

Complicações com o Uso da Monitorização - Segurança no Uso do Equipamento Eletro-Médico

Marcelo Torres, TSA* , Roberto Simão Mathias, TSA

Torres M, Mathias RS - Complications due to Monitoring Devices: Electrical Safety

Os equipamentos eletro-médicos são de uso cada vez mais freqüente no ambiente hospitalar. Particularmente na sala de cirurgia, o paciente é conectado a inúmeros deles, pois são muito úteis ao anestesiológico e à equipe cirúrgica.

O risco de acidentes elétricos em pacientes anestesiados aumentou consideravelmente os últimos anos, e são descritos em várias estatísticas, com maior ou menor incidência.

Este risco elevado é devido principalmente a: a) rede elétrica hospitalar inadequada, pois não foi projetada para o uso destes equipamentos; b) variedade dos equipamentos cuja fiação, direta ou indiretamente colocam o paciente sob potenciais elétricos diversos, possibilitando a passagem de corrente por vias indesejáveis e ou perigosas para a integridade física do organismo; c) incapacidade do paciente de se defender de um estímulo agressor.

É necessário, portanto, que toda a equipe envolvida na assistência a estes pacientes conheça alguns princípios básicos de eletricidade e do funcionamento dos equipamentos mais freqüentemente utilizados na sala de operações, com o objetivo de entender as situações de risco para o paciente e fazer a profilaxia dos acidentes.

Corrente Elétrica

Corrente elétrica (I) é a movimentação de elétrons através de um condutor. Normalmente o condutor é representado por um fio de cobre, mas inúmeras substâncias ou meios podem permitir a circulação de elétrons, impondo maior ou menor resistência a essa circulação de elétrons, impondo maior ou menor re-

sistência a essa circulação. Os condutores ideais são aqueles com resistências (R) muito baixas. Atualmente estão sendo desenvolvidos os chamados "super condutores" que possuem uma resistência próxima de zero. Os meios com altas resistências à circulação dos elétrons são maus condutores. A madeira, por exemplo, é um condutor tão ruim que pode ser considerada um isolante.

O potencial elétrico (V), ou diferença de potencial, determina a movimentação dos elétrons pelo condutor: quanto maior for a diferença de potencial maior será a intensidade da corrente.

A movimentação de elétrons em um condutor compara-se à movimentação de um fluido no interior de um tubo, causada pela diferença de pressão em seus extremos.

A lei de Ohm exprime os conceitos acima:

$$I = \frac{V}{R}$$

I - corrente elétrica medida em ampère (A)

V - potencial medido em volts (V)

R - resistência elétrica medida em ohms ()

Como vemos, altas voltagens não significam obrigatoriamente grandes intensidades de corrente elétrica, pois se a resistência for elevada, a corrente resultante será muito pequena ou mesmo nula.

A corrente elétrica pode ser contínua (DC) ou alternada (AC).

Corrente Contínua (DC)

É o tipo de corrente onde a movimentação de elétrons se faz em um único sentido. O polo negativo (-) é o doador de elétrons e o positivo (+), o receptor. Temos como exemplo a corrente elétrica presente em uma lanterna de pilhas (Figura 1).

Corrente Alternada (AC)

É o tipo de corrente onde ocorrerem inversões periódicas no sentido da movimentação dos elétrons. Seu uso mais freqüente é na eletricidade doméstica ou industrial. No Brasil, onde a eletricidade doméstica apresenta uma freqüência (ciclagem) de 60 Hertz, essa inversão acontece 60 vezes por segundo. Numa tomada elétrica, um dos polos é energizado ("polo vivo") e o outro é neutro, devendo

* Presidente da Comissão de Normas Técnicas da Sociedade Brasileira de Anestesiologia

Correspondência para Marcelo Torres
R Baltazar da Veiga, 501 Ap 22
04510 São Paulo SP

Complicação com o uso da Monitorização

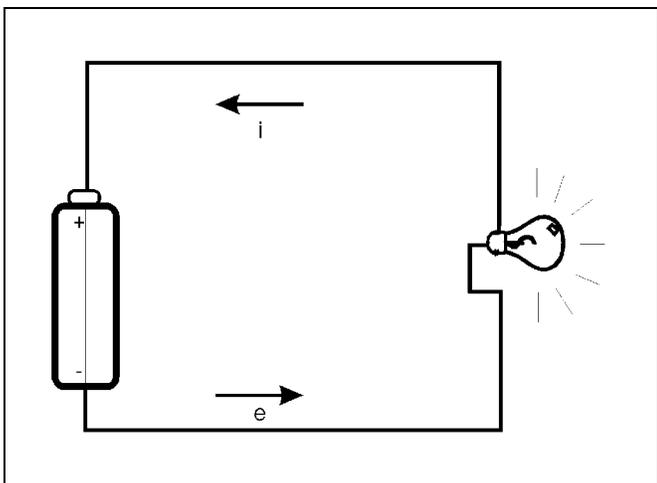


Fig 1 - Diagrama de uma lanterna de pilhas
Na corrente contínua, a circulação de elétrons se faz em um único sentido.

ter o mesmo potencial da "terra", que por convenção foi definido como sendo zero. Nas localidades onde o potencial elétrico ou tensão elétrica é 110 volts, o polo energizado apresenta uma alternância entre +110 V e -110 V, essa alternância ocorrerá 60 vezes em um segundo (Figura 2). No momento em que o polo energizado for +110 V o polo neutro será o doador de elétrons, quando o polo energizado apresentar um potencial de -110 V, o polo neutro será um receptor de elétrons.

A energia elétrica nas residências, hospitais e indústrias, é gerada nas usinas hidro ou termoelétricas e conduzida por longas distâncias até as estações de distribuição. Destas, a energia elétrica é transmitida através de condutores aéreos ou subterrâneos, até locais próximos do uso, onde transformadores reduzem a alta voltagem necessária para a condução, para voltagens adequadas ao uso (110 ou 220 V) (Figura 3).

