

## PREVENÇÃO DE ACIDENTES

### Incêndio e explosões na Sala de Operações (\*)

DR. PETER SPIEGEL, E.A. (\*\*)

AP 2491

*Na prevenção de acidentes por explosão e incêndio é essencial o conhecimento das causas e seus mecanismos de ação. São discutidos os diversos tipos capazes de causar explosões na sala de operações e sua prevenção. No Brasil existem problemas especiais ligados às condições sócio-econômicas e por isto a prevenção é dividida em três metas, das quais, a primeira deverá ser atingida imediatamente, enquanto que a segunda elimina erros mais comuns encontrados em nossas salas de operações, a terceira é a aplicação integral da norma da ABNT — P-NB-166.*

Um acidente é qualquer acontecimento anormal, potencialmente perigoso para o homem, podendo levar a danos materiais ou pessoais.

Na sala de operações cabe ao anestesista uma grande responsabilidade na prevenção de acidentes, que podem por em perigo não só a vida do paciente mas também a de todas as outras pessoas que freqüentam o Centro Cirúrgico. Em matéria de acidentes mais vale prevenir do que remediar. O anestesista deve assumir um papel mais ativo na prevenção de acidentes, mantendo contatos estreitos com a administração do hospital e ensinando aos colegas e ao pessoal subalterno as regras de prevenção de acidentes.

Estudaremos nesta palestra os acidentes: Explosão, incêndio e eletrocução, deixando de lado os acidentes iatrogênicos e os devidos à posição viciosa do paciente na mesa de operações, visto que estes interessam apenas diretamente à saúde do paciente enquanto que aqueles são de interesse de toda equipe cirúrgica.

(\*) Conferência apresentado ao XV Congresso Brasileiro de Anestesiologia, outubro de 1968, Brasília, D.F.

(\*\*) Do Serviço de Anestesia do Hospital de Clínicas da Faculdade de Ciências Médicas da U.E.G.

A explosão é uma comoção violenta e instantânea acompanhada de detonação produzida pela inflamação repentina ou excesso de tensão de um gas, ou pela expansão de um corpo sólido ou líquido que passa ao estado gasoso.

Como se vê pela definição poderá haver explosão de causa física e explosão de causa química.

Nos acidentes de causa física o acidente é causado por uma grande diferença da pressão de gases de um e de outro lado de uma parede sólida. Ao se romper a parede há uma explosão, podendo haver ainda o disparo das partículas fragmentadas causando danos materiais ou pessoais.

São exemplos de explosão de causa física:

1) Rutura de cilindros por superaquecimento e/ou enfraquecimento da parede por ferrugem e/ou pancada violenta sobre ponto fraco de um cilindro de gas sob alta pressão.  
Prevenção:

Não colocar cilindros perto de fontes de calor, não depositar cilindros diretamente não chão se houver possibilidade de acúmulo de água na sua base durante os procedimentos de limpeza do ambiente ou por exposição às intempéries. Não deixar os cilindros "soltos". No manuseio dos cilindros usar técnicas seguras que impeçam quedas ou baques violentos.

2) Explosão de juntas de válvulas por má coaptação de roscas. A válvula pode se soltar e funcionar como projétil.  
Prevenção:

Evite usar válvulas redutoras de pressão com roscas gastas. Aperte as roscas com cuidado, evitando que "trepe". Abra a válvula do cilindro apontando a válvula em direção que não possa causar acidente, se ela se desprender. Abra a válvula do cilindro devagar.

3) Compressão adiabática — É o aumento da pressão sem alteração de volume. Quando se comunica um cilindro contendo gases sob alta pressão com a câmara na qual a pressão é baixa há uma saída de gas do cilindro para a câmara de pressão baixa. Se esta tiver as paredes rígidas haverá passagem de gases do cilindro à câmara até que as pressões se igualem. No cilindro diminuirá o número de moléculas e na câmara êste aumentará. Em consequência o choque de moléculas na câmara aumentará (produzindo calor) e a temperatura do cilindro irá cair (por menor número de moléculas em choque). Quanto mais rápida a passagem dos gases para a câmara fechada tanto maior será a temperatura. É o que se observa ao transvazar cilindros pequenos de oxigênio a partir de bala grande. O transvazamento, condenável

*à priori*, deverá ser lento, ambos os cilindros deverão ter suporte, que não o cano que os une. O enchimento deverá ser controlado por manômetro, evitando-se atingir a pressão máxima de teste do cilindro pequeno.

