA, protocolo nº 02260). O relato foi organizado considerando as recomendações das diretrizes ARRIVE 2.0 para estudos com animais.⁵

Foram utilizados 11 suínos, machos e fêmeas, com peso entre 18 e 22 kg, provenientes das aulas práticas da disciplina de Técnica Operatória e Cirurgia Experimental. Os animais foram selecionados de acordo com a disponibilidade e a adequação aos procedimentos propostos. Permaneceram em jejum por 12 horas antes da operação, com acesso livre à água, e apresentavam parâmetros vitais dentro dos valores de referência no momento do procedimento e da coleta, avaliados por médica veterinária anesthesiologista. Foram coletadas 11 peças anatômicas do ducto biliar comum.

Os procedimentos foram realizados após o término das atividades previstas na aula prática, incluindo anestesia geral, antissepsia da região abdominal, laparotomia mediana supra e infraumbilical e colecistectomia. Após este procedimento realizado sem uso de eletrocautério, o ducto biliar comum foi identificado e marcado com três pontos de algodão 2-0, separados por 3 cm, para delimitar as áreas destinadas à lesão térmica. A primeira marcação foi realizada com duas ligaduras para identificar a porção proximal da estrutura.

As lesões foram provocadas com pinça dissectora laparoscópica acoplada ao bisturi eletrônico WEM, modelo SS-200A, em conexão monopolar, com potência de 40 watts, no modo coagulação. A extremidade da pinça foi apoiada sobre a via biliar, de modo que a compressão fosse determinada exclusivamente pelo peso da própria pinça, sem manipulação adicional. Foram realizadas queimaduras com duração de um, dois e três segundos nas áreas previamente delimitadas, correspondendo aos grupos 1, 2 e 3, respectivamente.

Após a produção das lesões, as áreas afetadas foram identificadas e fotografadas. Os segmentos biliares previamente delimitados foram retirados cirurgicamente para análise da extensão da queimadura. Ao final dos procedimentos experimentais, os animais foram submetidos à eutanásia com dose letal de barbitúrico intravenoso, sob condução da médica veterinária.

As peças anatômicas foram secas em papel-filtro por 15 minutos, fotografadas e armazenadas em solução de formalina a 10% para preservação. Após a fixação, os segmentos foram seccionados, processados para inclusão, cortados em micrótomo e corados com hematoxilina e eosina. Cada lâmina continha três cortes histológicos correspondentes aos tempos de exposição de um, dois e três segundos.

As lâminas foram digitalizadas em scanner Axio Scan.Z1 (Zeiss, Jena, Alemanha). As imagens foram abertas no software ZEN 3.4 *blue edition* e convertidas para o formato JPEG. Em seguida, foram transferidas para o software IPWIN32, utilizado para mensuração da extensão da queimadura em profundidade e longitudinalidade, após calibração das medidas em micrômetros. Para determinação

da espessura e do comprimento de cada lesão, foram realizadas dez medições em cada extensão, calculando-se a média.

Análise estatística

Os dados foram organizados em planilha eletrônica e analisados no *software* Jamovi. Foi utilizado o teste de análise de variância de uma via para comparação entre os grupos, seguido de teste *post hoc* para identificar diferenças específicas entre os tempos de exposição.

RESULTADOS

A análise foi realizada com base nas 11 lâminas, cada uma contendo três cortes histológicos correspondentes às queimaduras de um, dois e três segundos produzidas pelo bisturi elétrico de 40 watts.

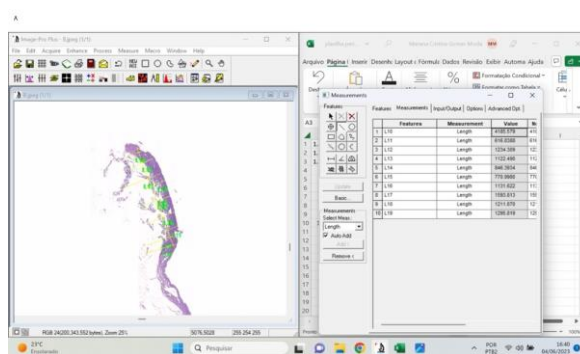


FIGURA 1 – Mensuração do comprimento e da espessura da lesão em lâmina histológica utilizando o *software* IPWIN32.