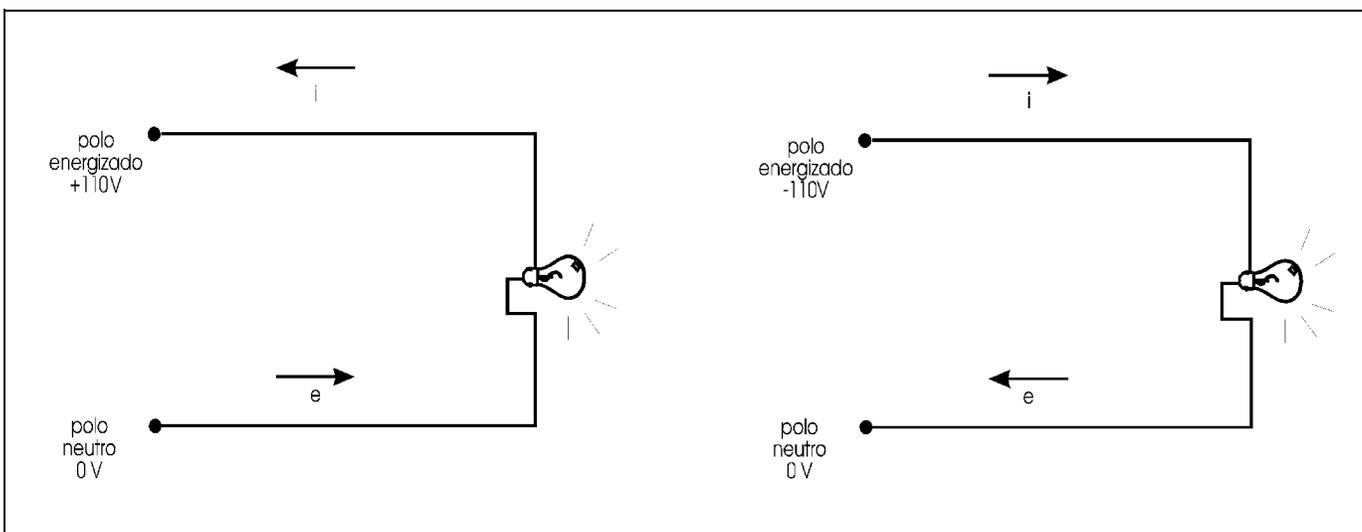


Fig 2 - Diagrama de uma lâmpada comum
Corrente alternada - observar a alternância do sentido de circulação da corrente e da polaridade do polo energizado.

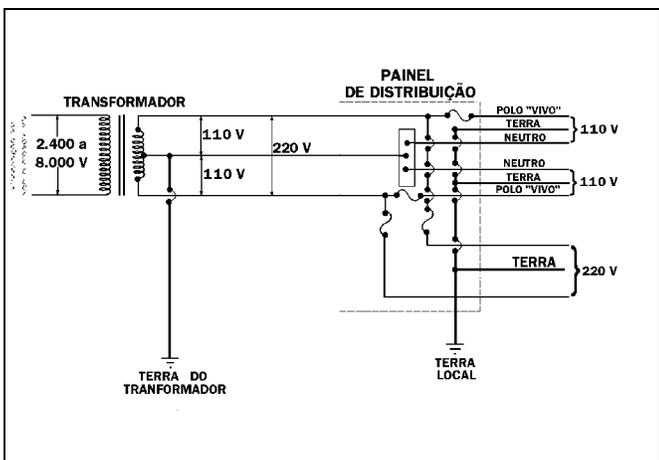


Fig 3 - Sistema de transmissão de corrente alternada

Pode-se ver na figura 3, que a corrente "transportada" a 2.000-8.000 Volts é reduzida pelo transformador para 220 V, sendo o centro do transformador conectado à terra. Através deste aterramento obtido no poste que suporta o transformador, origina-se o chamado fio "neutro". Nas residências ou nos hospitais, recebe-se, portanto, a energia por 3 fios que chamamos: +110, -110 e neutro. A diferença de potencial entre os fios +110 e -110 é 220 V, e entre qualquer um deles e o neutro 110 V.

Como o neutro é obtido a alguma distância do local do uso (residências, hospitais), pode ter potencial um pouco diferente de zero em relação à "terra".

Riscos da Corrente Elétrica

Para o organismo humano a corrente alternada impõe maiores riscos do que a corrente contínua; a aplicação de 100 mA de corrente alternada pode desencadear fibrilação ventricular enquanto que 3 A de corrente contínua poderão não causar nenhum mal.

A frequência da corrente alternada é outro fator a ser analisado: correntes elétricas com altas frequências são mais seguras que com 60 Hz. Estudos animais comprovaram que são necessárias intensidades de correntes 22 a 28 vezes maiores para desencadear uma fibrilação ventricular a 3.000 Hz (3 kHz), do que com correntes de 60 Hz. A faixa onde o risco da corrente elétrica alternada para o organismo é maior, situa-se entre 10 e 200 Hz (Figura 4). Porém, em termos de qualidade de luminosidade e de eficiência na transmissão da energia elétrica, a melhor frequência é justamente ao redor de 50 a 60 Hz.

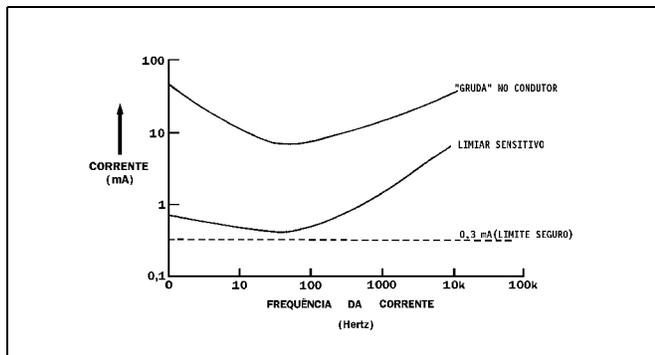


Fig 4 - Efeitos deletérios da corrente sobre o organismo Na dependência da intensidade e da frequência. ("gruda" no condutor = corrente que paralisa a musculatura estriada, impossibilitando que o indivíduo solte o condutor. Limite seguro = corrente que não tem ação sobre o coração.

A corrente elétrica deve sempre ficar confinada ao circuito em que está operando. Em um chuveiro elétrico a corrente elétrica não deverá circular pelo organismo da pessoa que o está utilizando. Toda vez que correntes circulam por vias alternativas que não as do circuito que deveriam operar, pode ocorrer:

Eletrocussão (Choque Elétrico)

Passagem da corrente elétrica pelo organismo (Figura 5). As conseqüências da eletrocussão podem ser: sensação de choque, queimaduras, lesões neurológicas, lesões musculares por contraturas violentas, asfixia (paralisia da musculatura respiratória e dos centros respiratórios) e arritmias cardíacas (culmi-

nando com fibrilação ventricular).

Interferências Eletromagnéticas

A corrente elétrica alternada, principalmente quando for de alta frequência, gera um campo magnético que pode produzir interferências no funcionamento de outros equipamentos. A melhor forma de prevenção dessa interferência é a utilização de aterramento adequado e de isolamento eletromagnético dos equipamentos.

