

Segurança e Anestesia[‡]

Peter Spiegel, EA[¶]

Spiegel P — Segurança e anestesia. Rev Bras Anest 32: 4: 271 - 282, 1982.

Neste artigo de revisão são abordados os seguintes assuntos: Manuseio de gases comprimidos, identificação positiva dos gases, normas relativas ao assunto. Sistemas centralizados de gases não inflamáveis. Prevenção de incêndios e explosões na sala de operações e queimaduras em pacientes. Cuidados no manuseio per-operatório do paciente quando o cirurgião usa bisturi elétrico. Interação de bisturi elétrico e marcapassos. Prevenção dos acidentes por eletrocução e uso de equipamentos elétricos e eletrônicos na sala de operações e na UTI.

Este artigo é de interesse não só para médicos, mas também para enfermeiras, administradores de hospitais, departamentos de manutenção hospitalar.

Unitermos: EQUIPAMENTOS: cilindros, conexões, válvulas; SALA DE OPERAÇÃO: condutividade, poluição; SISTEMAS ELÉTRICOS: choque elétrico, explosão, incêndio

1 — MANUSEIO DE GASES COMPRIMIDOS

Entre os gases empregados pelo anestesiológico, atualmente apenas o oxigênio e o óxido nitroso são usados com frequência. Entretanto, o hospital poderá utilizar nitrogênio, gás carbônico, hélio, ar comprimido, carbogênio, óxido de etileno e, eventualmente, ainda ciclopropano e etileno, todos fornecidos e armazenados em cilindros. Existe pois, um problema de identificação positiva dos gases em cilindros a fim de evitar trocas, que podem ser fatais.

A identificação de um gás comprimido dentro de um cilindro pode ser feita através a sua pintura, de acordo com o gás que contém. Presume-se que um determinado cilindro só poderá ser utilizado para armazenar um único gás. As cores de identificação de gases em cilindros são estabelecidas por norma internacional ou norma nacional (esta nem sempre coincidindo com norma internacional)^{1,2}.

Atualmente, no Brasil, a identificação dos gases em cilindros é regulamentada pela norma NB - 46 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), revisada em 1979 com importante contribuição da Comissão de Normas Técnicas da Sociedade Brasileira de Anestesiologia

(SBA)³. Nesta norma estão definidas as diversas partes de um cilindro, representadas na figura 1 e que se denominam: Base, corpo, calota, gargalo, colarinho e capacete. No gargalo, existe um furo rosqueado para atarrachamento de uma válvula própria para cada gás. O colarinho, parte externa do gargalo, também é rosqueado permitindo a colocação de uma peça protetora da válvula, denominada capacete que a protege durante o transporte. O conteúdo do cilindro pode ser identificado pela fórmula química do gás ou seu nome, através de etiqueta colada, decalque, estampagem ou pintura. É importante que esta identificação tenha uma resistência considerável ao manuseio. A pintura é o método que apresenta maior durabilidade e visibilidade. Nos cilindros para gases medicinais deve ser identificado o nome do fabricante do gás e/ou o do distribuidor. No caso do oxigênio e do óxido nitroso a identificação do fabricante é feito por estampagem. Além disto estes cilindros costumam apresentar estampada a pressão de trabalho, a data dos testes hidráulicos a que foi submetido o cilindro (mês e ano), sendo recomendável o reteste a cada dez anos, desde que o cilindro não apresente sinais de corrosão ou maus tratos (EB - 160) (ABNT)⁴.

Para a identificação dos gases ou misturas são usadas uma ou duas cores. No casos da utilização de duas cores o corpo do cilindro é dividido a 3/4 da altura a partir da base (Fig. 1). Os 3/4 inferiores (o gás em maior quantidade numa mistura) e o 1/4 superior são pintados em cores diferentes. A norma NB - 46, revisão de 1979 estabelece as seguintes cores para cilindros de gases de uso medicinal³.

Gás ou mistura	Cor ou cores
Ar comprimido	- verde e cinza
Carbogênio	- alumínio e preto
Ciclopropano	- rosa seco
Dióxido de carbono	- alumínio
Etileno	- violeta
Hélio	- alaranjado segurança
Nitrogênio	- cinza claro
Oxigênio medicinal	- verde
Oxigênio industrial	- preto
Óxido nitroso	- azul marinho

Nota: Alguns gases tiveram mudadas as suas cores tradicionais² (como o ciclopropano e o hélio). Todas as cores foram estabelecidas dentro de uma norma especial de cores, denominada notação Munsell.

Entretanto a pintura dos cilindros não é um método infalível para a identificação de gases comprimidos em cilindros. A fim de diminuir a possibilidade de troca de cilindros, foram normalizadas também as rêsas ou as superfícies planas das válvulas de saída destes gases, impedindo a conexão indevida em aparelhos de anestesia, manômetros, válvulas redutoras, chicotes ou tubos de al-

[‡] Trabalho realizado no Serviço de Anestesiologia do Hospital Universitário da UFRJ

[¶] Professor Livre - Docente em Anestesiologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Correspondência para Peter Spiegel
Rua Guilhermina Guinle, 114
22270 Rio de Janeiro, RJ

Recebido em 29 de outubro de 1981

Aceito para publicação em 8 de fevereiro de 1982

© 1982, Sociedade Brasileira de Anestesiologia

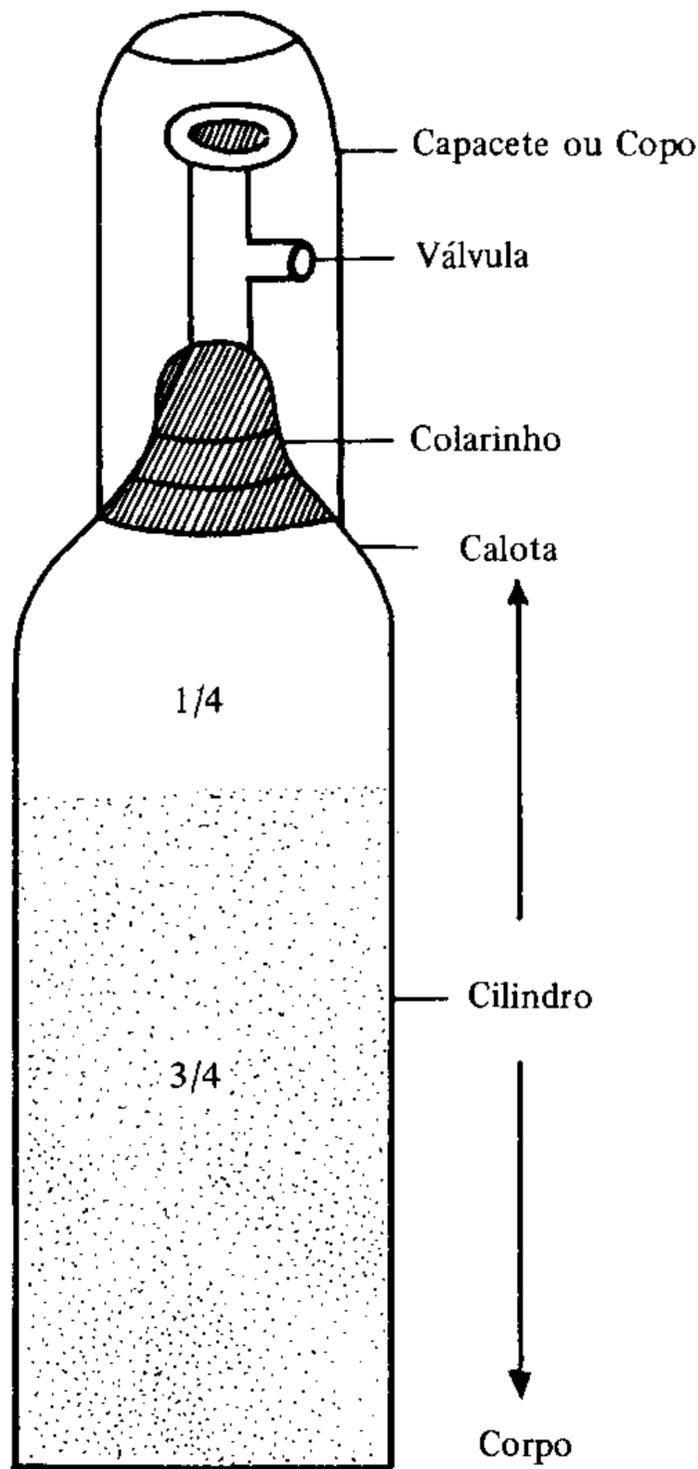


Fig 1 Cilindro para gases comprimidos e seus componentes.

ta pressão. É regra geral que todos os gases explosivos possuam válvulas rosqueada que se abram no sentido dos ponteiros do relógio. Todos os gases medicinais tem rêsca ao contrário, isto é, abrem-se no sentido inverso ao dos ponteiros do relógio. A norma de padronização da ABNT PB 588 fixa as formas, dimensões e empregos de conexões e rêsca para válvula de cilindros para gases comprimidos, fundamentada na necessidade absoluta de prover de forma segura a impossibilidade de confusão ou engano durante o enchimento de cilindros e sua utilização. As conexões diferentes entre si receberam respectivamente a seguinte identificação nesta norma:

- Oxigênio – conexão 218 - 1
- Ar comprimido – conexão 245 - 2
- Nitrogênio – conexão 245 - 1
- Óxido nitroso – conexão 166 - 1
- Gás carbônico – conexão 209 - 1

A norma brasileira NB 215, de 1973⁵ estabelece um sistema de pinos de segurança para cilindros de válvula

plana. Os grampos (ou "yokes") dos aparelhos de anestesia devem possuir em posição característica para cada gás dois pinos, que se encaixam perfeitamente em duas perfurações de localização idêntica encontrada nas válvulas planas dos cilindros ou nos cachimbos (Fig 2). A norma brasileira NB 254 aprovada pela ABNT em 1977 determina as dimensões das rêsca das conexões dos cilindros de oxigênio e óxido nitroso, bem como o das rêsca de saída dos postos de utilização de sistemas centralizados⁶ e das de entrada destes gases para os aparelhos de anestesia e respectivos chicotes.

