



REVISTA BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA

Publicação Oficial da Sociedade Brasileira de Anestesiologia
www.sba.com.br



ARTIGO DIVERSO

Queimaduras relacionadas à eletrocirurgia – Relato de dois casos



Flora Margarida Barra Bisinotto^{a,*}, Roberto Alexandre Dezena^b,
Laura Bisinotto Martins^c, Marina Cordeiro Galvão^d, José Martins Sobrinho^d
e Maida Silva Calçado^d

^a Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Disciplina de Anestesiologia, Uberaba, MG, Brasil

^b Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Disciplina de Neurocirurgia, Uberaba, MG, Brasil

^c Universidade de Ribeirão Preto (Unaerp), Ribeirão Preto, SP, Brasil

^d Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Hospital de Clínicas, CET/SBA, Uberaba, MG, Brasil

Recebido em 7 de agosto de 2015; aceito em 31 de agosto de 2015

Disponível na Internet em 17 de maio de 2016

PALAVRAS-CHAVE

Complicações:
queimadura;
Equipamento:
eletrocautério;
Cirurgia:
complicações

KEYWORDS

Complications: burn;
Equipment:
electrocautery;
Surgery:
complications

Resumo A eletrocirurgia é uma tecnologia que se desenvolveu muitos nos últimos anos e se tornou um instrumento de grande importância na cirurgia moderna. A maioria dos equipamentos é considerada segura, embora existam riscos relacionados ao seu uso. Várias lesões podem ser causadas por eletrocautérios, as queimaduras são as mais frequentes e temidas. Relatamos dois casos de queimaduras relacionadas ao uso do bisturi elétrico e promovemos uma revisão de literatura, pois o conhecimento dos fundamentos da eletrocirurgia, seu uso correto, a escolha de um equipamento seguro, o monitoramento constante e a investigação imediata diante de quaisquer suspeitas com certeza podem melhorar a experiência operacional para ambos, cirurgião e paciente.

© 2016 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Burns related to electrosurgery – Report of two cases

Abstract Electrosurgery is a technology developed over the last few years and has become a very important tool in modern surgery. Most of the equipment is considered safe, although there are risks related to its use. Several lesions may be caused by electrocautery, and burns are the most common and feared. We report two cases of burns related to use of electrocautery and promote a literature review, because knowledge of electrosurgery fundamentals, its correct

* Autor para correspondência.

E-mail: flora@mednet.com.br (F.M. Bisinotto).

use, the choice of a safety device, constant monitoring, and immediate investigation before any suspicions surely can improve the operational experience for both surgeon and patient.

© 2016 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

O fenômeno da eletricidade tem sido usado há muitos anos nas salas de cirurgias e o seu uso atual, durante o ato operatório, é uma característica intrínseca da cirurgia moderna. Historicamente, seu uso em medicina data de antes dos anos 1920, quando Bovie desenvolveu um instrumento extremamente moderno para a época, ajudou a trazê-lo para a vanguarda dos procedimentos operatórios e revolucionou a cirurgia.¹⁻³ Em termos práticos, a eletricidade em cirurgia pode ser usada por meio da eletrocirurgia, também chamada diatermia, ou a partir dos eletrocautérios. Nesses últimos, mais antigos, a corrente elétrica é usada para aquecer um filamento que se encontra na ponta do cautério, retorna pela mesma via, não passa pelo paciente. O calor é transmitido diretamente aos tecidos a fim de se obterem os efeitos terapêuticos.¹⁻³ Na eletrocirurgia, a modalidade mais usada atualmente, a corrente elétrica, é produzida por um gerador e chega ao corpo do paciente por um eletrodo ativo, age nos tecidos-alvo e sai através de um eletrodo neutro. Essa corrente elétrica, ao encontrar a resistência do tecido humano, é transformada em calor e determina os efeitos terapêuticos, conhecidos como corte ou coagulação. A ponta do eletrodo ativo não sofre aquecimento. Quando o eletrodo neutro está distante do eletrodo ativo, sob a forma de uma placa, temos o sistema monopolar. Quando o eletrodo positivo e o eletrodo neutro estão separados por uma pequena distância e limitam o fluxo da corrente elétrica, temos o sistema bipolar.¹⁻³ No entanto, mesmo com o longo período de experiência no uso da eletrocirurgia, os riscos e as complicações ainda estão presentes, apesar da incorporação de várias medidas de segurança. Houve um aumento no número de lesões e complicações relatadas, como interferência com os aparelhos de monitorização,⁴ marcapassos e outros dispositivos cardíacos, probes de oxímetro de pulso,⁵ sensores de temperatura, eletrodos de estimulação cerebral profunda⁶ e, acima de tudo, as queimaduras. Além disso, outros fenômenos podem estar associados, como estimulação de tecidos excitáveis, movimento das pernas durante cirurgia urológica por estimulação do nervo obturatório ou estimulação direta da musculatura, que provoca contrações musculares que podem ser mal interpretadas como anestesia inadequada, além do risco potencial de ocorrência de combustão devido à presença de gases anestésicos.^{7,8} Apesar de todos os avanços da eletrocirurgia, mesmo com seus riscos inerentes, a maioria dos cirurgiões e residentes não recebe qualquer treinamento formal para seu uso apropriado. O objetivo deste estudo é apresentar dois casos de queimaduras relacionadas ao uso da eletrocirurgia e usá-los para promover uma discussão. Enfatiza-se que essas complicações são previsíveis e