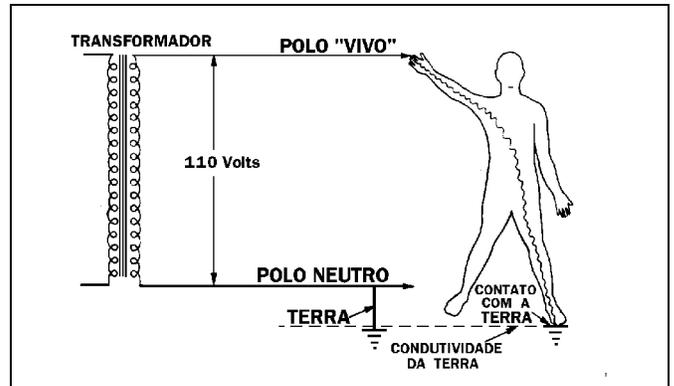


Fig 5 - Eletrocussão (choque elétrico) Vias de circulação da corrente elétrica.

Incêndios e Explosões

A produção de uma faísca elétrica num ambiente rico em gases e vapores inflamáveis poderá produzir acidentes catastróficos. Atualmente não mais utilizamos anestésicos inalatórios inflamáveis (éter, ciclopropano) e o risco desses acidentes diminuiu muito. Porém, materiais pouco inflamáveis (borracha, plástico) na presença de atmosferas ricas em gases comburentes (oxigênio e óxido nítrico), poderão rapidamente entrar em combustão com uma simples faísca elétrica.

Eletrocussão e os Riscos para o Organismo

A passagem da corrente elétrica pelo organismo (eletrocussão) respeita a lei de Ohm ($I = V/R$). Quanto maior a resistência da pele menor será a corrente que o organismo conduzirá. A resistência do corpo humano à corrente elétrica, varia de 1.000 ohm (pele úmida - nas mucosas é ainda mais baixa) a 1.000.000 ohm (tecido queratinizado e seco como a planta do pé). A eletrocussão, quanto aos efeitos cardíacos, pode ser dividida em macrochoque e microchoque..

É comum ouvirmos de trabalhadores braçais a seguinte afirmativa: "Eu aguento um choque de 220 V". Como esses trabalhadores normalmente apresentam uma camada de queratina mais desenvolvida nas mãos, a resistência dessa pele é maior e a

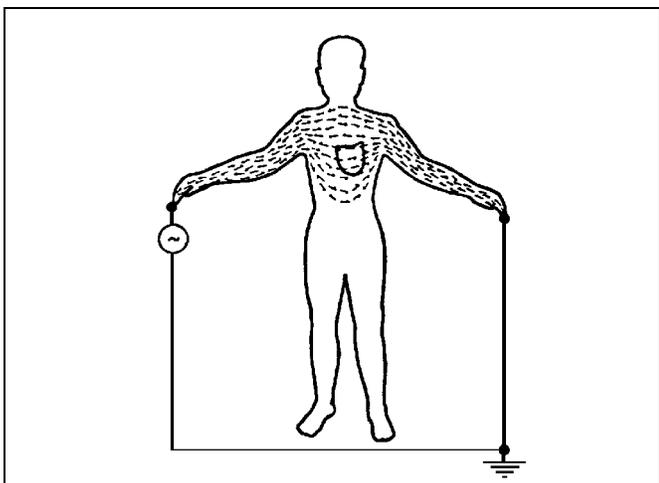


Fig 6 - Macrochoque: via de circulação da corrente

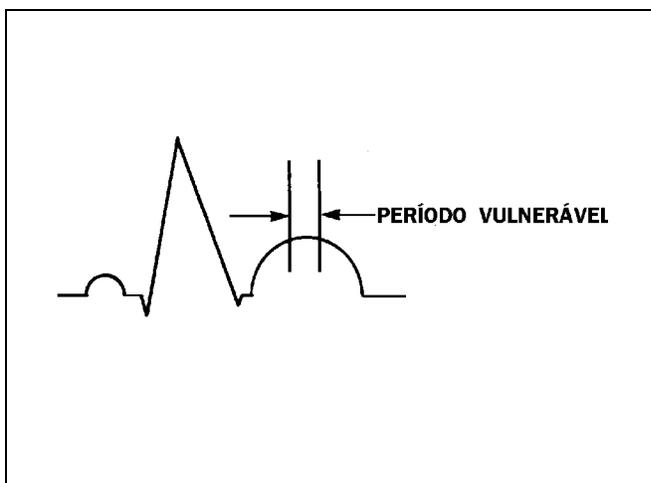


Fig 9 - Período de maior vulnerabilidade (pico da onda "T")

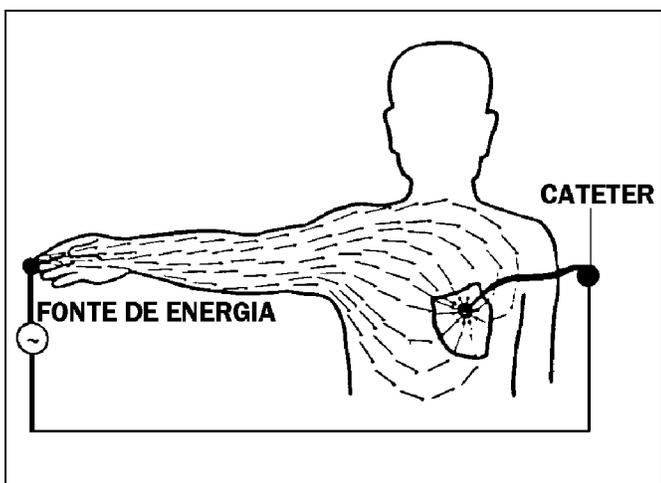


Fig 7 - Microchoque: via de circulação da corrente

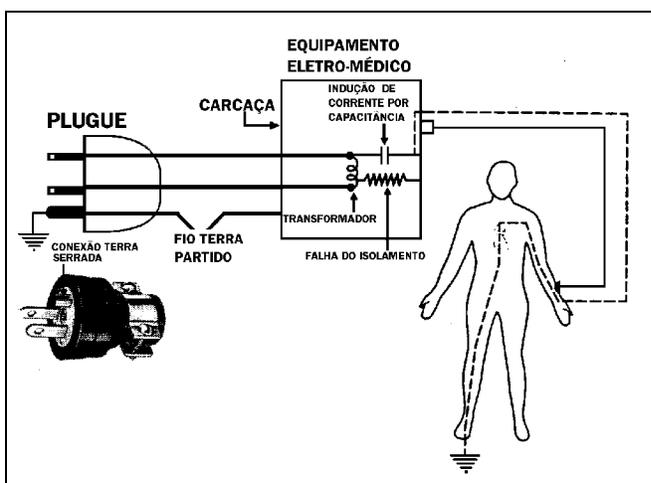


Fig 10 - Falha no aterramento de um equipamento elétrico
A falha pode acontecer se, acidentalmente, o fio terra se partir, ou intencionalmente, quando o terceiro pino do plugue é retirado para viabilizar a conexão em tomadas comuns.