A análise digital permitiu a mensuração das extensões das lesões histológicas e a obtenção das medidas utilizadas nas análises estatísticas.

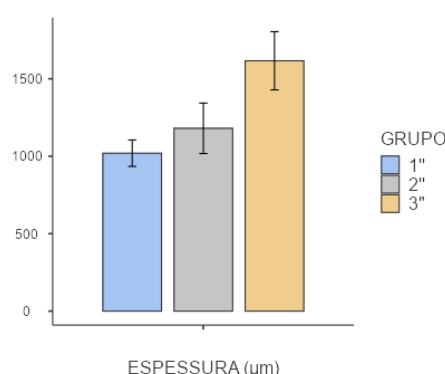


FIGURA 2 – Espessura das lesões, em micrômetros, conforme o tempo de exposição ao bisturi elétrico.

A análise de variância de uma via revelou diferença estatisticamente significativa na espessura das lesões ($p = 0,038$). Na comparação entre as lesões de um e três segundos, houve diferença significativa, com média de 597 µm a mais no grupo submetido ao maior tempo de queimadura ($p = 0,026$). Entre os grupos de um e dois

segundos, não houve diferença significativa ($p = 0,738$), assim como entre dois e três segundos.

As lesões do grupo de três segundos apresentaram a maior espessura média, seguidas pelas lesões de dois segundos e, por fim, pelas de um segundo.

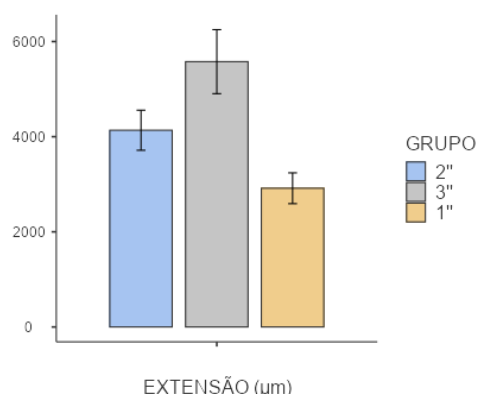


FIGURA 3 – Comprimento das lesões, em micrômetros, conforme o tempo de exposição ao bisturi elétrico.

Em relação ao comprimento, a análise de variância de uma via demonstrou diferença significativa entre os grupos ($F = 7,05$; $gl1 = 2$; $gl2 = 16,9$; $p = 0,006$). Na comparação entre as lesões de dois e três segundos, observou-se diferença significativa, com média de $2662 \mu m$ ($p = 0,002$). Não houve diferença significativa entre um e dois segundos ($p = 0,118$) nem entre um e três segundos.

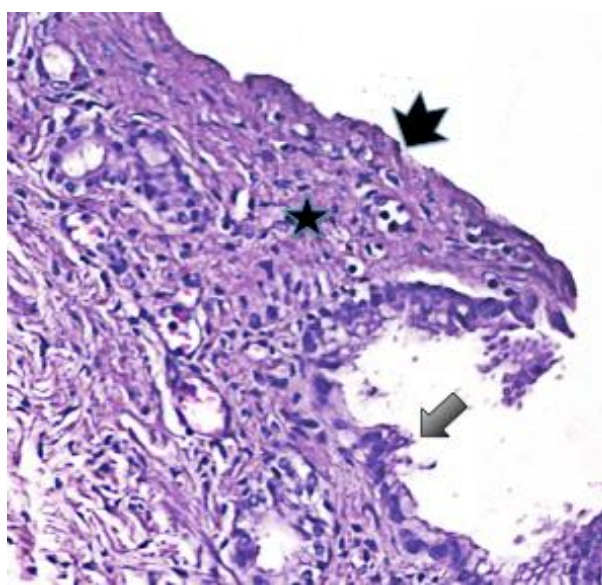


FIGURA 4 – Micrografia representativa do aspecto histológico da lesão térmica produzida na via biliar após 2 segundos de exposição.