Ainda devido ao fenômeno da compressão adiabática a temperatura numa câmara fechada poderá se elevar ao entrar nela um gas sob pressão alta. Se nesta câmara existir substância inflamável (óleo, graxa, borracha) e o gas fôr comburente pode-se desencadear uma combustão ou mesmo explosão de natureza química.

4) Um vaporizador de anestésico cuja saída seja entupida acidentalmente poderá provocar um aumento da pressão no seu interior, podendo explodir e causar ferimentos pelos cacos disparados. Se o anestésico fôr inflamável e houver uma fonte de energia capaz de incendiá-lo poderá haver explosão química. Conclusão: Quando se usa bisturi elétrico ou outros dispositivos capazes de incendiar um anestésico inflamável retire-o de qualquer vaporizador na linha do aparelho de anestesia, mesmo que esse vaporizador não esteja em uso.

5) Um exemplo particular é a implosão (ou explosão para dentro). Este acidente pode ocorrer se houver entupimento da entrada de um aspirador em funcionamento e houver defeito ou batida no vidro do mesmo.

A explosão química resulta de uma oxidação ultra-rápida e violenta exigindo a presença dos seguintes fatores: Combustível (anestésico ou antissético) + comburente (ar, oxigênio ou protóxido de azoto) + energia inicial (elétrica ou térmica). Para que haja explosão combustível e comburente deverão estar presentes numa certa proporção, que permita a combinação de grande número de moléculas de oxigênio e do combustível.

Pode-se ter uma mistura pobre (em combustível). Neste caso, em presença do calor (energia inicial) pode haver uma reação insuficiente para que a chama se propague. Pode-se ainda ter uma mistura rica demais (em combustível). Neste caso a chama poderá se propagar (chama fria) até se extinguir a disponibilidade de oxigênio. Esta propagação é vagarosa e não violenta. Se entretanto a chama chega a um ponto em que encontra maior quantidade de oxigênio poderá haver uma deflagração.

Denomina-se de deflagração a propagação de uma chama em mistura gasosa, mesmo que cesse a energia inicial. Durante uma deflagração num tubo pode-se observar que a chama caminha ao longo do mesmo, podendo-se distinguir

uma zona de reação, a direção na qual se propaga a frente de reação, bem como sua velocidade. Adiante da frente de ignição estão os gases frescos, que se inflamam graças ao calor na frente de ignição.

Numa mistura estoiquiométrica há um número igual de moléculas de oxigênio e de combustível. A combustão será completa, havendo uma liberação máxima de calor. A mistura de 3,4% de éter etílico em ar é estoiquiométrica.

As tabelas de flamabilidade indicam os limites de concentração dos diversos agentes dentro dos quais pode haver a propagação da chama.

TABELA I

**LIMITES DE EXPLOSIBILIDADE DE ANESTÉSICOS E TEMPERATURA DE IGNIÇÃO (NO AR):**

Anestésico	No ar	% em oxigênio	em N <sub>2</sub> O	Temp. ign.
Éter etílico	1,85 a 36,5%	2,1 a 82%	1,5 a 24,2%	151°C
Cloretila	4,0 a 14,8%	4 a 67,2%	2,1 a 32,8%	517°C
Ciclopropano	2,4 a 10,3%	2,4 a 63%	3 a 28%	498°C
Éter vinílico	1,7 a 27%	1,8 a 85,5%	1,4 a 24,8%	399°C
Fluoroxene	4,2% —	4,2% —	4,0% —	

A velocidade da chama (ou da deflagração) varia dentro dos limites de flamabilidade.

Misturas inflamáveis ricas em oxigênio quando se inflamam detonam (ou explodem). Há uma propagação extremamente rápida da chama formando-se ondas de choque, havendo danos não só por causa do calor, mas, principalmente, devido às ondas de choque.

Parábola de comparação — Num campo de futebol um time de 3.<sup>a</sup> categoria faz um gol — imediatamente vibra toda a sua torcida local — é uma deflagração. Se fôsse o selecionado brasileiro vibraria todo o Brasil — seria uma explosão de alegria.

A explosão é tanto mais violenta quanto mais confinado for o ambiente. Os efeitos de uma explosão num sistema fechado são mais graves do que se a mesma se produzisse num sistema aberto.