Figura 1 Queimadura de 3º grau no sítio da placa dispersiva.

evitáveis, no entanto ainda assombram as salas de cirurgia.

Caso clínico nº 1

Neonato de 11 dias, prematuro, com 2 kg, com diagnóstico de abdome agudo obstrutivo. Foi indicada laparotomia exploradora em caráter de urgência, que foi feita com anestesia geral. O paciente foi monitorado com cardioscópio, oxímetro de pulso, pressão arterial não invasiva e analisador de gases durante o período intraoperatório. Foi usada a eletrocirurgia na modalidade monopolar com a placa dispersiva reusável, que foi colocada na região plantar esquerda pelo cirurgião responsável. No fim do procedimento cirúrgico, após a retirada dos campos, constatou-se a presença de uma queimadura de terceiro grau no sítio da placa dispersiva (fig. 1).

Caso clínico nº 2

Paciente de 30 anos, masculino, classificado como ASA II devido ao tabagismo e com história prévia de litíase ureteral. Havia sido submetido à implantação de cateter duplo J alguns meses antes e foi programada sua retirada por via endoscópica. Após monitoração padrão foi feita anestesia subaracnóidea por residente do primeiro ano, com supervisão. O nível sensitivo obtido foi em T10 e o paciente foi colocado em posição de litotomia. Entretanto, devido à longa permanência do cateter, não foi possível a sua retirada conforme programado pela equipe cirúrgica e houve a necessidade de abordagem abdominal através de incisão suprapúbica. O paciente foi então reposicionado



Figura 2 Queimadura na região do flanco (à esquerda); e mesa cirúrgica com a exposição da parte metálica de formato coincidente com o da queimadura.

em decúbito dorsal horizontal na mesa cirúrgica. Foi usada a eletrocirurgia na modalidade monopolar, com a placa dispersiva descartável colocada no dorso do paciente. No intraoperatório, queixou-se de dor no flanco esquerdo que não foi investigada pelo residente de anestesiologia. O paciente foi levado para a sala de recuperação pós-anestésica e recebeu alta hospitalar no dia seguinte, sem queixas relacionadas na documentação hospitalar. Um mês após o ocorrido, compareceu ao Ambulatório de Anestesiologia para consulta para procedimento urológico complementar e durante a anamnese relatou a ocorrência de queimadura em flanco esquerdo, durante o procedimento anteriormente citado. Ao se analisar o formato da lesão havia a coincidência com os metais de contato da mesa cirúrgica (fig. 2). Dessa forma, concluiu-se que a queimadura foi ocasionada pelo contato direto do paciente com a parte metálica da mesa. Foi encaminhado para a disciplina de cirurgia plástica da instituição para conduta.

Discussão

Embora o uso da eletricidade em cirurgia seja altamente útil e efetivo, o risco de complicações existe. Dos anos 1970 até os anos 1990 a incidência de complicações relacionadas à eletrocirurgia manteve-se em cerca de duas a cinco por 1.000 cirurgias, com predominância das queimaduras elétricas.^{1,9} Essas nem sempre são detectadas imediatamente após a cirurgia, como ocorreu no caso n° 2, com o diagnóstico feito tardiamente. Jones et al.² sugerem que se deve ter em mente que a profundidade de penetração da energia térmica vai além do que se pode ver a olho nu. Dessa forma, lesões não reconhecidas podem ser demonstradas posteriormente, após a progressão da lesão tecidual. Além disso, tais lesões podem não ser reconhecidas como queimaduras, e sim ser diagnosticadas incorretamente como escaras, reações tóxicas ou alérgicas às soluções de assepsia ou desinfecção. As circunstâncias nas quais as queimaduras em geral ocorrem representam outro fator chave, porque muitas pessoas estão envolvidas no preparo e no uso da