As rêsca determinadas pela norma NB 254 da ABNT, são adaptações métricas de rêsca estrangeiras (por vezes suas medidas são simples conversões aritméticas de medidas do sistema Imperial inglês) e assim sofrem restrições por parte do INMETRO. O INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial é o órgão executivo do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Este sistema foi criado por legislação específica em 1973 e está vinculado ao Ministério da Indústria e Comércio.

As normas da ABNT não têm força de lei, nem todas foram ainda aprovadas pelo INMETRO. A lei 4150 institui o regime obrigatório de observância das normas técnicas (da ABNT) nos contratos de obras e compras do serviço público de execução direta, concedida, autárquica ou de economia mista. Assim nos editais de concorrência, contratos, ajustes e pedidos será obrigatória a exigência e aplicação dos requisitos mínimos de qualidade, utilidade, resistência e segurança estabelecidas pelas normas da ABNT. A partir de 1964 o Instituto de Resseguros do Brasil passou a considerar na cobertura de riscos elementares a observância da Normas Técnicas da ABNT. Estas normas poderão ser eventualmente classificadas como Norma Brasileira pelo INMETRO. Já as normas aprovadas pelo CONMETRO (Conselho Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial) prevêm através do INMETRO penalidades pela infração de suas normas que vão de advertência a multa, a interdição, apreensão e inutilização. O CONMETRO, pela resolução n.º 6 de 1975 qualifica quatro tipos de normas:

Norma Compulsória ou NBR 1 - as normas brasileiras de uso obrigatório em todo território nacional.

Norma Referendada ou NBR 2 - as normas brasileiras de uso obrigatório para o poder público e serviços públicos concedidos.

Norma Registrada ou NBR 3 - as normas voluntárias que venham a merecer registro no INMETRO, de acordo com diretrizes e critérios estabelecidos pelo CONMETRO.

Norma Probatória ou NBR 4 - uma norma em fase experimental, de vigência limitada, registrada no INMETRO.

As normas de segurança da ABNT de interesse do anestesista, não são registradas pelo INMETRO, pois não obedecem a uma série de critérios do CONMETRO, como por exemplo a legislação metrológica. Tendo em vista que tradicionalmente os equipamentos utilizados em anestesiologia, desde os cilindros e válvulas originaram-se de modelos estrangeiros e como o CONMETRO não aprova a simples conversão aritmética de medidas em polegadas (ou fração) para sistema métrico, torna-se muito difícil, mesmo a médio prazo compatibilizar normas de

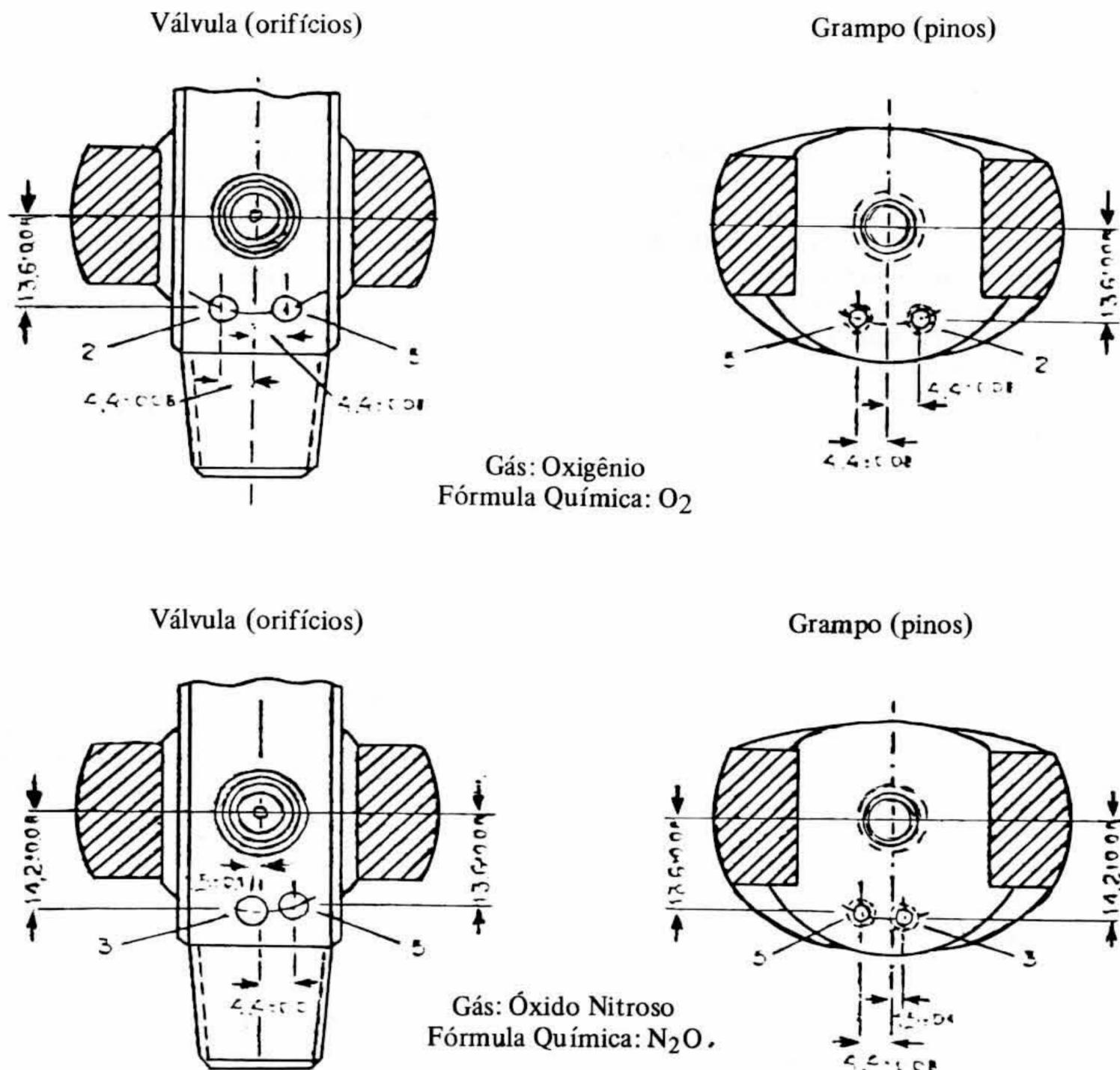


Fig 2 Posição dos pinos e orifícios de segurança

rôscas existentes com normas de rôscas (que ainda deverão ser criadas) do CONMETRO.

O número de acidentes durante o manuseio dos cilindros de gases comprimidos medicinais é relativamente pequeno, quando se leva em consideração o número de cilindros manuseados anualmente. Este manuseio tende a diminuir progressivamente a medida que se expande o uso de sistemas centralizados de oxigênio e óxido nitroso. Entretanto, convém não esquecer que estes acidentes podem ser violentos (explosões ou incêndios) envolvendo perdas de vidas ou danos vultosos. Pode-se comprovar, por outro lado, que a maioria destes acidentes podem ser evitados com a rígida obediência a uma série de medidas de segurança. Cabe ao anestesiológista ensinar o pessoal hospitalar e fiscalizar a aplicação de uma série de medidas de prevenção de acidentes no manuseio de gases medicinais comprimidos.

Dependendo de temperatura crítica os gases, à temperatura ambiente, podem estar contidos em cilindros de alta pressão no estado gasoso ou líquido. Denomina-se de temperatura crítica àquela acima da qual um gás não poderá mais ser liqüefeito, por maior que seja a pressão a que é submetido.