Denomina-se de detonador tudo aquilo que inicia uma explosão, seja uma centelha, uma pancada, uma chama ou calor radiante — qualquer forma de energia capaz de ace-

lerar o movimento molecular a tal ponto que permita uma reação entre combustível e comburente, reação que pôr sua vez produz calor e se perpetua até o esgotamento de um ou do outro.

Numa detonação (ou explosão) a onda de choque pode caminhar a velocidade de 3.000 m/seg e a temperatura na frente de reação pode alcançar acima de 3.000°C. Diz a regra de Arrhenius: A velocidade de uma reação química se dobra quando a temperatura da mistura inicial se eleva de 10°C.

Prevenção de explosões na sala de operações:

Na prevenção de explosões na sala de operações pode-se controlar apenas dois fatores: o combustível e a fonte de energia inicial.

#### ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE MISTURAS INFLAMÁVEIS

De um modo geral (com exceção do etileno) todos os agentes inflamáveis usados na sala de operações são gases ou vapores de densidade maior do que a do ar. Em consequência as misturas inflamáveis tendem a cair, a sua distribuição variando de acôrdo com a ventilação do ambiente. Devido a êste fenômeno nos locais de uso de agentes inflamáveis pode-se distinguir uma zona perigosa (até a altura de 1,5m) e uma zona acima da perigosa.

Normalmente pode-se encontrar numa sala em que se usa anestésico inflamável uma mistura explosiva até uma altura de 50 cm acima do piso. Entretanto, próximo à face do paciente pode haver uma mistura explosiva à altura de 1 m e devido a correnteza, movimento de pessoas na sala considera-se a possibilidade de haver mistura explosiva até 1.5 m acima do piso.

Destas noções depende o princípio básico da prevenção de explosões na sala de operações: Nunca permitir que ocorra simultaneamente, extravasamento de uma mistura inflamável e o aparecimento de um mecanismo detonador na zona perigosa. É isto que se faz na Norma de Prevenção de explosões em hospitais, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Quando se usam anestésicos inflamáveis o contrôle só poderá se fazer nas fontes de ignição. Quando não é possível o contrôle da fonte de ignição deve-se usar misturas não inflamáveis.

## ESTUDO DAS FONTES DE IGNIÇÃO

São fontes de ignição e devem ser mantidas fora de zona perigosa de local de uso (ou também de local de estocagem) de agentes inflamáveis:

1) Chama aberta — fósforo ou velas acesas, flambagem, lamparina, ponta de cigarro acesa, bico de gas aceso, etc. Em nosso meio ainda é comum verem-se autoclaves a gas em sala contígua ao local de uso de agentes inflamáveis, permanecendo aberta a porta entre os dois recintos.

2) Superfícies quentes — Exemplo: um objeto recém-esterelizado por flambagem, placas de aquecimento elétrico, fragmentos de lâmpada incandescente (quebrada acidentalmente) superfície de lâmpada acesa (acima de 8 volts) etc. Em nosso meio ainda é comum encontrar-se um esterilizador elétrico (mesmo que em bom funcionamento) dentro de sala de operações, a maioria das lâmpadas incandescentes não estão dentro de luninárias que impeçam a queda de fragmentos em caso de quebra, muitos otorrinos ainda continuam a usar o espelho frontal e fonte luminosa das mais rudimentares.

3) Arco, faísca ou centelha elétrica — Tanto a eletricidade estática como a dinâmica são capazes de produzir centelhas suficientemente fortes e que desencadeiam uma explosão. É aqui que o problema da prevenção se torna mais complexo e estudaremos em separado os problemas de eletricidade estática e os da eletricidade dinâmica.

## ELETRICIDADE ESTÁTICA

Gera-se eletricidade estática tôda vez que dois corpos condutores de eletricidade entram em contato. Esta eletricidade pode-se acumular, dependendo se encontra ou não vias de escoamento.

Esta poderá ser o próprio ar, umidecido (acima de 60% de umidade relativa) ou um bom condutor de eletricidade. Se não houver um escoamento constante ou imediato de cargas eletrostáticas, estas podem se acumular no mau condutor e se descarregar repentinamente ao entrar em contato com um bom condutor, nesta ocasião produzindo-se então uma faísca.