unidade eletrocirúrgica.^{9,10} Tudo isso torna a incidência exata das complicações relacionadas ao uso da eletrocirurgia difícil de ser mensurada. No entanto, esse tipo de lesão ainda constitui uma porcentagem significativa de morbidade associada à cirurgia. Na *Closed claims' analysis* americano,¹¹ as queimaduras em pacientes, decorrentes de incêndios nas salas de cirurgias, respondem por aproximadamente um quinto dos processos. Em todos os casos a unidade eletrocirúrgica e o oxigênio suplementar foram usados. É importante entender que tal unidade representa quase sempre a fonte de ignição para a ocorrência desses incêndios, representa um dos componentes da tríade para a sua ocorrência, ao lado do oxigênio, que funciona como comburente, e dos campos e/ou soluções alcólicas, que funcionam como combustível. No caso clínico n° 2 não foi possível estabelecer se a queimadura foi resultado de quantidade excessiva de antisséptico usado no local da cirurgia ou se foi o sangue, a urina ou outras soluções líquidas usadas no procedimento que umedeceram a pele do paciente. Pela característica da lesão, formato coincidente com partes metálicas da mesa (fig. 2), suspeita-se que houve contato direto do paciente com o metal da mesa cirúrgica, o que fez com que a corrente elétrica encontrasse uma via opcional de saída e, assim, o calor ficou concentrado em uma área pequena e causou a queimadura.

Princípios da eletrocirurgia

Um conhecimento básico de eletricidade é necessário para se usar a tecnologia eletrocirúrgica no cuidado dos pacientes nas salas de cirurgias.^{1-3,12} Os átomos são compostos de prótons, nêutrons e elétrons. A corrente elétrica flui quando os elétrons de um átomo se movem para outro átomo adjacente através de um circuito. Voltagem é a força que dirige esse movimento de elétrons, constitui a força motriz da corrente contra a resistência do circuito. Quando os elétrons encontram tal resistência há produção de calor. E para que a corrente flua é necessário um circuito contínuo. A

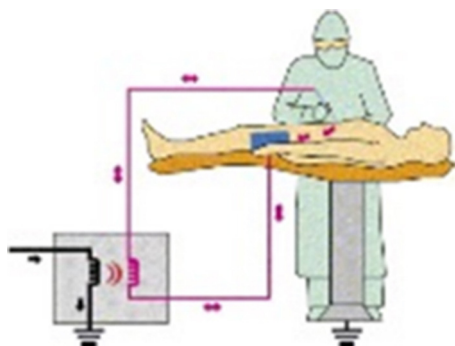


Figura 3 Circuito isolado: a corrente liberada através do eletrodo ativo percorre o corpo do paciente, sai através do eletrodo neutro e retorna à unidade eletrocirúrgica. Fonte: Retirado de Massarweh NN et al.,¹ com a permissão da editora (Elsevier).

eletricidade tem três princípios básicos:² 1) Sempre segue o caminho de menor resistência; 2) Sempre procura retornar para um reservatório de elétrons, tais como o solo; e 3) Sempre deve existir um circuito completo. Muito do entendimento de como a eletrocirurgia funciona, assim como as complicações relacionadas, baseia-se nesses princípios.³ Na sala de cirurgia o circuito é composto pela unidade eletrocirúrgica, pelo paciente e pelos eletrodos ativo e o de retorno. O princípio da eletrocirurgia baseia-se na passagem de uma corrente elétrica de alta frequência pelos tecidos-alvo para obter um efeito clínico desejado. A voltagem é fornecida pelo gerador, que a partir da energia elétrica alternada comum, de baixa frequência (60 Hz), gera correntes elétricas de altíssimas frequências (0,4 a 3 MHz) e voltagens elevadas (400 a 500 V). A corrente, liberada através de um eletrodo ativo, percorre o corpo do paciente, cujos tecidos determinam a resistência (impedância) ao fluxo de corrente. No fim do circuito a corrente sai através de um eletrodo neutro, que é a placa de dispersão ou eletrodo neutro, e retorna à unidade eletrocirúrgica,^{2,13} forma um circuito isolado, sem necessidade de aterramento (fig. 3)

A geração de calor é descrita pela Lei de Joule, que é expressa pela equação:

$$Q = I^2 \times t \times R$$

na qual a geração de calor (Q) aumenta proporcionalmente com o quadrado da intensidade de corrente (I), com a duração da exposição à corrente (t) e com a resistência do tecido (R).