Os cilindros que contém gás comprimido liqüefeito com seu respectivo vapor, em equilíbrio, como é o caso do óxido nitroso, a pressão dentro do cilindro é determinada pela pressão do vapor à temperatura ambiente e não tem relação com a quantidade total de gás armazenado. Acima da temperatura crítica o conteúdo do cilindro se transforma em gás. Assim um cilindro de óxido nitroso deixado em local acima de 35,4° C poderá aumentar a sua pressão interna, o que obriga o seu armazenamento em cilindros com pressão de teste semelhante aos de oxigênio.

O oxigênio e óxido nitroso não são combustíveis mas são comburentes, isto é, suportam uma combustão. Quando um gás é rapidamente comprimido, permanecendo em volume constante (compressão adiabática) a temperatura aumenta na razão direta da compressão (efeito Joule - Thompson). Teoricamente, pela compressão adiabática instantânea de oxigênio de 0 para 2000 psi (13790 kPa = 140 kg. cm⁻²) a temperatura se eleva de + de 900° C. Durante a compressão ocorre uma dissipação de calor pelas paredes metálicas do continente. Quanto mais vagarosa for a compressão, menor será a elevação da temperatura. Quando uma válvula redutora é adaptada a um cilindro de oxigênio e este é aberto rapidamente o gás ou ar conti-

do no regulador sofre uma compressão adiabática e conseqüentemente se aquece. Se qualquer substância inflamável como óleo, graxa, arruelas improvisadas com papelão ou barbante estiverem presentes nesta atmosfera de oxigênio, o aquecimento provocará a sua combustão. A combustão continuará até baixar a pressão, o que ocorrerá ao se romper o disco de segurança (de metal de Wood) da válvula de segurança da válvula do cilindro, ou da válvula redutora de pressão. Eventualmente o calor gerado e a atmosfera enriquecida de oxigênio propaga a combustão para substâncias inflamáveis próximas causando um incêndio no aposento. Este fenômeno da compressão adiabática ocorre também durante a transferência de gases de um cilindro grande para um cilindro pequeno, o que é atualmente considerado uma conduta condenável.

Cilindros contendo gases liquefeitos, como o óxido nítrico, não são enchidos até o total de seu volume interno, mas apenas ocupando 68% da capacidade total. É perigoso exceder destes limites pois poderiam ocorrer pressões excessivas se o cilindro demasiadamente cheio fosse acidentalmente exposto ao calor.

Resumindo recomendam-se os seguintes cuidados no manuseio seguro de cilindros de gases comprimidos:

- 1 - Nunca permita óleo, graxa ou substância inflamáveis em contato com cilindros, válvulas, conexões, reguladores e tubulações, especialmente do lado de pressão alta.
- 2 - Nunca lubrifique válvulas reguladoras ou redutoras e manômetros de alta pressão. Apenas as firmas especializadas possuem lubrificantes especiais não inflamáveis, para cuidar destes equipamentos quando necessário.
- 3 - Antes de colocar uma válvula redutora num cilindro abra vagarosamente o cilindro e feche-o novamente, para com este jato purgar o orifício da válvula do cilindro.
- 4 - Aperte suficientemente as conexões para evitar e prevenir escapamentos de gás. Evite conexões ajambreadas, que danificam as rêsas e colocam em perigo o pessoal em torno do cilindro, pois a válvula pode desprender-se acidentalmente.
- 5 - Quando abrir a válvula do cilindro com a redutora já montada vire a saída para o lado oposto do paciente ou do operador. Nunca use ferramentas inapropriadas nem martele a válvula de um cilindro para abrir ou fechá-la. Se a válvula redutora tiver uma válvula de fechamento, feche-a antes de abrir a válvula do cilindro e em seguida abra a válvula dos cilindro vagarosamente.
- 6 - Nunca use um cilindro sem um equipamento apropriado para reduzir sua pressão (válvula redutora) provida de manômetro e em bom estado de funcionamento.
- 7 - O transvazamento de cilindros é uma operação perigosa e quando necessário deve ser feita vagorosamente. Recomenda-se que o enchimento de todos os cilindros deve ser feito sempre pelo fornecedor do gás. É perigoso e temerário encher-se um cilindro com gás para o qual não foi destinado. Já se registraram mortes por explosão ao se tentar encher um cilindro vazio de etileno com oxigênio.
- 8 - Nunca use chama para encontrar possíveis vazamentos de gás nas válvulas, tubulações ou conexões. Os escapamentos podem ser pesquisados com segurança utilizando-se água com sabão, aplicados por meio de um pincel ou gaze. A correção de vazamentos em conexões exige muitas vezes arruelas apropriadas; não tente improvisá-las, mas mantenha sempre um estoque, fornecidas pelo fabricante do equipamento ou fornecedor do gás.
- 9 - Evite colocar ou armazenar cilindros no sol ou próximo a fontes de calor tais como fornalhas, caldeiras, tubulações de vapor e ainda depósitos de inflamáveis, ou de lixo, ainda que os cilindros estejam (aparentemente) vazios.
- 10 - A cor e etiqueta do cilindro devem estar sempre bem visíveis, não devendo ser coberta por capas ou outros envoltórios quando colocados em uso. Para evitar a contaminação da sala o cilindro poderá ser limpo externamente com soluções detergentes e esterilizantes não inflamáveis, ou então esterilizados pelo fornecedor e mantidos limpos até o momento de uso, em embalagem própria, etiquetada. Já ocorreram trocas de gases fatais (quando rêsas ou válvulas ainda eram iguais) ao se trocar um cilindro vazio de oxigênio por outro cheio de óxido nítrico.
- 11 - Os reparos de válvulas reguladoras, manômetro, tubos e outros equipamentos utilizados em sistemas de gases em alta pressão ou em cilindros devem sempre ser realizados pelo fabricante e não pelo usuário.
- 12 - A válvula do cilindro deve sempre ser fechada quando este não estiver em uso, mesmo que esteja "vazio", para evitar a contaminação do interior por umidade ou material estranho.
- 13 - Quando o cilindro é transportado use sempre o capacete para proteção da válvula rosqueada. O local mais freqüente de quebra do cilindro durante a queda é justamente ao nível da válvula.
- 14 - Durante o transporte, o cilindro deve ficar em carinho apropriado, que o proteja de quedas. Evite empurrar ou arrastá-los para não causar acidentes. Os cilindros menores (de válvula plana) devem ser carregados com a mão seca, sem graxa ou óleo. Não deixe cair o cilindro. Ao montá-lo num aparelho de anestesia sustente-o pelo fundo com o pé ou com a mão.
- 15 - Os cilindros devem ser armazenados em locais ventilados, limpos, secos longe de fonte de calor e se possível em local a prova de incêndio. A ventilação deve ser para o exterior. O local não deve ser utilizado para o armazenamento de qualquer outro material. Os cilindros vazios devem ser armazenados separadamente, de tal maneira que a sua substituição possa ser efetuada com rapidez e sem muita manipulação. Nunca armazenar cilindros em corredores ou local onde estejam expostos a quedas.
- 16 - O depósito de cilindros contendo oxigênio ou óxido nítrico deve ficar afastado de qualquer depósito de cilindros de gases inflamáveis ou outros depósitos de inflamáveis líquidos ou sólidos.
- 17 - Também nos depósitos de gases inflamáveis os cilindros devem ser armazenados conforme especificado

nos itens 15 e 16, tendo-se o cuidado entretanto de colocar qualquer instalação elétrica acima de 1,5 m (Norma ABNT NB 166).

Quanto ao tamanho de cilindros, que atualmente se encontram no Brasil com maior frequência, são os seguintes:

Cilindros grandes de válvula rosqueada, contendo entre 6 e 7,5 m³ de oxigênio ou 28 kg de óxido nitroso

Cilindros de porte médio, com aproximadamente 1 m de altura contendo 2 a 3 m³ de oxigênio ou 14 kg de óxido nitroso.

Ambos os tamanhos são providos de válvulas rosqueadas, próprias para cada gás.

Cilindros de válvulas plana, tamanho E, medindo aproximadamente 73,5 cm de altura com capacidade para 624 litros de oxigênio ou 3 kg de óxido nitroso, o que corresponde a aproximadamente 1500 litros.

Cilindros de válvula plana tamanho D, medindo aproximadamente 50 cm de altura com capacidade para 359 litros de oxigênio ou 2 kg de óxido nitroso (correspondendo a aproximadamente 1000 litros).

Com o consumo crescente de oxigênio nos hospitais, não só para anestesia e na sala de recuperação, mas também em inaloterapia, no CTI e outras unidades, tornou-se impraticável o transporte constante de cilindros dentro do hospital, aparecendo então os primeiros sistemas centralizados com rede de distribuição aos diversos setores.