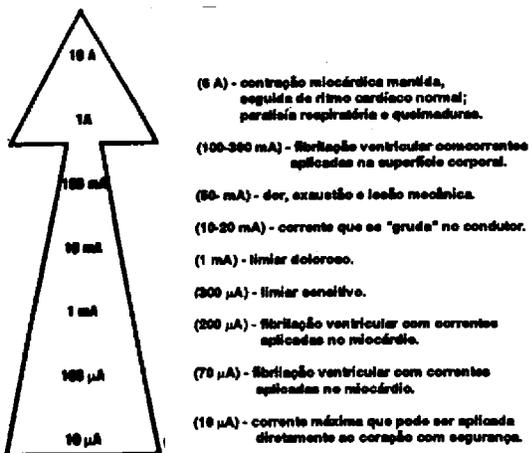


Fig 8 - Respostas fisiológicas à corrente de 60 Hz. A corrente, normalmente aplicada na desfibrilação cardíaca, é de 6 A.

corrente resultante será menor. Portanto, eles "aguentam" o choque pois não há passagem de corrente elétrica pelo organismo.

Macrochoque

geração de correntes de grandes intensidades entre dois pontos do organismo, com passagem pelo coração (Figura 6). Podem causar fibrilação ventricular, com correntes de 100 mA a 60 Hz (Figura 8).

Se a corrente, por exemplo, for aplicada na mão direita e sair pelo cotovelo direito, podem ocorrer contraturas musculares intensas ou queimaduras graves na região, porém, arritmias cardíacas serão improváveis.

Microchoque

Com a introdução da monitorização invasiva (cateteres centrais) e o uso de marcapassos cardíacos

cos, tornou-se possível a aplicação de correntes elétricas diretamente no músculo cardíaco (Figura 7). Correntes de 200 μ A a 60 Hz aplicadas no miocárdio e de 70 μ A a 60 Hz aplicadas sobre o endocárdio podem desencadear fibrilação ventricular (Figura 8).

O período de maior vulnerabilidade cardíaca à passagem de correntes é o pico da onda T (Figura 9). O risco de desenvolvimento de fibrilação ventricular é proporcional à intensidade da corrente e a sua duração.

Correntes elétricas de alta frequência, como as geradas por bisturis elétricos, não impõem riscos ao organismo humano em termos de ritmo cardíaco ou sensação de choque.

Aterramento

Tanto o polo neutro de uma tomada de força, quanto o fio terra, devem possuir potencial de voltagem igual a zero. Todavia, é importante salientar que não devem ser utilizados com o mesmo objetivo.

O polo neutro integra o circuito elétrico que irá operar qualquer aparelho e o fio terra é utilizado com o objetivo de tornar mais seguro os equipamentos elétricos quanto a riscos de eletrocussão. Em muitos aparelhos elétricos, ou por falha no isolamento dos fios que alimentam o circuito, ou por fenômenos de capacitância, pode ocorrer energização da carcaça do equipamento. Uma pessoa em contato direto ou indireto com o potencial da terra, tocando essa carcaça, permite a passagem de corrente elétrica e eletrocussão (Figura 10).

Se existir aterramento adequado e íntegro do equipamento, o potencial elétrico gerado na carcaça é escoado para a terra, tornando-o mais seguro.

Em muitos hospitais brasileiros, as tomadas de eletricidade não possuem o terceiro pino (terra), sendo prática comum a retirada do terceiro pino do plugue para permitir sua conexão. Com isso é eliminado um importante elemento de segurança dos equipamentos (Figura 10).

O aterramento para uma determinada área hospitalar (sala cirúrgica, enfermaria, recuperação, UTI) deve ser derivado sempre de um mesmo ramal, para que em todas as tomadas os terminais de aterramento possuam exatamente o mesmo potencial. Fios terra com pequenas diferenças de potencial, conectados a um mesmo paciente (vários monitores), podem gerar correntes elétricas, com risco de eletrocussão.

A utilização do fio terra como polo neutro pode danificar outros aparelhos elétricos ligados ao sistema de aterramento de uma instalação elétrica.

O fio terra é obtido através da colocação de eletrodos no solo ou na estrutura do prédio.

Segundo a NBR 5410, "Instalações elétricas de baixa tensão", os componentes do aterramento devem ser tais que:

- o valor da resistência de aterramento obtida não se modifique consideravelmente ao longo do tempo;
- resistam às solicitações térmicas, termomecânicas e eletromecânicas;
- sejam adequadamente robustos ou possuam proteção mecânica apropriada para fazer face às condições de influências externas.

Os seguintes tipos de eletrodos de aterramento podem ser usados:

- condutores nus;
- hastes ou cabos de aço embutidos nas fundações;
- fitas ou cabos de aço embutidos nas fundações;
- barras ou placas metálicas;
- armações metálicas do concreto;
- outras estruturas metálicas apropriadas, enterradas no solo.

A eficiência de qualquer eletrodo de aterramento depende das condições locais do solo; devem ser selecionados um ou mais destes eletrodos, adaptados às condições do solo e ao valor da resistência de aterramento obtida.

Os materiais usados para construção de eletrodos de aterramento são: cobre, aço zincado, aço galvanizado e chumbo.

Transformação de Isolamento

Outra forma de tornar os equipamentos elétricos mais seguros, principalmente em ambientes hospitalares, é através do emprego de transformadores de isolamento, ainda pouco usados em nosso meio.

Normalmente o circuito primário, que alimenta este transformador, é conectado ao potencial de terra (polo neutro). O transformador, através de interações magnéticas, transfere eletricidade, sem contato direto, para o circuito elétrico secundário, que não terá relação com o potencial terra. São considerados circuitos "flutuantes" em relação ao circuito primário

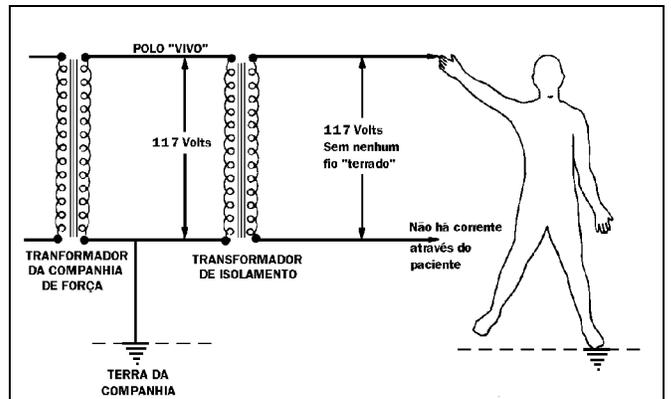


Fig 11 - Transformador de isolamento

(Figura 11).