Nota: Observa-se remanescente de tecido epitelial glandular dilatado, revestido por epitélio cilíndrico mucossecretor desorganizado (seta). Adjacente ao revestimento epitelial, identifica-se área de ulceração (seta chanfrada), sem evidência de exsudato fibrinoso, e área de fibrose cicatricial na lâmina própria (estrela). Coloração por hematoxilina e eosina (HE); magnificação original: $20\times$.

A análise histológica evidenciou áreas de necrose tecidual e fragmentos indicativos de deterioração celular. Nas áreas afetadas, foram observadas áreas de revestimento do tecido glandular mucossecretor remanescente, exibindo desorganização celular, contudo sem apresentar sem atipias. Adjacente ao epitélio glandular de revestimento observou-se áreas de úlcera, subjacente a qual, era notória a presença de fibrose cicatricial e degeneração na camada de músculo liso. Também foram observadas alterações na morfologia e no arranjo das estruturas glandulares. Não foi identificado infiltrado inflamatório significativo no momento da avaliação, realizada imediatamente após a produção da lesão.

DISCUSSÃO

Estima-se que aproximadamente 234,2 milhões de procedimentos cirúrgicos de grande porte sejam realizados anualmente em todo o mundo.⁶ A eletrocirurgia é amplamente utilizada nesses procedimentos, oferecendo vantagens relacionadas ao corte e à hemostasia. Entretanto, a utilização de dispositivos de energia também pode provocar lesões teciduais e outros eventos adversos.^{1,7}

A eletrocirurgia apresenta potencial significativo para causar dano térmico aos tecidos. Entre os mecanismos relacionados às lesões provocadas por eles estão o calor residual, o acoplamento direto, o acoplamento capacitivo e o acoplamento de antena.⁷

O dano térmico pode atingir estruturas adjacentes ao local de aplicação, tornando particularmente importante o controle da potência, do tempo de ativação e da proximidade do dispositivo em relação aos tecidos não alvo.

A extensão da propagação térmica varia de acordo com o instrumento utilizado, a potência empregada e o tempo de aplicação. Estudos experimentais demonstraram diferenças na disseminação térmica lateral entre a diatermia e dispositivos como o bisturi harmônico.^{8,9} Pogorelić et al.⁸ demonstraram, em modelo experimental com intestino delgado e parede abdominal de suínos, que a extensão do dano térmico associado ao bisturi harmônico varia conforme a potência e o tempo de aplicação.

Na comparação entre diatermia monopolar, bisturi harmônico e LigaSure, Družijanić et al.⁹ observaram maior dano térmico lateral associado à diatermia monopolar. O dano térmico lateral médio foi de 215,79 µm para a diatermia monopolar, enquanto o bisturi harmônico apresentou danos de 90,42 µm na potência de saída 3 e 127,48 µm na potência de saída 5. O LigaSure apresentou dano térmico lateral médio de 144,18 µm.

Essas diferenças apresentam relevância clínica, pois a disseminação do calor pode provocar lesões em estruturas adjacentes ao campo de aplicação. Dessa forma, a minimização do dano térmico aos tecidos circundantes constitui aspecto importante para a segurança da eletrocirurgia.^{7,9}

Além do tipo de instrumento e da configuração de potência, o tempo de aplicação da diatermia monopolar também influencia a propagação térmica. Sutton et al.¹⁰ demonstraram que, após cinco segundos de aplicação na configuração de maior potência, a temperatura média da ponta do instrumento atingiu 78,9 °C. Após 15 segundos de utilização, a temperatura da ponta permaneceu acima de 42 °C durante 55 segundos. Quando a diatermia monopolar foi utilizada durante dez segundos, com

potência de 40 W, foi registrada temperatura de 59,2 °C nos tecidos localizados a 1 cm da ponta do instrumento.