Assim, pela fórmula exposta, se compreendem os efeitos determinados pela unidade eletrocirúrgica, como também as causas das complicações relacionadas ao seu uso. O calor promove a coagulação, o corte ou a fulguração, depende da intensidade da corrente (I), da superfície exposta, da resistência (condutividade) dos tecidos e do tempo de exposição.^{14,15} No lado do eletrodo de trabalho (ponta do cáterio) a taxa em que os tecidos são aquecidos desempenha um papel crucial na determinação do efeito clínico. Quando uma corrente oscilante é aplicada ao tecido, o rápido movimento dos elétrons através do citoplasma das células faz com que haja aumento da temperatura intracelular. A quantidade de energia térmica liberada e a fração de tempo na qual isso ocorre irão determinar os efeitos nos

tecidos. Assim, quando as temperaturas são inferiores a 45 °C os danos celulares são reversíveis, mas quando se atingem temperaturas superiores a 45 °C as proteínas celulares começam a se desnaturar e ocorre perda da integridade celular. Acima de 90 °C o líquido tecidual evapora e resseca e uma vez que a temperatura dos tecidos atinja 200 °C os componentes sólidos restantes dos tecidos são reduzidos a carvão. A temperatura pode aumentar de forma marcante, ultrapassa 1.000 °C. Adicionalmente ao efeito de aquecimento, os tecidos vivos são afetados de outras formas e a mais importante delas é a despolarização das células da membrana celular, em decorrência de parada da função celular. Isso pode levar a estimulação neuromuscular, condução anormal, fibrilação miocárdica e óbito.¹² A intensidade da corrente (I), definida como a quantidade de eletricidade que flui através de uma área de tecido, é o conceito mais importante para se compreender a eletrocirurgia, uma vez que o tecido exposto a maior intensidade de corrente sofrerá maiores efeitos térmicos. O local de colocação da placa de dispersão está diretamente relacionado à intensidade da corrente. Por exemplo, se a placa é colocada próximo ao campo operatório, menor quantidade de energia é perdida no circuito e, assim, densidades de correntes menores serão necessárias para se alcançarem os efeitos desejados nos tecidos. Por outro lado, se a placa for colocada mais distante, maior quantidade de energia será perdida, devido à resistência do corpo, o que exige maiores densidades, e há a possibilidade de acarretar maiores riscos de lesões no paciente.¹⁴⁻¹⁶ O tempo de exposição (t) à corrente elétrica tem papel óbvio na extensão dos efeitos de sua passagem pelo corpo humano. A duração da exposição à corrente está diretamente relacionada ao calor produzido no tecido. Quanto maior o tempo de exposição, maiores os efeitos e os riscos de lesões, pelo maior potencial de propagação do calor para tecidos adjacentes. Uma ativação muito longa irá produzir danos teciduais mais amplos e profundos. O outro fator de relevância é a resistência do tecido-alvo (R), pois quanto maior a resistência à corrente elétrica, maior a quantidade de calor produzido. Quanto maior tal resistência inerente, maior é a voltagem necessária para a corrente passar. Também, quanto mais tecidos superficiais são cauterizados, menos eletricamente condutores se tornam, o que aumenta sua resistência e requer maior quantidade de voltagem para a corrente penetrar nos tecidos em planos mais profundos. Os corpos que oferecem menor resistência são os condutores, tais como metais, o solo, as soluções iônicas e o corpo humano. A resistência específica do tecido depende do tipo de tecido em questão, da umidade e da espessura da pele, da presença de protuberâncias ósseas e da vascularização. Vários tipos de tecidos apresentam diferentes resistências elétricas que afetam a velocidade de aquecimento. Os tecidos adiposo e ósseo apresentam resistência superior à pele, ao tecido muscular e às áreas bem vascularizadas. Isso é importante na escolha do local para se colocar a placa dispersiva, pois se deve dar preferência a áreas com tecidos mais vascularizados e com mais musculatura, evitar áreas de gordura, proeminências ósseas e pele espessa, como a da região plantar. No caso n° 1 a placa, além de ser inadequada, foi colocada em uma região com grande resistência e que oferece a passagem da corrente elétrica, como é a região plantar, pois além de a pele ser mais espessa há facilmente o contato com proeminências

ósseas. A resistência também é importante para o entendimento do caso nº 2. Os materiais condutores, ou seja, de baixa resistência, como a parte metálica da mesa cirúrgica, além de adornos metálicos no paciente, podem oferecer um caminho opcional para a saída da corrente elétrica do corpo do paciente. No caso nº 2 o corpo do paciente ficou em contato com o metal da mesa cirúrgica (fig. 2), que se tornou um caminho opcional para a saída da corrente elétrica e resultou em grande aquecimento e queimadura. Esse mesmo mecanismo explica os casos de queimaduras que surgem em pacientes com adornos metálicos, com eletrodos de eletrocardiograma e de eletroencefalograma e outros equipamentos de monitoramento interno que usam agulhas. O seu entendimento é também importante para se explicar ao paciente a obrigatoriedade de se retirarem todos os materiais condutores, ou seja, de baixa resistência, como, por exemplo, joias, brincos, *piercings*, colchetes, botões e outros adornos metálicos.¹⁵ O efeito da eletrocirurgia também está na dependência do tipo do eletrodo. Eletrodos menores promovem uma intensidade de corrente maior e assim concentram o efeito do calor no local de contato com o tecido. Por exemplo, um eletrodo de ponta (tipo agulha) promoverá maior efeito de aquecimento quando comparado com um eletrodo tipo bola. Este mesmo conceito se aplica ao eletrodo de retorno.¹