Uma pessoa em contato com um equipamento alimentado por um transformador de isolamento e com a terra, não tem risco de eletrocussão, pois a corrente de saída deste transformador é isolada do potencial terra.

Este sistema é muito útil na profilaxia de acidentes elétricos em salas de cirurgia, unidades de terapia intensiva, berçários, etc. Porém, por seu alto custo é pouco utilizado.

Dupla Isolação

Alguns equipamentos elétricos dispensam o aterramento pois apresentam uma carcaça duplamente isolada. Toda superfície do equipamento que possa entrar em contato com o ser humano é construída de material não condutivo ou é protegida por um isolamento adicional.

Sensores de Corrente nos Sistemas de Aterramento

São constituídos de alarmes luminosos ou sonoros presentes nas centrais de força e ou nas caixas de distribuição do hospital e alertam para a presença de correntes no sistema de aterramento. Indicam que algum dos equipamentos conectados à rede apresenta falha e que o fio terra não mais apresenta potencial zero.

Tipos de Equipamentos Elétricos Permitidos em Ambientes Hospitalares

Segundo o projeto 3:62.1-014, da ABNT, "Diretrizes para o pessoal administrativo, médico e de enfermagem envolvido na utilização segura de equipamento eletro-médico, são os seguintes os tipos de equipamentos elétricos permitidos em ambientes hospitalares:

Equipamento Classe I

- isolação básica e aterramento para proteção-cabo com 3 condutores.

Equipamento Classe II

- isolação básica e isolação suplementar
- isolação dupla. Ausência de aterramento.

Equipamento Energizado internamente

- retira de uma fonte elétrica interna, a potência necessária para operar, por exemplo, uma bateria.
- tal Equipamento não possui cabo de alimentação pela rede elétrica, a não ser para, opcionalmente, carregar uma bateria.

Bisturi Elétrico - Princípios de Funcionamento

Bisturi elétrico é um equipamento que, a partir da energia elétrica alternada comum de baixa frequência (60 Hz), gera correntes elétricas de altíssimas frequências e voltagens elevadas (400 a 500 V). Na modalidade coagulação a frequência atinge valores de 600.000 a 700.000 ciclos por segundo (600 a 700 kHz) e na de corte 1.000.000 a 2.000.000 de ciclos por segundo (1 a 2 MHz). Para se ter uma idéia da magnitude dessa frequências, lembrar que as rádios de ondas médias transmitem na faixa de 500 a 1.600 kHz.

O plugue de conexão do bisturi elétrico à rede elétrica deve possuir três pinos: ativo, neutro e terra. O aterramento é obrigatório. O eletrodo de dispersão ("placa") nunca deve ser conectado diretamente à terra.

O bisturi elétrico possui duas conexões de saída: uma para a faca ou ponta (polo energizado ou ativo) e outra para a placa (polo neutro). O polo neutro do bisturi elétrico ("placa"), normalmente possui contato com o neutro da tomada de força e, portanto, um potencial igual a zero.

Princípio de Funcionamento

A corrente elétrica, ao circular por um condutor, gera calor numa proporção igual ao produto da resistência pelo quadrado da corrente:

$$POTÊNCIA = R \times i^2$$

É lógico que, durante a utilização do bisturi elétrico, a intensidade da corrente que circula pela ponta do bisturi é a mesma da placa. Então porque somente ocorre a "lesão" (corte ou coagulação) na ponta e não na placa? A resposta é simples e é entendida se observarmos a figura 12. Como a ponta apresenta uma pequena área de contato com o paciente, ocorre aí uma grande concentração de corrente, a temperatura local aumenta muito e o tecido é "lesado" (cortado ou coagulado) (Figura 14). Na placa, a densidade de corrente é pequena e o calor gerado pela passagem de corrente é distribuído e dissipado pela circulação sanguínea da pele em contato.

A corrente circula pelos organismos vivos, principalmente pelos vasos sanguíneos e líquidos corporais, por mecanismos iônicos. Conseqüentemente, para que não haja risco de acidentes, a corrente deve ficar confinada no circuito em que está operando, ou seja, bisturi elétrico, ponta (eletrodo ativo), paciente, placa (eletrodo de dispersão) e novamente bisturi elétrico (Figura 13). Se ocorrer fuga da corrente por outras vias pode ocorrer um acidente. Como visto anteriormente, a corrente elétrica de alta frequência,