Estes eram compostos de dois grupos de cilindros acoplados em paralelo, com as respectivas válvulas redutoras e válvulas de manobras, que permitiam o uso dos dois suprimentos em rodízio, funcionando um sempre como reserva do outro. Este rodízio pode ser automático ajustando-se duas válvulas redutoras a pressões diferentes, funcionando a bateria de cilindros ligada a válvula com menor pressão como reserva. Quando o suprimento primário se esgota a pressão cai ligeiramente, dispara um alarme, que avisa a necessidade de trocar os cilindros vazios de uma bateria. Nesta ocasião a outra passa a ser o suprimento primário, sendo a mesma ligada ao regulador de pressão mais alta. Os cilindros cheios recolocados no lugar dos vazios constituirão o suprimento de reserva e serão ligados a válvula redutora de pressão mais baixa Fig 3.

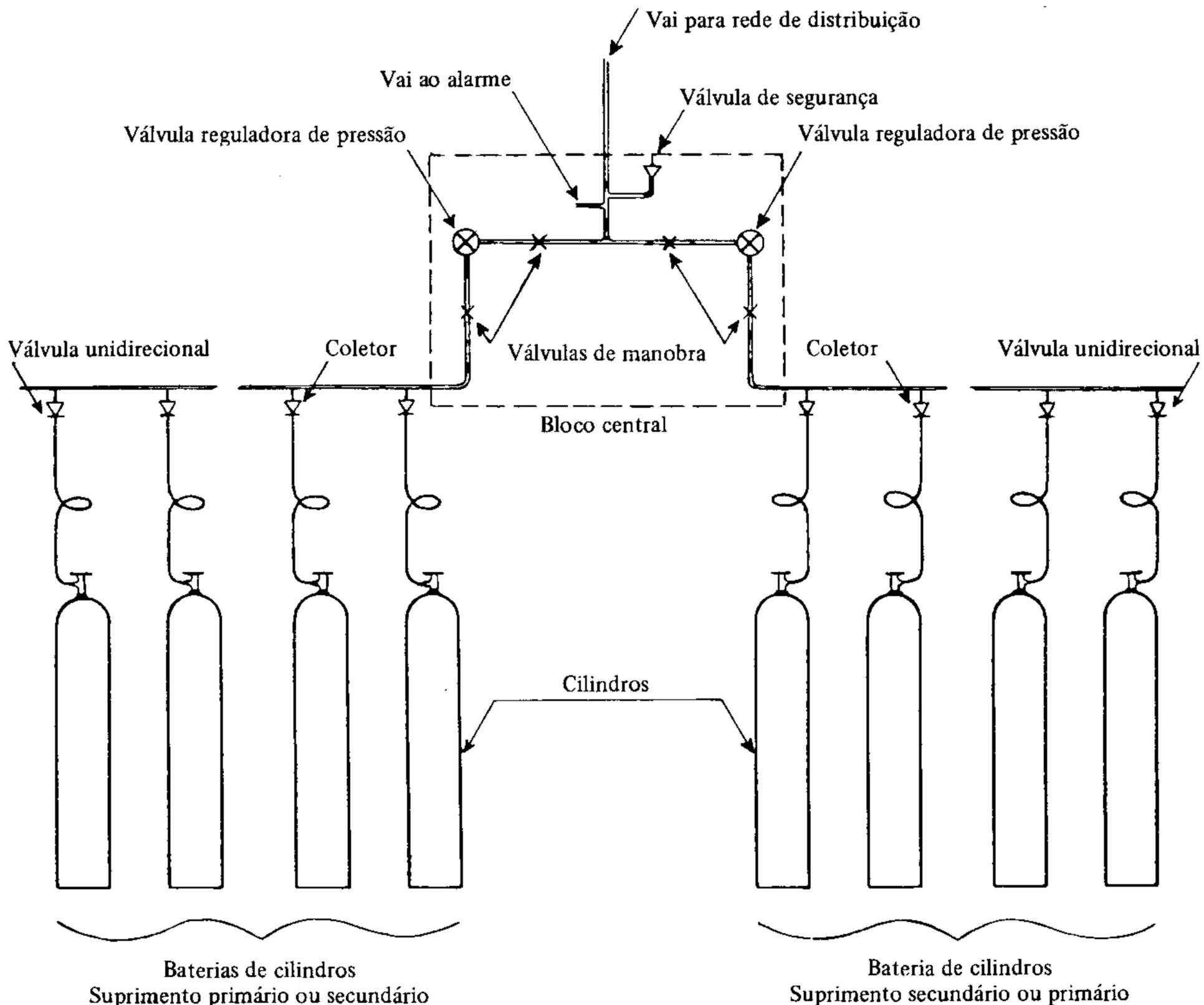


Fig 3 Sistema centralizado com cilindros

Com o aumento de consumo do oxigênio tornou-se impraticável a sua estocagem em cilindros em função do espaço que ocupariam e da frequência de troca de cilindros. Começou-se então a instalar reservatórios de oxigênio líquido, que num volume relativamente pequeno são capazes de armazenar um enorme volume de gás. Enquanto um cilindro grande contém 6 m^3 de oxigênio a menor unidade de oxigênio líquido (unidade transportável LC3) contém o equivalente a 12 cilindros e ocupa praticamente o volume de apenas 1 cilindro, o que representa uma economia em espaço de 862%. Existem reservatórios fixos com capacidade desde 700 m^3 de oxigênio gasoso Fig 4.

Também o consumo de óxido nitroso foi crescendo a ponto de ser usado em muitos hospitais como adjunto em todas as anestésias gerais o que viabilizou também a sua instalação em sistemas centralizados. As instalações centralizadas apresentam alguns problemas, como por exemplo a localização da central, o diâmetro dos tubos e outros, que no Brasil foram normatizados pela norma N B 254, da ABNT⁶.

Havendo necessidade de um suprimento contínuo e ininterrupto dos gases qualquer queda de pressão na rede deve ser assinalada por um alarme. O reservatório deve ter capacidade suficiente para permitir um consumo nor-

mal dentro do prazo de fornecimento, sem que seja utilizado a reserva do sistema, mesmo que ocorram ocasionais excessos de demanda.

A reserva de um sistema de oxigênio líquido geralmente é uma bateria de cilindros, mas também pode ser reservatório de oxigênio líquido de menor capacidade (do tipo transportável). Quando o suprimento de reserva entra em funcionamento sempre ocorre uma queda de pressão que é assinalada pelo alarme.

Também os tubos devem ser dimensionados corretamente para permitir a vazão máxima necessária e simultânea nos diversos setores de consumo. O que ocorre no Brasil com grande frequência é que determinado setor de um hospital torna-se subitamente grande consumidor de oxigênio. Como exemplo cito a transformação de uma enfermaria comum em centro de terapia intensiva, em berçário, em unidade de neonatologia, ou ainda a ampliação da rede para outros andares, sem um planejamento para alteração da tubulação principal ou de seus ramais. Ocorre então uma queda de pressão quando o consumo nesse setor aumenta além de capacidade da rede. De duas uma: não chega oxigênio suficiente ao setor de maior consumo ou, baixa a pressão no resto da rede prejudicando o seu funcionamento. A solução parcial do problema é aumentar a