Unidades eletrocirúrgicas

Atualmente, os termos eletrocautério, termocautério, cauterio, bisturi elétrico e bisturi eletrônico são usados indistintamente em referência à eletrocirurgia. A maioria dos autores concorda com que o termo genérico unidade eletrocirúrgica seja o mais adequado, em referência ao gerador de corrente usado para eletrocirurgia.^{1,2} As unidades eletrocirúrgicas podem ser de dois tipos: os geradores chamados *ground referenced*, que foram usados até 1970, e os mais modernos, que são isolados. No primeiro tipo a corrente elétrica passa pelo paciente e em seguida o aterramento no solo completa o circuito, através de uma placa dispersiva colocada no paciente. Na ausência de um circuito completo a corrente vai buscar o solo (aterramento). Nessa situação, em qualquer contato do paciente com um possível aterramento, a corrente vai escolher o caminho de menor resistência, pode passar através da mesa cirúrgica, dos eletrodos de eletrocardiograma ou do metal de um cateter venoso em contato com o paciente. Se a intensidade de corrente for alta o suficiente no ponto de contato, há a possibilidade de queimadura. Esse perigo em potencial foi eliminado com a introdução de geradores que foram isolados do aterramento. Nesses, a corrente passa através do paciente e retorna ao gerador através da placa dispersiva. Os caminhos opcionais são evitados, por não haver conexão do eletrodo de retorno com o solo. O fluxo de corrente é limitado entre o eletrodo ativo e o eletrodo de retorno do paciente, o que oferece um caminho de baixa resistência para que a corrente vinda do paciente retorne para o gerador (fig. 3).^{1,3,17} A ativação da unidade eletrocirúrgica é mediada pelas mãos ou pelos pés. Esse sistema de gerador isolado tem reduzido de forma importante os casos de queimaduras, mas não eliminou inteiramente a possibilidade dessa complicação.²

Modalidades de eletrocirurgia

Os geradores podem aplicar energia de modo mono ou bipolar. Na forma de liberação monopolar a corrente passa do gerador para o eletrodo ativo, no qual produz o seu efeito, passa através do paciente e sai desse através do eletrodo dispersivo (ou placa neutra), retorna ao gerador, forma um circuito completo. Uma vez que a superfície do eletrodo neutro é muito maior do que a do eletrodo ativo (no qual acontece o corte, a coagulação ou a ablação), a corrente é dispersa por uma grande área, minimiza o aquecimento do tecido em contato com a placa dispersiva. É mais frequentemente usado devido à sua maior versatilidade. Entretanto, oferece maiores riscos, pois maiores quantidades de tecidos estão expostos à eletricidade. No sistema bipolar os instrumentos assemelham-se a pinças cirúrgicas e não há a necessidade de um eletrodo dispersivo de retorno, porque ambos, o eletrodo ativo e o de retorno, são integrados de forma a liberar a energia e promover o seu retorno. A energia não passa através do paciente porque é confinada nos tecidos entre os fórceps. Devido a essa configuração, a forma bipolar oferece pouca chance de uma dispersão não intencional de corrente. As potências geradas pelo bisturi bipolar são menores quando comparadas com as da modalidade monopolar, é indicada para intervenções cirúrgicas delicadas, como neurocirurgias.

Placa dispersiva ou eletrodo neutro

Diversos tipos de placa dispersiva ou eletrodo neutro estão disponíveis, como os adesivos descartáveis de uso único e os reusáveis. Tal placa deve ter tamanho suficiente para manter ampla área de dispersão da eletricidade, de forma a não causar danos aos tecidos. A superfície varia de 60 cm² para crianças a valores acima de 170-180 cm² para adultos, na dependência do fornecedor. A potência de saída é limitada a 150 e 400 W para crianças e adultos, respectivamente. Além disso, geleias ou pastas devem ser usadas para aumentar o contato da placa com a pele e reduzir a resistência oferecida por ela. Se a placa não estiver completamente aderida (fig. 4), ou fluidos de qualquer natureza se acumularem entre a placa e a pele, a superfície total de dispersão se torna menor, oferece maiores riscos. É necessário ainda selecionar o local, assim como a colocação correta da placa. Ela não deve ser colocada em tecidos cicatrizados, protuberâncias ósseas, implantes metálicos e regiões