Na prevenção da centelha estática usa-se o princípio de descarregar permanente e rapidamente tôda e qualquer carga eletrostática que venha a se formar. Para tanto lança-se mão dos seguintes artefatos:

1) Piso condutor. Em zona perigosa o piso condutor serve como elemento de intercomunicação elétrica de pessoas e objetos. Dentro das condições de teste estabelecidas na ABNT o piso condutor deverá ter uma resistência de 25.000 a 1.000.000 de Ohms. O piso condutor por sua vez aumenta o perigo de choque elétrico em pessoas, quando ocorre falha de equipamento elétrico, e quando não se usa sistema elétrico não-aterrado (Vide adiante). O piso condutor é usado também nos corredores dentro do centro cirúrgico bem como até 3 m. antes de qualquer zona perigosa.

2) Todas as pessoas devem estar com calçado condutor, e todo equipamento móvel ou fixo deverá estar em contato elétrico permanente com o piso condutor, através de diversos artifícios.

3) Também o paciente deverá estar em ligação elétrica com o piso, o que se consegue com o uso de cobertura anti-estática nos colchões de macas e mesas de operações. Os rodízios de macas e aparelhos (de anestesia) e outros devem ser de borracha condutora (antiestática).

4) Toda roupa de cama, campos e roupa externa do pessoal que frequenta o centro cirúrgico deve ser de algodão ou outro tecido bom condutor.

5) O aparelho de anestesia, apresenta-se como um conjunto condutor devendo, em todo circuito de gases anestésicos ser usado material anti-estático (resistência máxima de 1 megaohm) incluindo bôlsas, traquéias, válvulas, máscaras, vaporizadores etc.

#### CIRCUITOS ELÉTRICOS NÃO ATERRADOS

Os circuitos de corrente alternada não aterrados serão isolados dos circuitos convencionais aterrados por meio de um ou mais transformadores, que isolam o dito circuito elétrico da fonte principal e de outros circuitos do prédio.

Estes transformadores devem estar instalados em área não perigosa, sendo do tipo seco. O condutor não aterrado do circuito primário deverá ter um dispositivo de segurança contra excesso de carga, localizado em área não perigosa.

Os circuitos secundários não serão aterrados, devendo ter um dispositivo de proteção contra excesso de carga. Além disto as tomadas, se em área perigosa deverão ser do tipo a prova de explosão.

Apesar da aparelhagem elétrica usada em sala ser ligada em circuito não aterrado, as tomadas deverão ter um pino para fio terra (3.º pino) destinado a aterrar o artefato se

houver um curto entre a carcassa do aparelho e um fio energizado.

Sistemas elétricos de acessórios fixos ou portáteis usados na sala de operações, em zona perigosa, devem ser de tipo a prova de explosão, se a energia que os ativa é acima de 8 volts.

Existem diversos artifícios para se tornar um motor ou tomada a prova de explosão:

a) Colocar o sistema energizado dentro de um compartimento blindado e fechado. Caso haja penetração de vapores explosivos para o interior da tomada, por exemplo, haverá uma explosão limitada, incapaz de romper a blindagem e portanto de se espalhar a detonação.

b) Aparelhos ou motores são muitas vezes colocados em atmosfera de nitrogênio sob pressão positiva, de tal modo que se houver um escapamento desta atmosfera se torna impossível de ligar o aparelho.

O material a prova de explosão deve assim ser designado especificamente pelo fabricante.

Quando não há possibilidade de se fazer uma instalação a prova de explosão todos os artefatos elétricos deverão ser colocados a uma altura mínima de 1,5 m. acima do piso, a fiação elétrica, se não for do tipo especificado na norma não deverá entrar em área perigosa e os interruptores também não poderão estar em área perigosa. Além disto torna-se necessário que estes aparelhos elétricos estejam fixos de tal maneira que, mesmo acidentalmente, não possam cair ou lançar fagulhas (em caso de curto-circuito) para a área perigosa.

Como aqui no Brasil ainda não existem aparelhos de ar condicionado do tipo janela, a prova de explosão, estes aparelhos só devem ser instalados, a título precário, numa altura acima de 1,5 m. Sob o ponto de vista de controle bacteriológico da sala de operações estes aparelhos são um contra-senso.

Outro problema é o dos estoques de agentes inflamáveis. De um modo geral no centro cirúrgico o estoque de éter, álcool e outros agentes líquidos inflamáveis não deve ser superior ao que se usa normalmente num período de 48 horas. As garrafas devem estar guardadas em local seguro (protegidas contra quedas e em armário de parede externa, longe de portas de saída).