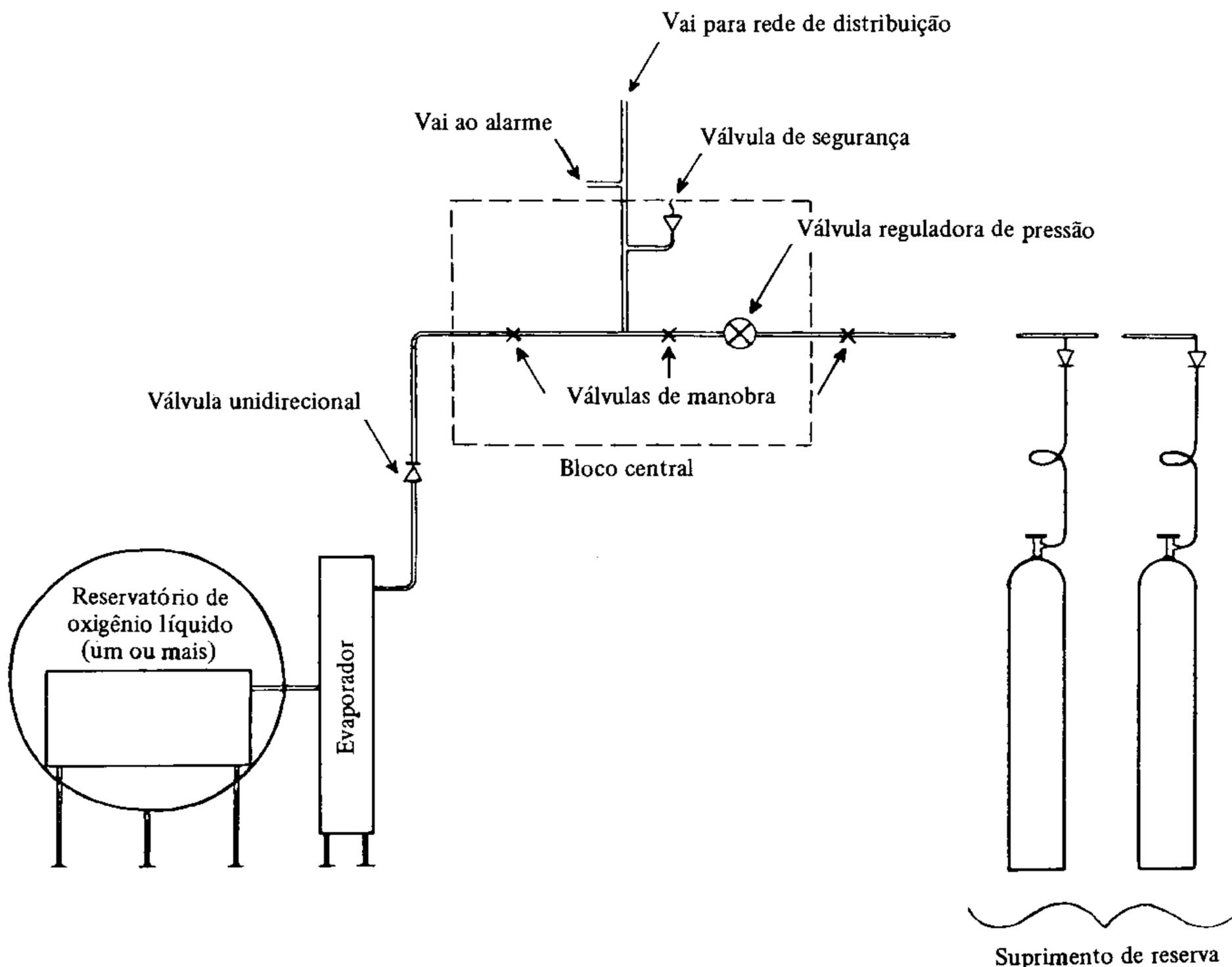


Fig 4 Sistema centralizado de oxigênio líquido com suprimento de reserva em cilindros

pressão na rede (que normalmente deveria ser 2,5 a 3 kg. cm⁻²). Com isto o grande consumidor é atendido, mas todo o resto do sistema fica com um excesso de pressão. Isto aumentou os vazamentos e eventualmente pode danificar fluxômetros e respiradores ligados diretamente a rede, sem válvulas redutora de pressão.

A localização da Central também é crítica, devendo permitir livre acesso aos caminhões do fornecedor a ao mesmo tempo estar longe de fontes de calor (fornalha, cozinha, lavanderia, transformadores) depósitos de combustíveis e circulação intensa de público ou de doentes. A norma NB 254 poderá ser consultada para maiores detalhes.

O controle dos vazamentos é uma necessidade econômica especialmente no caso do óxido nitroso. Os vazamentos de oxigênio geralmente só são corrigidos quando causam um chiado. Entretanto a manutenção deveria ser preventiva. Em casos de grandes vazamentos, isto é, na tubulação de alta pressão, antes do bloco central, no tanque do oxigênio líquido, no evaporador ou nas tubulações entre o depósito e o bloco, podem ocorrer problemas sérios com perda de carga ou pelo menos interrupção temporária de fornecimento, se não houver a possibilidade de acoplar ao sistema, através da válvula especial um suprimento de emergência (Oxigênio líquido em tanque móvel)⁷. Também é necessária a colocação de válvulas de secção, que permitam o isolamento dos ramais, tanto em caso de acidentes ou vazamentos, para reparos, como para testes locais de manutenção preventiva (verificação de perda de pressão de um ramal isolado). Estas válvulas permitem que o fornecimento ao resto do hospital possa prosseguir sem interrupção.

No Brasil onde o pessoal qualificado é escasso, é recomendável a instalação da central de óxido nitroso em local de freqüência obrigatória do anestesista, facilitando a sua fiscalização e possibilitando a correção mais precoce de vazamentos (desde que não haja omissão de ninguém, como ocorre com freqüência em hospitais públicos). Assim defendo a instalação da central de óxido nitroso no corredor de entrada do Centro Cirúrgico (protegido é claro contra o manuseio de pessoas não habilitadas), até mesmo em área semi-restrita, ou junto a sala do Serviço de Anestesia. É interessante que junto a central se encontrem o maior número das válvulas de secção, que permitem através de simples manobras de controle de pressão verificar a existência de vazamentos em cada um dos ramais.

As tubulações que vão da central aos postos de utilização deverão ser marcadas devidamente, permitindo a identificação de seu conteúdo, recomendando-se pintá-los na cor que os identifica nos cilindros. Estas mesmas cores serão utilizadas nos postos de serviço.

Para maior facilidade de manutenção existe hoje uma grande preocupação da administração hospitalar em manter as tubulações aparentes ou, se embutidas, em compartimentos, dutos, colunas etc., que permitam a manutenção com maior facilidade. Entretanto, as tubulações de gases oxidantes não poderão ser conduzidas de modo aparente em poço de elevador, nem junto a tubulações de combustíveis.

Ainda no intuito de diminuir o efeito de vazamentos a norma NB 254 determina a instalação obrigatória de

válvula autovedante a montante do posto de utilização, permitindo a troca de acessórios: válvulas de fechamento manual, de engate rápido, fluxômetros etc.

A nível de posto de utilização o maior problema entretanto é a possibilidade de troca de gases, por troca de conexões aos equipamentos. Para evitar isto não basta apenas marcar os postos com o nome ou cor dos gases. Impõe-se uma diferenciação pelas rôscas, que impeçam uma vedação quando se tenta acoplar uma determinada peça em posto para o qual não é destinado. A norma NB 254 introduziu uma série de conexões, que apesar de serem todas do mesmo diâmetro, facilitando sua usinagem, apresentam uma série de ressaltos e reentrâncias a níveis diferentes e característicos, que impedem a troca de conexões de oxigênio, óxido nitroso, ar comprimido, vácuo ou gás carbônico. O sistema básico é o DISS (diameter index safety system). As dimensões deste sistema não são ainda aceitas pelo INMETRO; como também; não existe ainda outro sistema recomendado pela ISO (International Standards Organization) que possa ser estudado para substituí-lo, fica difícil resolver o problema em nível nacional. Apenas a troca de conexões em posto de utilização existentes antes de 1979 já trouxe grandes problemas econômicos, existindo até hoje (1982) hospitais onde ainda não se converteram as redes de vácuo e de óxido nitroso para o novo padrão. Imagine-se o que aconteceria se o INMETRO impusesse nova norma, de acordo com a legislação metrológica do CONMETRO.

A troca de gases não é a única causa de hipoxia; lembro a possibilidade desta ocorrência por acidentes no próprio fluxômetro do aparelho de anestesia, quando o fluxômetro de oxigênio não é o último antes da saída comum dos gases⁹.

INCÊNDIOS E EXPLOSÕES: QUEIMADURAS DURANTE A CIRURGIA

Definições:

Incêndio - É o resultado de uma oxidação mais ou menos rápida de um material inflamável, com desprendimento de calor.

Explosão - É uma comoção violenta e instantânea, acompanhada de detonação, produzida pela inflamação repentina ou excesso de tensão de um gás ou pela súbita expansão de um corpo sólido ou líquido que passa ao estado gasoso.

Como se vê a explosão poderá ter uma causa física (aumento ou excesso de pressão em relação ao continente) ou causa química (reação de oxidação).

As lesões biológicas decorrentes dos incêndios são provocadas pelo calor. Já a explosão, além da possível ação do calor, provoca lesões pela propagação de uma onda de choque, que age diretamente sobre as estruturas do corpo, ou indiretamente pela fragmentação de outros corpos projetados contra a vítima.

A queimadura, que pode atingir a diversas profundidades (graus), depende da quantidade de energia (calor) que chega a pele e que não é dissipada a níveis inofensivos pela circulação local. Assim a queimadura causada pela placa de um bisturi elétrico é devida ao aquecimento local excessivo, não removido a tempo pela circulação, o que

pode ser devido inclusive a uma isquemia local (por compressão ou circulação retardada).

Existe ainda a possibilidade de ocorrerem queimaduras por produtos cáusticos aplicados sobre a pele ou que se formam pela passagem de corrente elétrica.

O incêndio bem como a explosão de causa química são o resultado de uma reação de oxidação, que necessita de três elementos para que se realize: um combustível, um comburente e um nível de energia capaz de iniciar a reação. No estudo da prevenção destes acidentes procuram-se medidas que impeçam a interação destes três elementos.

Os combustíveis usados mais freqüentemente pelo médico em hospitais são os antissépticos e os anestésicos⁸. Estes podem ser banidos substituindo-os por agentes não inflamáveis, como tem sido a tendência atual^{10, 11}. Por isto não entrarei em detalhes na prevenção de explosões causadas por anestésicos, recomendando como bibliografia aos interessados a norma da ABNT NB 166⁸, além de excelentes capítulos dos livros de Macintosh¹² e Adriani¹³ e artigo publicado na RBA¹⁴.