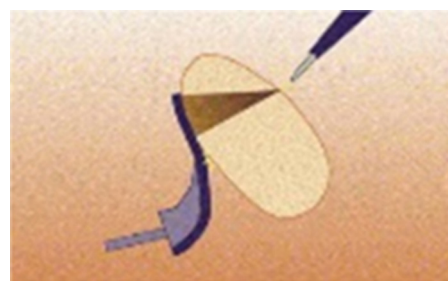


Figura 4 Falta de aderência completa da placa de dispersão. Retirado de Massarweh NN et al.,¹ com a permissão da editora (Elsevier).

do corpo ricas em gordura.¹⁰ A preparação da pele para a colocação da placa dispersiva inclui uma limpeza suave na área, que remove qualquer traço de gordura (sem o uso de álcool, porque poderá ocorrer um aumento da resistência da pele), e remoção dos pelos. É necessário esperar até que qualquer agente comburente de limpeza que seja usado se evapore. Quando uma placa adesiva de aterramento está completamente aderida à pele do paciente há adequada área suficiente de dispersão da intensidade de corrente, que posteriormente retorna ao gerador.

Causas das queimaduras

Particularmente em relação à modalidade monopolar, existem quatro causas básicas de queimaduras. A primeira refere-se à queimadura no próprio campo operatório como resultado do acionamento inadvertido ou uso inapropriado. A exposição à corrente elétrica por longos períodos sem interrupção tem associação direta com a intensidade de seus efeitos e o risco de lesões. A segunda relaciona-se ao aquecimento de soluções que resultam em lesões térmicas. Tais queimaduras podem ser atribuídas a soluções aquecidas tanto pelo eletrodo ativo quanto pelo neutro. A terceira causa diz respeito ao trauma térmico na região da placa dispersiva, também denominado dano tecidual de retorno. Esse acontece quando há contato inadequado entre a placa e a pele do paciente (fig. 4), ou quando o tamanho da placa e seu sítio de posicionamento são inadequados, dispersam a energia em uma área menor, o que aumenta o aquecimento nos pontos de contato com a placa e ocasiona queimaduras (mecanismo de lesão do primeiro caso clínico relatado). Uma questão muitas vezes relegada ao segundo plano é a hipoperfusão tecidual. Normalmente não há queimadura na região da placa dispersiva, porque a área de contato é grande e a circulação sanguínea da pele dissipa o calor gerado no local. Porém, em situações nas quais a perfusão tecidual no local da placa se torna inadequada (choque, hipotensão, hipotermia, compressão tecidual no local da placa), a falta de dissipação adequada do calor gerado pode provocar lesões. Em um esforço para reduzir as queimaduras, os aparelhos a partir de 1981 passaram a dispor de um sistema de segurança para garantir que o gerador somente funcione se a placa de dispersão estiver acoplada. Por fim, como quarta causa as queimaduras também podem ocorrer quando a corrente assume um caminho através do corpo do paciente que não o do eletrodo dispersivo. A interrupção parcial ou total do contato da placa dispersiva com a unidade eletrocirúrgica possibilita a circulação de corrente por vias opcionais. Essas incluem todos os pontos de contato do corpo do paciente com o potencial de aterramento. Entre as vias opcionais mais comuns, podemos citar:

- Contato direto da superfície corporal com a mesa cirúrgica aterrada;
- Eletrodos conectados ao paciente que possibilitem contato com o potencial de terra (eletrodos de monitoração, por exemplo);
- Contato do paciente com materiais condutivos, de plástico ou de borracha (tubos ou colchões), para dissipação de eletricidade estática.

Caso a superfície de contato nesses locais seja pequena (alta resistência elétrica), haverá grande concentração de corrente, aumento de temperatura e lesão tecidual, muitas vezes grave. No caso clínico nº 2, as superfícies metálicas da mesa em contato com a pele do paciente funcionaram como vias opcionais para a passagem da corrente elétrica. Aqui merece atenção a subestimação da queixa do paciente, que foi capaz de referir dor na região da queimadura, uma vez que essa não estava incluída no nível obtido pela anestesia, mas teve sua queixa desconsiderada pela equipe, que provavelmente relacionou a reação do paciente ao efeito de sedativos. Queimaduras sob os eletrodos de monitoração podem ocorrer mesmo com o perfeito funcionamento da placa neutra. Quando a placa dispersiva é posicionada em um ponto muito distante do sítio de atuação do eletrodo ativo, a corrente proveniente desse pode se dividir em duas partes. Uma retorna à placa dispersiva e a outra retorna pelo eletrodo de monitoração. Devido à área reduzida desse eletrodo, ocorrem queimaduras na pele do paciente. Diversos trabalhos na literatura relatam a ocorrência de queimaduras relacionadas a eletrodos de eletrocardiograma, de eletroencefalograma, sondas de temperatura retal ou da pele e com equipamentos de monitoramento interno que usam agulhas. A circulação de corrente elétrica por vias opcionais que não as do circuito de diatermia podem acarretar ainda:

- Eletrocussão* (choque elétrico): passagem da corrente elétrica pelo organismo. Dentre suas consequências estão: sensação de choque, queimaduras, lesões neurais, asfíxia (paralisia da musculatura respiratória e dos centros respiratórios) etc. Correntes de baixa frequência (60 Hz) podem causar graves problemas em tecidos excitáveis, como contrações de grandes grupos musculares, que podem ser erroneamente interpretadas como despertar intraoperatório do paciente e arritmias cardíacas graves;
- Interferências eletromagnéticas*: a corrente elétrica alternada, principalmente quando de alta frequência, gera um campo magnético que pode produzir interferências no funcionamento de outros equipamentos (artefatos ou ruído em oxímetros de pulso e cardioscópios, por exemplo). A melhor forma de prevenir esse evento é o uso de aterramento adequado e de isolamento eletromagnético dos equipamentos;
- Incêndios e explosões*: a produção de uma faísca elétrica num ambiente rico em gases e vapores inflamáveis pode produzir acidentes catastróficos. Materiais inflamáveis (gaze ou compressas secas, soluções alcoólicas para antisepsia, PVC do tubo endotraqueal), na presença de atmosferas ricas em gases comburentes, como o oxigênio, poderão entrar em combustão rapidamente com uma simples faísca elétrica.

Eventos raros são as queimaduras relacionadas aos fenômenos de capacitância e de indução magnética. Tanto o primeiro quanto o segundo são capazes de induzir correntes em meios condutores (cabos de monitores conectados ao paciente, que funcionam como "antenas") e podem acontecer durante o funcionamento de uma unidade eletrocirúrgica, que gera uma corrente alternada de altíssima frequência, representa assim mais um risco para a integridade

do paciente. Para evitar esse tipo de acidente, deve-se colocar a unidade o mais distante possível dos monitores e posicionar a fiação de modo perpendicular entre si.

Orientações para uso da unidade eletrocirúrgica

Para reduzir os riscos relacionados à aplicação da eletrocirurgia, foram estabelecidas algumas recomendações quanto ao uso dessa tecnologia, que servem como guia de medidas preventivas para todos os profissionais que atuam no centro cirúrgico:

1. O ponto fundamental na prevenção de acidentes com o uso da eletrocirurgia é o posicionamento correto do paciente na mesa cirúrgica. O contato com objetos metálicos do paciente ou da mesa e com eletrodos de monitoramento pode concentrar a corrente ou acarretar sua fuga e provocar lesões. Devem-se usar dispositivos isolantes na mesa e nos apoios de braços e pernas, para evitar fuga da corrente através de áreas metálicas, e compressas secas entre braços, tronco ou pernas, para evitar concentração de corrente nas áreas com acúmulo de fluidos.
2. Os adornos metálicos devem ser obrigatoriamente retirados e os eletrodos colocados o mais distante possível do campo operatório.
3. Ao se usar o bisturi monopolar em pacientes com juntas condutoras protéticas, todo esforço deve ser feito para se colocar a prótese fora do caminho direto do circuito. Se o paciente tem uma prótese no quadril direito, por exemplo, a placa de retorno deve ser colocada no lado esquerdo do paciente.
4. Os sistemas de alarme devem funcionar todo o tempo. O volume do indicador sonoro de atuação do aparelho deve ser mantido em nível audível, para que seja alertado imediatamente quando a unidade eletrocirúrgica for acionada inadvertidamente ou quando esse não estiver funcionando de forma adequada.
5. Deve-se evitar também a colocação do eletrodo dispersivo sobre tatuagens, muitas das quais contêm corantes metálicos. O eletrodo ativo deve ser colocado longe do campo quando não está em uso, evitam-se sua ativação não intencional e lesões.
6. Os eletrodos ativos não devem ser usados na presença de gases anestésicos e de agentes inflamáveis, como antissépticos para a degermação da pele. Isso é particularmente importante em operações otorrinolaringológicas, e de cabeça e pescoço, devido à proximidade com os gases anestésicos.
7. Deve ser confirmada a potência da unidade eletrocirúrgica antes da ativação, que deve ser a mais baixa efetiva possível, a fim de que se atinja o efeito desejado para corte ou coagulação. Se o cirurgião solicitar contínuo aumento de potência, ou se ocorrer resposta não usual do paciente, ou, ainda, interferência no sinal de monitoramento durante o uso, faz-se necessário investigar todo o circuito à procura de falhas.
8. O local da placa dispersiva é geralmente ditado pelo sítio cirúrgico, deve ser posicionada o mais próximo possível do campo operatório, preferencialmente em pele limpa

e seca, em área bem vascularizada e com maior massa muscular.