Os achados do presente estudo demonstraram os efeitos da eletrocauterização sobre a integridade tecidual por meio da indução de lesões térmicas nas vias biliares suínas. Com o aumento do tempo de utilização do eletrocautério observou-se aumento da extensão longitudinal e da espessura das lesões, além de alterações compatíveis com necrose e deterioração celular. Esses resultados são consistentes com estudos experimentais anteriores que demonstraram relação entre a intensidade da energia aplicada e o grau de lesão térmica tecidual.^{8,11}

Rossi et al.¹¹ utilizaram modelo *ex vivo* de veias safenas bovinas para avaliar os efeitos de um dispositivo experimental de eletrocauterização endovascular na indução de lesões térmicas. Diferentes intensidades de energia elétrica foram aplicadas ao modelo venoso, permitindo a avaliação macroscópica e microscópica das alterações produzidas. O dispositivo experimental foi capaz de provocar destruição das camadas íntimas da veia, e houve relação entre o aumento da energia elétrica aplicada e a intensidade das alterações celulares observadas.¹¹

Outro estudo experimental, conduzido por Nechay et al.¹², avaliou em tempo real a propagação térmica produzida durante a apendicectomia com energia monopolar. Os autores demonstraram que a propagação do calor excedeu 2 cm lateralmente ao longo do mesoapêndice quando o tempo de aplicação ultrapassou três segundos. Além disso, a propagação térmica através de estruturas tubulares esteve associada ao aumento da temperatura de uma alça intestinal adjacente e, em alguns animais, à ocorrência de perfuração e necrose.¹² Esses resultados reforçam a importância do controle do tempo de ativação dos dispositivos de energia.

Em relação à colecistectomia laparoscópica, Capelluto e Champault¹³ avaliaram as variações da temperatura intraperitoneal associadas a diferentes métodos de coagulação, demonstrando diferenças entre a coagulação monopolar, bipolar e ultrassônica. Esses resultados reforçam que o tipo de energia empregado durante o procedimento influencia a distribuição do calor nos tecidos.¹³

Os resultados do presente estudo devem ser interpretados considerando suas características experimentais. Embora os animais tenham permanecido vivos durante a realização do experimento, permitindo a manutenção da perfusão tecidual durante a indução das lesões, não foi possível realizar acompanhamento em médio e longo prazo após o procedimento. Em razão das normas vigentes e das diretrizes da disciplina de Técnica Operatória e Cirurgia Experimental da PUCPR onde foi realizado o evento, não foi possível manter os suínos vivos após o encerramento das atividades experimentais.

O estudo concentrou-se principalmente nas alterações de espessura e comprimento das lesões produzidas durante os primeiros segundos de aplicação do eletrocautério. Nesse período, não foram identificadas alterações histológicas significativas relacionadas à presença de infiltrado celular inflamatório ou alterações vasculares, tampouco foi possível avaliar longitudinalmente a hidratação tecidual.

Essa limitação é relevante porque a evolução histológica de uma queimadura depende do tempo transcorrido após a produção da lesão. Papp et al.⁴ desenvolveram um modelo experimental de queimaduras em suínos, produzindo lesões de diferentes profundidades e realizando acompanhamento histológico após 24 e 72 horas. Os autores demonstraram que diferentes tempos de contato produziram queimaduras superficiais, de espessura parcial e de espessura total, com progressão da profundidade da queimadura até 48 horas após a lesão.

Os achados do presente estudo, portanto, devem ser interpretados como avaliação inicial dos efeitos do tempo de aplicação do bisturi elétrico sobre a extensão das lesões térmicas das vias biliares. Apesar das limitações relacionadas ao período de acompanhamento, os resultados demonstram associação entre o tempo de aplicação do eletrocautério e a extensão das lesões produzidas nas vias biliares suínas. Esses dados contribuem para a compreensão dos efeitos temporais da eletrocirurgia sobre os tecidos e reforçam a importância do controle da duração da ativação dos dispositivos de energia durante os procedimentos cirúrgicos.

CONCLUSÃO

O aumento do tempo de aplicação do bisturi elétrico monopolar esteve associado à maior extensão das lesões térmicas produzidas experimentalmente nas vias biliares de suínos. Houve aumento da espessura das lesões, com diferença significativa entre um e três segundos, e diferença significativa no comprimento entre dois e três segundos. A análise histológica demonstrou necrose e deterioração celular nas áreas submetidas à queimadura. Esses resultados indicam que o tempo de exposição à energia monopolar é fator relevante para a extensão do dano térmico das vias biliares e reforçam a importância do controle do tempo de ativação durante procedimentos cirúrgicos.