A prevenção da explosões pela eliminação da eletrecidade estática, que poderia funcionar como energia inicial para a detonação da mistura explosiva prevê uma série de cuidados, inclusive o uso de piso condutor de eletricidade, definido como o que tem uma resistência entre 25.000 ohm e um megaohm. Entretanto, estes pisos aumentam os riscos de eletrocussão tanto do paciente como do pessoal que trabalha neste ambiente. Com o aumento do número de equipamentos elétricos usados durante a cirurgia, esse perigo atualmente é bem mais real do que o de uma explosão de anestésico ou antisséptico.

Incêndios e explosões ainda ocorrem em nossos dias, geralmente por imprudência do cirurgião que utiliza o bisturi elétrico em ambientes as vezes mal ventilados, após assepsia ou limpeza da pele com agentes inflamáveis (alcoól, tinturas, éter).

O anestesista deve ter conhecimentos básicos sobre a profilaxia de acidentes com o uso de equipamentos elétricos, uma vez que é um dos médicos da equipe cirúrgica e coordena o posicionamento do paciente e vela por sua segurança durante sua inconsciência. Cabe ao anestesista também protegê-lo dos perigos de uma queimadura ou eletrocussão, que pode ser causada pelo uso impróprio de aparelhos e equipamentos elétricos ou eletrônicos, ou ainda pela interferência entre os mesmos. Ao anestesista não interessa apenas o bom funcionamento de um marca-passo, mas também que outros equipamentos não provoquem interferências no marca-passo, bem como em outros monitores (eletrocardiógrafo), problemas comuns com o uso associado do bisturi elétrico.

BISTURI ELÉTRICO

O bisturi elétrico é um aparelho eletrocirúrgico capaz de coagular ou cortar tecidos pela produção de calor no eletródio ativo. Este calor é produzido graças a passagem de uma corrente elétrica de alta freqüência; estes geradores de radiofreqüência operam geralmente na faixa acima de 500 kHz e até 2 megahertz. A estimulação farádica de nervos atravessados por freqüências abaixo de 500 kHz é capaz de causar uma neurite. A corrente de alta freqüência tem uma característica de propagação diferente da de

baixa freqüência: ele se distribui preferencialmente na superfície do corpo, concentrando-se a nível de ângulos agudos ou irregularidades na superfície. A maioria das unidades quando em uso, produz correntes entre 100 e 300 W de potência, sendo as correntes mais altas necessárias para o corte. Esta energia entra no corpo através do eletródio ativo, provocando uma coagulação dos tecidos, mas também tem de deixar o corpo através de um eletródio com uma superfície de contato suficientemente grande a fim de que, mesmo funcionando ininterruptamente à potência máxima, a densidade da corrente no local de saída (eletródio de terra ou placa de terra) não ultrapassa $1,5 \text{ W cm}^{-2}$. Para isto é necessário usar-se uma placa com um tamanho de pelo menos $23 \times 36 \text{ cm}$. Neste caso a densidade da corrente não ultrapassará uma média de $0,4 \text{ W cm}^{-2}$ em uso normal, permitindo a dissipação do calor "pela circulação local", mesmo em condições de má circulação periférica (estado de choque, compressão local pelo peso do corpo, especialmente sobre saliências ósseas). Entretanto o fator mais importante é a área da placa realmente em contato com a pele do paciente. Para evitar problemas a placa deve ser colocada longe de saliências ósseas, preferivelmente em local próximo a incisão, comumente sob a coxa, nádegas ou costas. Toda vez que se muda a posição de um paciente deve-se verificar também a posição da placa do bisturi elétrico. A presença de pelos dificulta a passagem da corrente; a colocação de uma solução salina ou melhor, de uma pasta eletrolítica, de secagem mais lenta, entre pele e placa facilita a dissipação da energia. Deve-se ter cuidado na colocação de eletrodos de monitores cardíacos, que não devem ficar próximos a ferida operatória ou ainda da placa de terra do bisturi elétrico, pois há possibilidade de divisão de corrente, parte da energia chegando a terra através de eletrodos de pequena área, podendo assim produzir queimaduras. Outro perigo é a colocação em paralelo do cabo do eletródio ativo ou do cabo terra com os cabos dos eletrodos de monitores cardíacos (ou outros), pois a corrente de alta freqüência pode induzir uma corrente em cabos paralelos^{14, 15, 16}. Quanto menor for a superfície de contato dos eletrodos monitores, e especialmente de pontas metálicas (de teletermômetro, agulhas, etc.) menor será a energia necessária para a produção de queimaduras^{19, 20}.

A providência técnica mais importante na prevenção de queimaduras por bisturi elétrico é a verificação da integridade do circuito de aterragem. Muitos fabricantes incluem em seus aparelhos um circuito sensor ou monitor, destinado a verificar a integridade do cabo entre a placa e o equipamento^{17, 18}. Quando deixa de haver este contato teoricamente o aparelho deve dar um alarme acústico e/ou luminoso. Alguns modelos param de emitir corrente de alta freqüência sem a ligação do cabo terra. Para ativar o circuito sensor, passa através de uma perna do fio terra uma corrente baixa de 60 ciclos e que só pode voltar pela outra se o fio estiver ligado a placa. Esta corrente do sensor pode produzir interferência de 60 ciclos num monitor. Existem três problemas que devem ser considerados:

1 - O circuito sensor não garante que o contato entre paciente e placa seja suficiente.

2 - Pode ocorrer um defeito dentro do equipamento, de modo que mesmo que o cabo terra esteja desligado do equipamento o alarme não é atuado.

3 - A interrupção de uma das pernas do circuito sensor pode ocorrer apenas em determinadas posições e por tempo curto, não chegando a interromper a passagem de corrente do monitor, mas aumentando a resistência ao retorno da corrente de alta frequência, favorecendo a divisão de corrente e retorno através de outro local, produzindo queimaduras. A divisão de corrente pode anular também o sistema sensor do alarme. Este tipo de interrupção intermitente é mais freqüência quando o fio é deslocado ou comprimido pelo cirurgião, durante o seu trabalho e pode passar despercebido, mesmo ao se realizar testes de condutividade do fio terra²⁴ se não se tornar o cuidado em torcer o fio em várias direções durante a realização dos testes.

O fabricante de bisturis elétricos Siemens recomenda, ainda os seguintes cuidados (além de outros já enumerados).

A cobertura de borracha (ou plástico) da mesa de operações deve ter uma resistência de fuga mínima de 50.000 ohms. É necessária uma base grossa e seca entre a mesa de operações e o paciente. As peças metálicas da mesa de operações não devem estar em contato com o paciente. Sob o paciente não devem-se acumular líquidos, especialmente desinfetantes inflamáveis. Manter secos também os panos que protegem as dobras cutâneas, ao nível de seios, entre as extremidades e o corpo do paciente e junto a qualquer local de apoio. Os fios devem ser curtos, colocados preferentemente em paralelo ao eixo principal do paciente no trajeto próximo ao mesmo, evitando-se a formação de dobras ou que o fio arraste pelo piso. Os eletródios devem estar limpos, sem oxidação. Começar usando sempre com a intensidade mais baixa de corrente (especialmente em crianças este cuidado é fundamental). Desconfiar de um mau contato no sistema de aterragem toda vez que se tornar necessário um aumento da intensidade da corrente, no decorrer da cirurgia. A regulação da intensidade deve estar em perfeitas condições de funcionamento - normalmente todo equipamento tem um valor fixo acima do qual começa a funcionar adequadamente. Se no início da cirurgia houver necessidade de ultrapassar este valor "usual" deve-se pesquisar o circuito de aterragem do paciente antes de aumentar a intensidade da corrente.

Complementando todos estes cuidados, deve ser feita uma manutenção preventiva dos cabos e placas de terra, incluindo uma medida de impedância entre a tomada e placa, em diversas posições do fio, pelo menos uma vez por mês. Todos os defeitos apresentados por um equipamento devem ser registrados por escrito, o aparelho retirado imediatamente para manutenção, trocando-o por outro em perfeito funcionamento, sob pena de queimar o paciente. É preferível que o cirurgião tenha um pouco mais de trabalho, ou perca um pouco mais de tempo, desde que isto não aumente o risco para o paciente, quando não se tem outro equipamento para substituir um com suspeita de defeito.

Toda vez que um paciente sofrer queimaduras deve-se pesquisar sua causa^{16, 17, 18}. Não se deve esquecer que determinadas soluções podem pela eletrólise liberar substâncias cáusticas, capazes de causar queimaduras químicas.

Estas queimaduras são causadas pela corrente contínua (DC) utilizada em muitos tipos de aparelhos para verificar a integridade do fio terra (placa). Esta corrente contínua se interrompida impede o funcionamento do bisturi elétrico e/ou aciona o mecanismo de alarme.