9. Os pacientes usuários de marcapasso devem ser continuamente monitorados, pois embora os aparelhos modernos sejam desenhados de modo que fiquem protegidos da passagem de corrente, ainda estão sujeitos a interferências, podem ser danificados irreparavelmente ou ter sua função alterada. Precauções adicionais devem ser tomadas para que se minimizem acidentes, como: checar com o cardiologista as funções do marcapasso durante o uso da eletrocirurgia, ter uma unidade de programação de marcapasso à mão para ajustá-lo no modo assíncrono, ter um desfibrilador à mão para uso imediato no caso de emergências, manter todos os cabos e fios da unidade eletrocirúrgica distantes do marcapasso e de suas conexões e usar o ajuste de potência no gerador o mais baixo possível. Recomenda-se também usar eletrocirurgia bipolar sempre que possível, mas, caso necessário, usar a eletrocirurgia monopolar e assegurar-se de que a distância entre os eletrodos ativo e dispersivo seja a mais curta possível.

Conclusão

Todo o período transoperatório oferece riscos para o paciente, desde o momento da sua entrada no Centro Cirúrgico até o retorno à unidade de origem, e a eletrocirurgia constitui um desses riscos. O conhecimento dos princípios científicos e físicos das unidades eletrocirúrgicas deve abranger todas as pessoas envolvidas no contexto cirúrgico, não só para aumentar a eficiência e permitir o uso de todos os recursos úteis que os aparelhos dispõem, mas também para evitar seu mau uso e danos aos pacientes.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Massarweh NN, Cosgriff N, Stakey DP. Electrosurgery: history, principles, and current and future uses. *J Am Col Surg.* 2006; 202:520–30.
2. Jones CM, Pierre KB, Nicoud IB, et al. Electrosurgery. *Curr Surg.* 2006;63:458–63.
3. Wang K, Advincola AV. Current thoughts in electrosurgery. *Int J Gynecol Obstet.* 2007;97:245–50.
4. Finlay B, Couchie D, Boyer L. Electrosurgery burns resulting from use of miniature ECG electrodes. *Anesthesiology.* 1974;47:263–9.
5. Bisinotto FMB, Abud TMV, Alves Neto J, et al. Queimadura provocada por bisturi elétrico associado ao oxímetro de pulso. Relato de caso. *Rev Bras Anesthesiol.* 1996;46:133–5.
6. Roark C, Whicher S, Abosch A. Reversible neurological symptoms caused by diathermy in a patient with deep brain stimulators: case report. *Neurosurgery.* 2008;62:E256.
7. Haddad R, Pereira DE, Lima CE, et al. Fogo em via aérea durante traqueostomia eletiva. *Pulmão.* 2006;15:52–4.
8. Practice Advisory for the Perioperative Management of Patients with Cardiac Implantable Electronic Devices: Pacemakers and Implantable Cardioverter-Defibrillators An Updated Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on

- Perioperative Management of Patients with Cardiac Implantable Electronic Devices. *Anesthesiology*. 2011;114:247-61.
9. Demircin S, Aslan F, Karagoz YM, et al. Medicolegal aspects of surgical diathermy burns: a case report and review of the literature. *Rom J Leg Med*. 2013;21:173-6.
 10. Vedovato JW, Pólvara VP, Leonardi DF. Burns as a complication of the use of diathermy. *J Burn Care Rehabil*. 2004;25:120-3.
 11. Metzner J, Posner KL, Lam MS, et al. Closed claims' analysis. *Best Pract & Res Clin Anaesth*. 2011;25:263-76.
 12. Hay DJ. Electrosurgery. *Surgery*. 2007;26:66-9.
 13. Van Way CW, Hinrichs CS. Technology focus: electrosurgery 201: basic electrical principles. *Curr Surg*. 2000;57:261-4.
 14. Waldron RP, Copeland GP, Murphy AF. Surgical diathermy: a potential hazard. *Br J Clin Pract*. 1984;38:283.
 15. Afonso CT, Silva AL, Fabrini DS, et al. Risco do uso de eletrocautério em pacientes portadores de adornos metálicos. *ABCD Arq Bras Cir Dig*. 2010;28:183-6.
 16. Gomide LC, Santos CERG, Pereira CJ, et al. Queimadura de terceiro grau no local da placa eletrocirúrgica durante artroscopia de ombro: relato de caso. *Rev Bras Ortop*. 2011;46:91-3.
 17. Odell RG. Electrosurgery: principles and safety issues. *Clin Obstet Gynecol*. 1995;38:610-21.