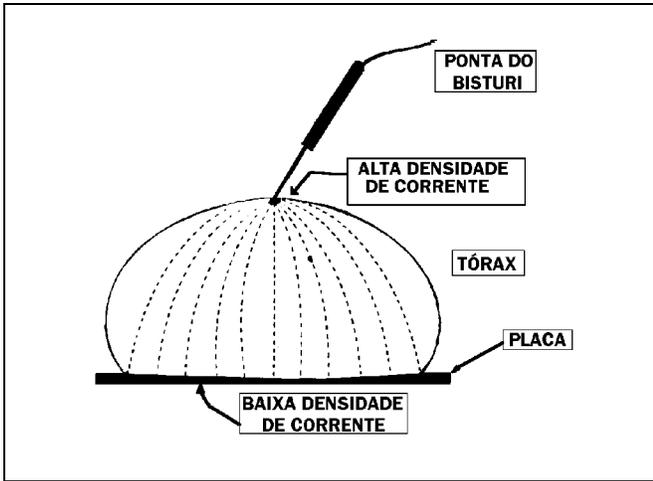


Fig 12 - Princípio de funcionamento do bisturi elétrico

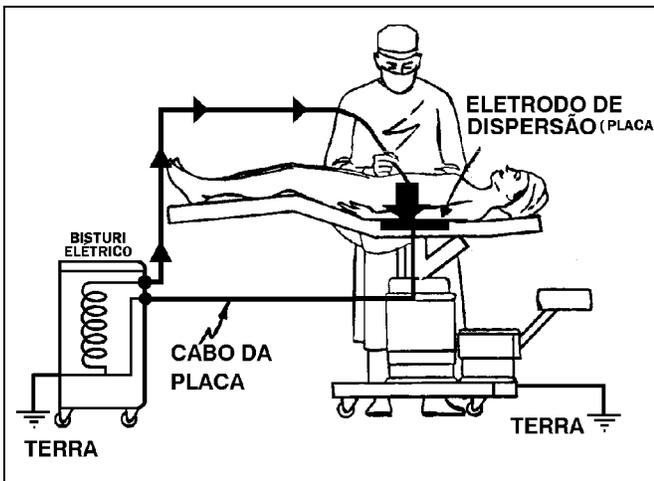


Fig 13 - Bisturi elétrico: vias de circulação da corrente

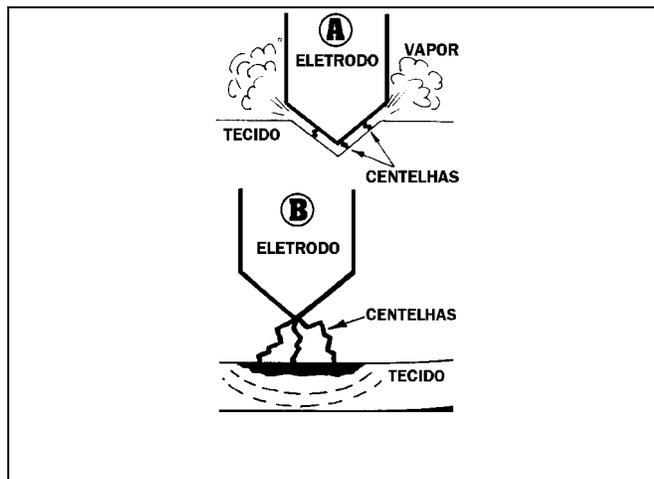


Fig 14 - Bisturi elétrico: mecanismos envolvidos

- A - corte do tecido
- B - coagulação

gerada pelo bisturi elétrico, não apresenta risco para o coração.

Na modalidade Coagulação, a energia liberada pelo bisturi elétrico não é contínua e, mesmo com o acionamento contínuo do equipamento, o resultado é uma onda pulsátil. A modalidade coagulação gera potenciais mais elevados que a modalidade corte, porém, a potência transmitida aos tecidos é menor pois a onda é pulsátil e, por mais da metade do tempo de acionamento, o potencial é zero. Além disso, a energia é dissipada por muitas células simultaneamente, levando a um aumento da temperatura mais lento que no corte, provocando desidratação e coagulação das proteínas intracelulares (Figura 14 B).

Na modalidade Corte os potenciais são mais baixos que na coagulação, porém, como a onda na modalidade corte é contínua, a potência transmitida aos tecidos é maior que na coagulação. A energia liberada promove rápido aquecimento da água intracelular (ebulição), levando à explosão da célula. Nesta modalidade a lesão produzida pelo bisturi elétrico é mais limitada, poupando as células adjacentes (Figura 14 A).

Situações com Risco de Acidente

Contato Inadequado da Placa com a Superfície Corporal

A placa (eletrodo de dispersão) deve ter uma superfície de contato de acordo com a potência gerada pelo bisturi elétrico, sendo no mínimo de 1 cm² para cada 1,5 watt de energia. Porém, de nada adianta a placa obedecer os limites acima, mas não entrar totalmente em contato com o paciente.

Os bisturis de grande potência, quando funcionando no máximo, geram uma potência ao redor de 300 watts e nessas condições a placa deve ter uma área de contato com o paciente de pelo menos 200 cm². Situações de risco podem ocorrer quando:

- 1.1- houver interposição inadvertida de campos cirúrgicos entre o paciente e a placa, diminuindo a área efetiva de contato. Nesta situação duas coisas podem acontecer:
 - 1.1.1-a corrente se concentra em pontos da placa, causando queimaduras nestes locais (Figura 15) e, ou;
 - 1.1.2-a corrente escoar por vias alternativas (mesa cirúrgica, eletrodos do ECG), com risco de queimaduras nestes locais (Figura 16).

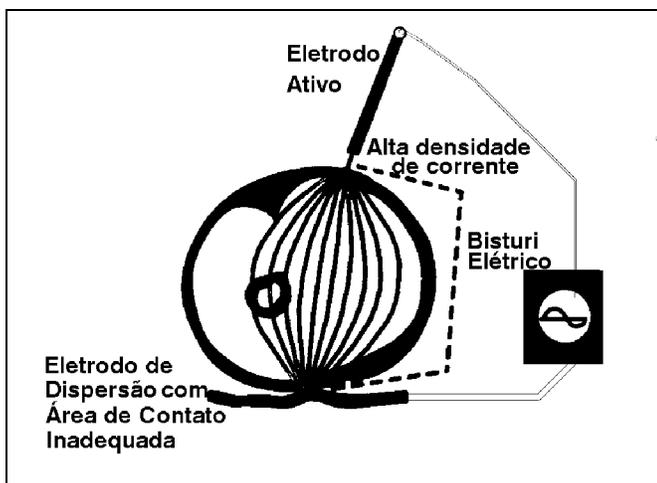


Fig 15 - Concentração da corrente no local da saída

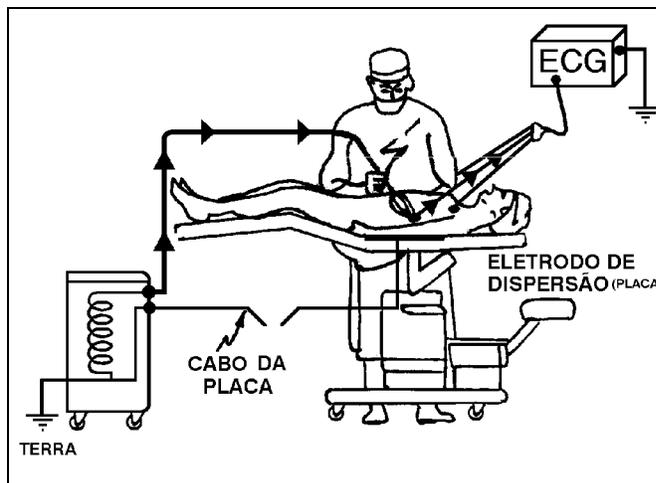


Fig 17 - Concentração de corrente: Lesão no eletrodo do cardioscópio

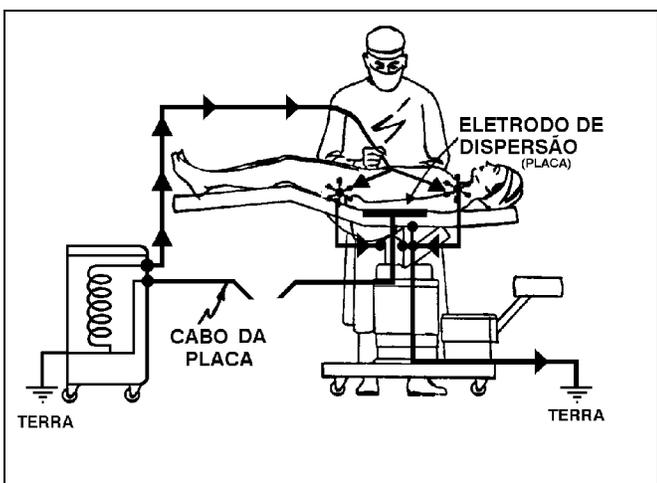


Fig 16 - Circulação da corrente por vias alternativas. Notar as possibilidades de lesões.