Quando esta corrente contínua tem ligação a terra, existe a possibilidade de outras ligações terra acidentais facilitarem a divisão de corrente, passando a haver fluxo para a terra por diversos pontos. Esta corrente DC é responsável pela eletrólise de substância em contato com a pele (iodeto de sódio das soluções iodadas, por exemplo) produzindo-se componentes cáusticos no cátodo e ácido no anódio.

A quantidade destas substâncias formadas junto aos eletródios depende não só da quantidade do composto presente, mas também da intensidade mínima (em torno de 3 V DC)²⁶ e do tempo que esta corrente passa pelo local. Quanto maior o tempo de fluxo da corrente DC (leia-se: quanto mais prolongada a cirurgia, ou quanto mais tempo o bisturi elétrico permanece ligado a fonte de energia, mesmo sem usá-lo no campo) maior a quantidade de eletrólitos produzidos."

O uso de volume excessivo de antissépticos e especialmente de soro fisiológico na limpeza de feridas, empapando colchão e lençóis cirúrgicos deve contra-indicar o uso de bisturi elétrico.

MARCAPASSOS

De acordo com a frequência do estímulo um marcapasso pode funcionar de duas maneiras: marcapasso de frequência fixa ou de frequência variável ou de demanda. Atualmente existem marcapassos de demanda que podem ser convertidos em marcapassos de frequência fixa pela aplicação de um ímã. O marcapasso de demanda possui um circuito sensor da atividade elétrica do coração do paciente que regula a entrada em funcionamento do marcapasso artificial. Este circuito sensor pode atuar sobre o marcapasso por diversos mecanismos, dependendo do modelo²².

- 1 - Inibição por complexo ventricular.
- 2 - Sincronização ventricular.
- 3 - Sincronização atrial.
- 4 - Sequencial atrial com inibição por complexo ventricular.

O marcapasso pode ativar o coração através de eletródio uni ou bipolar sendo introduzido por via transtorácica ou venosa.

A desvantagem do marcapasso funcionando em frequência fixa é a possibilidade de ocorrer uma fibrilação ventricular, quando há uma variabilidade da frequência primária do paciente. A fibrilação ocorre quando houver uma estimulação pelo marcapasso no período vulnerável do ciclo cardíaco, coincidindo com a deflexão inicial da onda T. A sensibilidade do coração ao marcapasso também pode se alterar em função de alterações fisiopatológicas tais como o desequilíbrio ácido-básico, níveis de potássio sérico, de aminas simpaticomiméticas, em presença de hipoxia, exercício físico ou infarto do miocárdio.

O primeiro cuidado do anestesista ao receber um paciente com um marcapasso é assegurar-se através de um monitor de que o marcapasso realmente está funcionando.

do, lembrando que o paciente com marcapasso é extremamente exposto a uma fibrilação ventricular por eletrocussão (veja adiante). No caso do marcapasso funcionar com inibição ventricular há necessidade de mudá-lo para frequência fixa afim de verificar seu funcionamento. No posicionamento de pacientes com marcapasso externo, venoso, deve-se tomar muito cuidado em não deslocar os eletrodos durante as manobras o que pode ocorrer até mesmo ao se abduzir o braço por onde entram os eletrodos.

Interação de Marcapasso com Bisturi Elétrico.

O funcionamento do marcapasso de demanda pode ser prejudicado por campos eletromagnéticos, inclusive os produzidos pela corrente de radiofrequência do bisturi elétrico. O marcapasso de frequência fixa é menos susceptível a estas alterações.

A placa de terra do bisturi elétrico deve ser colocada o mais afastado da bateria do marcapasso e o eletrodo ativo não deve ser usado a menos de 15 cm da bateria. A frequência do pulso e a pressão arterial devem ser monitorizadas com grande cuidado. Se um paciente portador de um marcapasso de demanda por inibição ventricular tiver uma bradicardia ou parada cardíaca durante o uso do bisturi elétrico, seu marcapasso não será ativado pois o sensor esta sendo inibido pela alta frequência do bisturi elétrico²³. Somente a palpação do pulso ou verificação da pressão arterial indicará a ocorrência de grave diminuição do débito cardíaco. Neste caso haverá necessidade de transformar o marcapasso para atuar com frequência fixa, ou usar tempos de fulguração muito curtos e orientados pelo dedo no pulso. O uso de frequência fixa exige monitoração do ECG livre da interferência causada pelo bisturi elétrico, pois nesses casos o perigo de fibrilação ventricular está aumentado.

A monitorização do eletrocardiograma durante o uso de um bisturi elétrico apresenta problemas de interferência por todos conhecidos. A solução do problema é possível²⁴ através do uso de um pré-amplificador especial para o monitor eletrocardiográfico, instalado entre paciente e monitor. Este amplificador possui um filtro de proteção de alta frequência cujas características podem variar de acordo com as frequências usadas pelo bisturi elétrico. Possui ainda um filtro para 60 ciclos. O pré-amplificador usa corrente contínua controlada rigorosamente. Há necessidade ainda de isolar o fio terra do bisturi elétrico da aterragem do monitor, evitando os perigos de eletrocussão do paciente.

Segurança no uso de equipamentos elétricos e eletrônicos.

Quando o médico usa aparelhos elétricos e eletrônicos vários tipos de acidentes poderão ocorrer. Há o perigo de mau funcionamento do equipamento, como por exemplo:

- 1 - O fornecimento de dados errados ou cheios de interferências, impossibilitando o tratamento ou induzindo a um erro na terapêutica, ou um atraso que pode significar aumento de morbidade ou mortalidade.
- 2 - O não funcionamento de um equipamento essencial numa ocasião em que o paciente ainda seria recuperável, como por exemplo, um desfibrilador.

- 3 - Uso inadequado de determinado equipamento para obter dados fora dos parâmetros para que foi criado, sem a devida crítica dos resultados obtidos.

Há necessidade do médico conhecer os critérios específicos de aplicação do equipamento que usa, saber executar os testes para determinar o funcionamento perfeito, indicados pelo fabricante em manual próprio. Este manual deve indicar também cuidados de manutenção, principais causas de erros ou defeitos e como evitá-los.

No Brasil, infelizmente, é muito comum os manuais se perderem, pelo menos para uso efetivo do usuário, além da manutenção preventiva ser deficiente. Equipamentos são adquiridos e utilizados indiscriminadamente em diversos locais, as vezes simultaneamente no mesmo paciente, sem verificar-se as instalações elétricas e características dos próprios aparelhos, o que introduz uma grande dificuldade na prevenção do maior perigo: a eletrocussão.

Os efeitos biológicos da corrente elétrica que atravessa o corpo humano depende das características desta energia. Já vimos que as correntes de alta frequência se propagam pela superfície do corpo. Entretanto o perigo de eletrocussão em medicina depende na maioria das vezes de alterações produzidas por corrente "de baixa tensão" de 110 ou 220 V e 50 ou 60 ciclos, "corrente doméstica", alternada (A.C). São os efeitos biológicos desta corrente elétrica que serão estudados a seguir e que dependem fundamentalmente de sua intensidade (amperagem).

- 1 - Uma energia de 20 microampéres (0,02 mA) é capaz de causar fibrilação ventricular quando aplicada através de um eletrodo intracardíaco em contato com o endocárdio, conforme experiência feita em cães. Neste caso a resistência é menor do que 100 ohm.
- 2 - Uma corrente de 100 mA (0,01 A) é capaz de causar fibrilação ventricular quando aplicada ao epicárdio através de um eletrodo implantado (marcapasso) ou na passagem de uma corrente braço a braço, através de um catéter diagnóstico cheio de uma solução eletrolítica e cuja extremidade está em contato com um grande vaso intratorácico. A resistência neste caso varia entre 300 a 1000 Ohm.
- 3 - O limiar da percepção situa-se entre 0,3 e 1,0 mA, dependendo da resistência da pele (molhada de suor é de aproximadamente 1000 Ohm).
- 4 - Uma corrente de 4,5 mA a 16 mA causa contratura muscular violenta podendo impedir a pessoa de abrir a mão o que torna difícil saltar-se de um terminal ativado. A contração provoca dor, sendo possível ocorrer exaustão física com perda de consciência.
- 5 - 80 mA causam fibrilação ventricular, mantendo integro o centro respiratório.
Consideremos a lei de Ohm $I = V/R$ Se $V = 110$ e a resistência da pele úmida é de 1000 Ohm $I = 0,11$ A = 110 mA. Com um pouco de umidade a corrente "doméstica" pode se tornar fatal.
- 6 - 6 A ou mais causam contratura muscular contínua, com paralisia muscular e apnéia em espasmo. Dependendo da "intensidade da corrente nos pontos de entrada e saída e da resistência dos tecidos atravessados a produção de calor pelo efeito joule produzirá queimaduras mais ou menos extensas.