REFERÊNCIAS

1. Overbey DM, Townsend NT, Chapman BC, Bennett DT, Foley LS, Rau AS, et al. Surgical energy-based device injuries and fatalities reported to the Food and Drug Administration. *J Am Coll Surg*. 2015;221(1):197-205.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2015.03.031> P
2. Linhares BL, Magalhães AG, Cardoso PMS, Linhares Filho JPP, Pinho JEB, Costa ML. Lesão iatrogênica de via biliar pós-colecistectomia. *Rev Col Bras Cir*. 2011;38(2):95-9. <https://doi.org/10.1590/S0100-69912011000200005>
3. Ma MX, Jayasekaran V, Chong AK. Benign biliary strictures: prevalence, impact, and management strategies. *Clin Exp Gastroenterol*. 2019;12:83-92. <https://doi.org/10.2147/CEG.S165016>
4. Papp A, Kiraly K, Härmä M, Lahtinen T, Uusaro A, Alhava E. The progression of burn depth in experimental burns: a histological and methodological study. *Burns*. 2004;30(7):684-90. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2004.03.021>
5. Percie du Sert N, Hurst V, Ahluwalia A, Alam S, Avey MT, Baker M, et al. The ARRIVE guidelines 2.0: updated guidelines for reporting animal research. *J Physiol*. 2020;598(18):3793-801. <https://doi.org/10.1113/JP280389>
6. Weiser TG, Regenbogen SE, Thompson KD, Haynes AB, Lipsitz SR, Berry WR, et al. An estimation of the global volume of surgery: a modelling strategy based on available data. *Lancet*. 2008;372(9633):139-44. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60878-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60878-8)
7. Jones DB, Brunt LM, Feldman LS, Mikami DJ, Robinson TN, Jones SB. Safe energy use in the operating room. *Curr Probl Surg*. 2015;52(11):447-68. <https://doi.org/10.1067/j.cpsurg.2015.08.004>
8. Pogorelić Z, Perko Z, Družijanić N, Tomić S, Mrklić I. How to prevent lateral thermal damage to tissue using the Harmonic Scalpel: experimental study on pig small intestine and abdominal wall. *Eur Surg Res*. 2009;43(2):235-40. <https://doi.org/10.1159/000226219>
9. Družijanić N, Pogorelić Z, Perko Z, Mrklić I, Tomić S. Comparison of lateral thermal damage of the human peritoneum using monopolar diathermy, Harmonic scalpel and LigaSure. *Can J Surg*. 2012;55(5):317-21. <https://doi.org/10.1503/cjs.000711>
10. Sutton PA, Awad S, Perkins AC, Lobo DN. Comparison of lateral thermal spread using monopolar and bipolar diathermy, the Harmonic Scalpel and the Ligasure. *Br J Surg*. 2010;97(3):428-33. <https://doi.org/10.1002/bjs.6901>
11. Rossi FH, Izukawa NM, Silva DG, Chen J, Prakasan AK, Zamorano MM, et al. Effects of electrocautery to provoke endovascular thermal injury. *Acta Cir Bras*. 2011;26(5):329-32. <https://doi.org/10.1590/S0102-86502011000500001>
12. Nechay TV, Titkova SM, Anurov MV, Mikhalchik EV, Melnikov-Makarchyk KY, Ivanova EA, et al. Thermal effects of monopolar electrosurgery detected by real-time infrared thermography: an experimental appendectomy study. *BMC Surg*. 2020;20(1):116. <https://doi.org/10.1186/s12893-020-00735-6>
13. Capelluto E, Champault G. Variations de la température intrapéritonéale au cours de la cholécystectomie laparoscopique. *Ann Chir*. 2000;125(3):259-62. [https://doi.org/10.1016/S0001-4001\(00\)00130-6](https://doi.org/10.1016/S0001-4001(00)00130-6)

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.