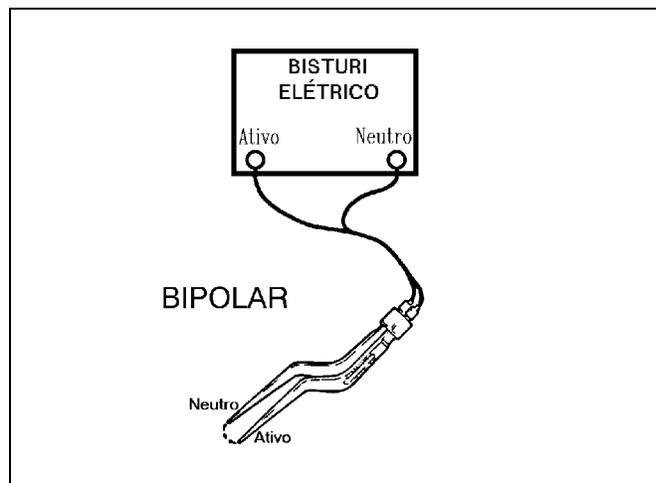


Fig 18 - Bisturi elétrico bipolar: Via de circulação da corrente.

1.2-a placa for colocada em locais com protuberâncias ósseas. Neste caso a corrente se concentra nessas regiões e com a isquemia existente pelo excesso de pressão, não existe adequada dissipação de calor e conseqüente ocorre queimadura (Figura 15).

2. Interrupção Parcial ou Total do Contato da Placa com o Bisturi Elétrico

A interrupção do contato da placa com o bisturi elétrico pode ser conseqüente à: desconexão do cabo, quebra do fio no interior da blindagem ou defeitos nos plugues de conexão. A falta do contato entre a placa e o bisturi elétrico possibilita a circulação de corrente por vias alternativas.

Todos os pontos de contato do corpo do paciente

com o potencial de terra, são vias alternativas para a circulação de corrente. Entre as mais comuns, podemos citar:

- 2.1- contato direto da superfície corporal com a mesa cirúrgica aterrada (Figura 16);
- 2.2- eletrodos conectados ao paciente que possibilitem contato com o potencial de terra (Figura 17);
- 2.3- contato do paciente com materiais condutivos (de plástico ou borracha, tubos, colchões) para dissipação de eletricidade estática.

As conseqüências são queimaduras nos locais por onde a corrente flui alternativamente. Se a superfície de contato nesses locais for pequena, haverá grande concentração de energia, aumento de temperatura e lesão tecidual, muitas vezes graves.

O maior número de acidentes relatados com bis-

turi elétrico são conseqüentes a um cabo de placa partido e fuga da corrente pelo eletrodo terra do cardioscópio (Figura 17). A lesão provocada na região do eletrodo do cardioscópio geralmente é muito profunda e de cicatrização demorada, pois cada vez que o bisturi é acionado a mesma região sofre as conseqüências citadas.

Para que o contato entre a placa e o paciente seja mais uniforme e eficiente, recomenda-se a utilização de soluções condutivas (gel contato).

Hipoperfusão Tecidual

A quantidade de energia que circula pela placa é a mesma que circula pela ponta do bisturi. Normalmente não há queimadura na região da placa porque a área de contato é grande e a circulação sangüínea da pele dissipa o calor gerado no local. Porém, em situações onde a perfusão tecidual no local da placa se torna inadequada (pacientes chocados, hipotensos, hipotérmicos, placa causando compressão tecidual), a falta de dissipação adequada do calor gerado provoca queimaduras na região em contato com a placa.

Capacitância e Indução Magnética

Tanto o fenômeno de capacitância, quanto o de indução magnética, são capazes de induzir correntes em meios condutores (cabos de monitores conectados ao paciente, que funcionam como "antenas"). Esses fenômenos podem acontecer durante o funcionamento de um bisturi elétrico, que gera uma corrente alternada de altíssima freqüência.

Portanto, em pacientes monitorizados em que se utiliza um bisturi elétrico, a indução de corrente elétrica é mais um risco para a integridade do organismo. Porém, esse tipo de acidente é raro. Para evitá-lo, deve-se colocar o bisturi elétrico o mais distante possível dos monitores e posicionar a fiação de modo perpendicular entre si.

Bisturi Elétrico Monopolar e Bipolar

O bisturi elétrico referido, e mais freqüentemente utilizada é o monopolar (Figuras 16 e 17). No bisturi bipolar tanto o polo ativo, quanto o polo neutro localizam-se na pinça utilizada pelo cirurgião (Figura 18). Neste caso a corrente elétrica de alta freqüência circula de um braço ao outro da pinça e, portanto, numa área restrita ao local onde se deseja coagular o tecido. As potências geradas pelo bisturi bipolar são menores que as geradas pelo monopolar. São indicados em intervenções cirúrgicas delicadas.

O bisturi elétrico bipolar dispensa o uso da placa e não deve ser confundido com a pinça, muitas vezes

utilizada no local da faca do bisturi monopolar e, que erroneamente, é denominada "bipolar".

Em resumo, a prevenção de acidentes com o bisturi elétrico baseia-se em:

1. Respeitar às dimensões adequadas da placa (1,5 cm² por watt de potência gerada).
2. Evitar a colocação da placa em áreas de protuberâncias ósseas (calcanhar, tornozelo, joelho, cristas ilíacas, cotovelo); as melhores regiões para sua colocação são: nádegas, coxas, panturrilhas, abdômen.
3. Conferir o posicionamento da placa toda vez que houver mudança na posição do paciente.
4. Não utilizar placas com superfícies irregulares. Atualmente existem eletrodos de dispersão (placas) adesivas à superfície corporal.
5. Utilizar soluções eletrolíticas de contato.
6. Presença de alarmes de desconexão de placa. Os bisturis elétricos mais modernos possuem sistemas de segurança que alertam para desconexão da placa do bisturi elétrico. Esses bisturis possuem cabos duplos de conexão da placa e soam um alarme quando um dos fios está partido ou desconectado.
7. Testar a integridade dos cabos da placa e da ponta do bisturi elétrico (pelo pessoal de enfermagem) durante a preparação do material.
8. Evitar a proximidade dos cabos do bisturi elétrico com os cabos de outros monitores (fenômenos de indução magnética e capacitância).
9. Utilizar o bisturi nas menores potências possíveis para se obter os efeitos desejados.
10. Utilizar tomada de 3 pinos para aterramento adequado do bisturi elétrico.

Marcapassos e Uso do Bisturi Elétrico

Quando nos deparamos com um doente que faz uso de marcapasso cardíaco e que terá que se submeter a uma cirurgia, sempre vem a pergunta: O uso do bisturi elétrico é ou não é permitido? A resposta a essa pergunta merece algumas considerações.