Quanto aos cilindros de ciclopropano — estes deverão ser mantidos nos aparelhos, com a válvula fechada se não estiverem em uso e o estoque não deverá ser superior ao da metade do número de aparelhos de anestesia em que são usados.

Todo éter anestésico deverá ser recolhido ao fim do dia para frascos fechados, podendo ainda ser usado para limpeza do paciente ou em laboratório; não deverá nunca ser despejado dentro de pias.

No Brasil dividimos a prevenção de explosões em três metas:

Primeira meta: Eliminação dos erros mais grosseiros:

1) Proibição absoluta do uso de tábuas de tomadas elétricas, de extensão.

2) Proibição absoluta da flambagem como método de esterilização.

3) Proibição absoluta da instalação de esterilizadores nas salas de operações, salas de curativos e salas anexas, se não houver porta separando as duas sala, além de um ventilação eficiente destas salas.

4) Proibição absoluta de transvazamento de gases, especialmente de cilindros de agentes inflamáveis.

Segunda meta: Eliminação dos erros mais comuns:

1) Retirar da zona perigosa as instalações elétricas ou artefatos capazes de causar faísca elétrica, durante seu funcionamento normal ou em caso de defeito.

Colocar acima de 1,5m. motores elétricos (aspiradores e outros) transformadores de lâmpadas especiais. Fixá-los para evitar queda acidental.

2) Todos os pedais de aparelhos elétricos produzem faíscas ao se fazer o contato. Onde se usam pedais em aparelhos elétricos não devem ser usados agentes inflamáveis.

3) Onde se usa termocautério, raios X, bisturi elétrico, não se deve usar agentes inflamáveis.

4) As salas de operações deverão ter tomadas elétricas em número suficiente, situadas acima de 1,5m. Da mesma maneira os interruptores, lâmpadas, luminárias, negatoscópios, aparelhos de ar condicionado do tipo caseiro deverão ser instalados acima de 1,5m.

5) Lâmpadas e outras partes quentes devem ser protegidas de tal maneira que não haja perigo de queda de material em zona perigosa no caso de quebra.

6) Os fios elétricos que passam por zona perigosa devem ser resistentes à umidade e encapados de tal maneira que possam resistir ao uso pesado (pisada, tração, etc.), obedecendo à Norma Técnica da ABNT. N.º PNB-116.

A terceira meta sintetiza as condições ideais, conforme está na Norma Técnica da ABNT: P-NB-166.

1) Na zona perigosa — piso condutor.

2) Na zona perigosa circuitos elétricos não aterrados.

- 3) Material e mobiliário da sala de operações de material antiestático.
- 4) Precauções antiestáticas do pessoal.
- 5) Tomadas à prova de explosão na zona perigosa.
- 6) Uso de apetrechos elétricos a prova de explosão em zona perigosa.
- 7) Manutenção constante, eficiente, consciente e controlada.
- 8) Ensino e supervisão do pessoal, de modo constante e repetido periodicamente.

Um ponto completamente descuidado na maioria dos hospitais é o planejamento em caso de explosão ou incêndio sob os seguintes aspectos:

- 1) Contrôlo imediato do incêndio — quem, com que meios.
- 2) Contrôlo imediato do sistema centralizado de oxigênio — onde existem válvulas de emergência e como são desligadas.
- 3) Aviso de incêndio para chamar auxílio externo: para combate e para evacuação do local — como fazer a chamada mais rápida e eficiente.
- 4) Estudo das principais vias de acesso e saídas de emergência.
- 5) Plano de evacuação ordenada.

Em cada hospital o anestesista deveria seriamente estudar junto com a administração estes problemas e começar o treinamento do pessoal em simulacros periódicos.

#### SUMMARY

##### PREVENTION OF ACCIDENTS: — FIRES AND EXPLOSIONS IN THE OPERATING ROOM

In the prevention of fires and explosion a working knowledge of causes and mechanisms is essential. These are discussed as well as the aspects of prevention. In Brazil social and economic factors present some peculiar problems and the prevention of explosions is divided in three phases. In the first phase preventions is directed towards the most common and dangerous errors occurring in operating rooms, which are to be stopped immediately. During the second phase some common misconceptions and errors are eliminated, without great expenditures. During the third phase the newly released Fire Protection Code of the ABNT is fully applied.