Os marcapassos, quanto a sua localização, podem se classificar em internos e externos. Quanto ao mecanismo de funcionamento, em não competitivos (freqüência fixa) e competitivos.

Nos marcapassos competitivos existem mecanismos sensíveis aos estímulos gerados no próprio coração (nó SA, nó AV e sistema de condução). Estes mecanismos, ou inibem a geração do estímulo (marcapasso de demanda), ou desencadeiam o estímulo (marcapasso de disparo).

Dependendo destas características, serão diferentes as complicações decorrentes do uso de equipamentos eletro-médicos (Tabela I).

Os marcapassos mais modernos possuem blindagem suficiente para bloquear a interferência ele-

Tabela 1- Problemas com Marcapasso e Uso do Bisturi Elétrico

LOCALIZAÇÃO	MECANISMO DE FUNCIONAMENTO	COMPLICAÇÕES	DANO AO MARCAPASSO
INTERNO	COMPETITIVO	Interferência eletro-magnética Desprogramação do marcapasso	Relatado
	NÃO COMPETITIVO	Pouco freqüente	Relatado
EXTERNO	NÃO COMPETITIVO	Eletrocussão por 60 Hz Distúrbios de ritmo cardíaco e fibrilação ventricular	Relatado

tro-magnética gerada pelo bisturi elétrico. Em alguns casos, no entanto, desconhecemos qual o tipo de marcapasso implantado no paciente. Se o marcapasso for de frequência fixa (não competitivo) o risco de interferência eletro-magnética é menor do que nos competitivos.

Alguns cuidados devem ser observados para os pacientes portadores de marcapasso, durante procedimentos cirúrgicos nos quais se utiliza bisturi elétrico:

1. Quando possível usar o bisturi elétrico bipolar.
2. Se o sistema monopolar é essencial, verificar o caminho da corrente (placa e ponta), evitando que o gerador do marcapasso se encontre neste caminho.
3. A ponta deve trabalhar a uma distância de no mínimo 15 cm do gerador e de seus cabos.
4. Monitorizar o ritmo cardíaco (espículas do marcapasso) e os sons cardíacos.
5. Utilizar o bisturi elétrico com baixas potências.
6. Utilizar o bisturi elétrico por breves períodos, intercalados por períodos suficientes para observação do ritmo cardíaco.
7. Se ocorrerem sérias interferências e o uso do bisturi for essencial, desativar o sistema de demanda com magneto, fixando a frequência de estímulo.
8. Após o uso de bisturi elétrico em um paciente com marcapasso programável, o mesmo deve ser testado.

Práticas Recomendadas para Utilização Segura do Equipamento Eletro-Médico

Segundo o projeto 3:62.1-014, da ABNT, "Diretrizes para o pessoal administrativo, médico e de enfermagem envolvido na utilização segura de equipamento eletro-médico", algumas práticas são recomendadas para a utilização segura do

equipamento eletro-médico:

1. Certificar-se de que a aceitação técnica do Equipamento tenha sido feita pelo Departamento de Engenharia Hospitalar ou, na falta deste, por elemento técnico autorizado.
2. Antes da utilização, ler as instruções do Manual.
3. Verificar a disponibilidade de material de consumo necessário.
4. Evitar a utilização de cordões ou cabos de extensão e adaptadores múltiplos ("benjamins"). Insistir para que sejam instaladas tomadas de corrente em número e qualidade suficientes.
5. Nunca puxar um plugue pelo cordão ou cabo.
6. Solicitar a substituição de tomadas de corrente, plugues e cordões ou cabos danificados.
7. Providenciar a verificação do Equipamento e/ou das partes que tenham sido submetidas a solicitações mecânicas indevidas (por exemplo, queda e impacto).
8. Não colocar recipientes com líquidos, bolsas de infusão ou similares sobre o Equipamento.
9. Solicitar a verificação do Equipamento, quando existir suspeita de penetração acidental de líquido.
10. Ao limpar, desinfetar ou esterilizar um Equipamento, certificar-se de que o procedimento não o danificará.
11. Não prejudicar a circulação de ar do Equipamento.
12. Evitar luz solar direta sobre o Equipamento, para impedir sobre-aquecimento.
13. Ao empilhar Equipamento, ter o cuidado de assegurar a circulação de ar e a estabilidade mecânica.
14. Ter sempre presente que o risco de fogo aumenta quando se usa oxigênio e/ou óxido nítrico.
15. Equipamento eletro-doméstico operado sob tensão da rede elétrica (secador de cabelo, barbeador, rádio, receptor de TV) pode causar risco a um Paciente ligado a Equipamento Eletro-Médico (energização do sistema de aterramento).
17. Em caso de dúvida, solicitar assessoria técnica pertinente.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

01. Becker, CM; Malhotra, IV - The Distribution of Radiofrequency Current and Burns. *Anesthesiology* 1973, 38:106-122.
02. Bruner, JMR; Leonard P, F - Electricity, Safety and the Patient. Year Book Medical Publishers, Inc. First edition.
03. Bruner, JMR - Hazards of Eletrical Apparatus. *Anesthesiology* 1967, 28:396-429.
04. Bruner, JMR - Common Abuses and Failures of Electrical Equipment. *Anesthesia and Analgesia* 1972, 51:810-820.
05. Dorsch & Dorsch: Understanding anesthesia equipment. Williams and Williams. Second edition.
06. Hull, CJ - Electrocutation Hazards in the operating theatre. *Br J Anaesth* 1978, 50:647-657.
07. Leonard, PF - Characteristics of Electrical Hazards. *Anesthesia and Analgesia* 1972, 51:797-809.
08. McIntosh; Mushin; Epstein - Physics for the anaesthetist. Blackwell Scientific Publications. 4th. edition revised and rewritten by MUSHIN, WW and JONES, PL.
09. NBR 5410 (NB-3) - Instalações elétricas de Baixa Tensão. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Segunda edição, Rio de Janeiro, ABNT, 1990.
10. NFPA N^o 76CM, High-Frequency electrical equipment in hospitals: National fire protection association, 470 Atlantic Avenue, Boston, MA 02210.
11. Poso IP, Cromberg S, Cremonesi E - Queimadura acidental durante cirurgia (Apresentação de um caso). *Rev Bras Anest* 1975, 25:163-164.
12. Spiegel P - Complicações devidas ao uso de monitores eletrônicos. *Rev Bras Anest* 1976, 26:181-196.
13. Wald, SW; Mazzia VDB; Spencer FC - Accidental Burns Associated with Electrocautery. *JAMA* 1971, 217:916-921.
14. Ward, CS; Anaesthetic equipment. Physical principles and maintenance. Bailliere Tindall. Second edition (1985).