De acordo com a norma 76B da National Fire Protectional Association²⁷ os pacientes podem ser divididos em três classes de risco, quanto a possibilidade de eletrocussão:

Risco I - Risco comum ao paciente ambulatorial e do pessoal que trabalha no hospital. Apenas acidentalmente esta pessoa entrará em contato com um equipamento ou fio energizado.

A exposição segura máxima é de 0,5 mA (500 microampere). Para isto todos os equipamentos devem ser aterrados ou ter isolamento duplo. Em locais úmidos (fisioterapias, piscinas) deve existir indicador de aterragem (defeito) além do disjuntor. O perigo máximo é representado pelo curto entre o fio da fase e a carcassa, em possível contato com uma pessoa.

Risco II - Paciente que permanece em contato demorado e intencional com equipamentos elétricos aplicados sobre a pele ou mucosas. Eventualmente estes pacientes estão inconscientes (ou anestesiados) ou mesmo quando conscientes não tem força para afastar os eletródios possivelmente energizados através de um acidente (paciente monitorizado em CTI).

Os equipamentos utilizados nesta classe de pacientes devem permitir uma exposição máxima de 100 A (0,1mA). Os perigos de eletrocussão aumentam quando existe vazamento de soluções parenterais, excreta ou líquidos de drenagem no leito do paciente, aumentando a condutância da pele. A carcassa de todos os aparelhos que possam entrar em contato direta ou indiretamente com o paciente (através de outras pessoas ou equipamentos metálicos não energizados como a cama) devem ser aterrados sendo esta aterragem num mesmo ponto (equipotencial) afim de evitar a possibilidade de uma diferença de potencial entre diversos pontos terra ligados ao mesmo paciente. Além disto poderá ser utilizado o processo de duplo isolamento, em que a própria carcassa do aparelho é ainda isolada especificamente em toda sua superfície externa.

Risco III - É representado pelos pacientes que possuem uma via de baixa resistência diretamente ao coração, seja através de um marcapasso, catéteres de pressão venosa central, de Swan-Ganz ou similares. Uma corrente de 0.02 mA (20 microampéres) é capaz de em determinadas condições causar uma fibrilação ventricular.

Recomenda-se que os equipamentos utilizados nestes pacientes sejam totalmente isolados, utilizando fonte de energia interna (pilha). Quando devido ao problema de potência não seja possível o uso deste tipo de equipamento, deve-se usar o menor número de aparelhos ligados ao mesmo paciente, o menor número de aparelhos que necessitem de ligação à rede e estes equipamentos além de aterrados em um único terra (todos aparelhos com terra em um mesmo potencial) devem ter uma construção tão segura que mesmo em caso de defeito (e desde que esteja ligado o fio terra) não poderá determinar no paciente uma intensidade de corrente maior do que 0.01 mA. O uso de circuitos não aterrados, com indicador de terra (ou curto) não é garantia contra eletrocussão.

É neste tipo de paciente que se evidencia a necessidade do bom senso e da manutenção preventiva. A manutenção preventiva deve garantir que o equipamento checado a intervalos regulares funciona sem perigo para o paciente, desde que usado com o bom senso de sempre ligar-se ao

mesmo terra os aparelhos utilizados num paciente e de trocar-se os aparelhos que "não funcionam como deveriam". Assim na realidade não existe nenhum sistema absolutamente seguro sob o ponto de vista de proteção contra eletrocussão para pacientes de risco III, podendo ocorrer acidentes através de fio terra²⁸. A diferença de potencial entre dois pontos "terra" pode eletrocutar um paciente de risco III como descrito por Leonard³¹.

Muitos equipamentos elétricos portáteis podem ser utilizados dentro ou fora do hospital, como por exemplo lâmpadas, ventiladores, barbeadores, furadeiras, eletrocardiógrafos e outros mais, e muitas vezes só possuem tomada de dois pinos (e portanto um fio com apenas duas fases). Estes equipamentos, entretanto, não devem ser utilizados próximo de pacientes de risco II ou III. Quando estes equipamentos entram em curto a energia por eles consumido (e que pode chegar ao paciente) se torna muito elevada, podendo ocorrer duas hipóteses:

- 1 - Há interrupção da corrente através de um disjuntor ou fusível situado próximo ao paciente (dando tempo para que a corrente passe pelo paciente até o calor atuar o dispositivo de segurança).
- 2 - Há um aquecimento de fios e equipamentos próximos ao paciente, capaz de causar um incêndio e que continuará até que um fio se queime ou a disjunção se faça em local afastado. Além da exposição mais demorada a corrente elétrica o paciente fica exposto a um incêndio.

Se incorporar-se ao aparelho um fio terra (e este é ligado corretamente), qualquer curto (ligação entre fase e massa ou terra) levará a uma interrupção através de um disjuntor ou fusível no, ou próximo, ao aparelho, impedindo que continue a funcionar. Qualquer aparelho deve ser ligado em conector apropriado (com fio terra), e testado antes de ser conectado com o paciente, a fim de evitar um curto com antecedência. Isto não impede que um curto apareça já com o aparelho em funcionamento, daí a necessidade do controle de qualidades na construção de aparelhos destinados a pacientes de risco II e III. Estes pacientes só devem ter em sua proximidade equipamentos devidamente testados e rotulados para este tipo de risco. Em países desenvolvidos os códigos elétricos locais estão obrigando o uso de tomadas de três pinos (fase, neutro e terra) em hospitais, impossibilitando o uso de equipamentos sem fio terra indevidamente em qualquer área de tratamento. Logicamente isto encarece o preço das instalações e também dos equipamentos. Nestes países existe também uma convenção de que o fio que vai energizar um equipamento, a perna verde, ou amarela com lista verdes corresponde sempre ao fio terra, e o fio branco ao neutro. Entretanto a nível de instalação hospitalar e também em todos os equipamentos é necessário manter-se a mesma polaridade nas mesmas posições das tomadas. Atkin e Orkin²⁹ relatam um caso de eletrocussão por inversão de polaridade dos pinos dos bocais de tomadas embutidas no Centro Cirúrgico.

A corrente capaz de eletrocutar um paciente de risco III é tão fraca que não é percebida até que ocorra o acidente e pode ser devida a uma diferença de potencial entre dois pontos terra ambos conectados ao pa-

ciente através de diferentes equipamentos, conforme Brunner³⁰ e citado em 1976²⁸.

Os marcapassos externos devem ter sua superfície externa completamente isolados, afim de impedir que o contacto elétrico possa ser feito através de uma pessoa ou outro equipamento acidentalmente energizado.

Apenas como exemplo quero assinalar dois acidentes que verificamos: num ambiente que foi adaptado para CTI instalou-se um fio terra especial e de acordo com as especificações da engenharia. Verificou-se que entre a torneira, utilizada anteriormente como terra e o novo terra havia uma diferença de potencial de 110V.

Em algum ponto do hospital o encanamento de água vinha sendo utilizado como terra. Durante uma anestesia verifiquei que ao encostar no aparelho de anestesia eu recebia um choque elétrico, desde que estivesse com o dedo no pulso do paciente. Verificou-se posteriormente que um monitor de concentração de anestésico (ligado a corrente de 110V) colocado numa plataforma em cima do aparelho de anestesia apresentava defeito que permitia esta passagem de corrente através do anestesista, para o paciente e saindo pelo fio terra do bisturi elétrico.

Spiegel P – Safety and anesthesia. *Rev Bras Anest* 32: 4: 271 - 282, 1982.

This is a review article about compresses gases, its identification and the correct management in Central Systems of non flammable gases.

Fire, explosions and burns prevention, interactions with electric medical equipment are reviewed.

This article is not only indicated for physicians, but to all who are interested in medical and hospitalar care.

Key - Words: ELECTRIC SYSTEM: electric shock, burn, explosions; EQUIPMENTS: tanks, valves, yokes; OPERATION ROOM: conductivity, pollution

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

1. Mathias R S, Reis G F F, Autran Filho A S – Identificação de gases em cilindros. *Rev Bras Anest*. 30: 407, 1980.
2. Sociedade Brasileira de Anestesiologia e Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Boletim Anestesia* ano VI, maio de 1955, n.º 5.
3. Norma técnica da ABNT - N B 46 – revisão de 1979. Pintura de cilindros para gases comprimidos.
4. Norma de ensaio da ABNT - E B 160 (1970) – Cilindros de aço carbono sem costura para armazenamento de gases a alta pressão.
5. Norma técnica da ABNT - N B 215 (1973) – Cilindros de válvula plana para gases medicinais - sistema de pinos indicadores de segurança.
6. Norma técnica da ABNT - N B 254 (1977) – Sistemas centralizados de agentes oxidantes de uso medicinal - Sistemas de gases não inflamáveis usados a partir de centrais, em hospitais.
7. Barcroft M L, du Moulin G C, Whyte S H, Hazards of hospital bulk oxygen delivery systems – *Anesthesiology* 52: 504, 1980.
8. Norma técnica da ABNT - N B 166 (1971) – Uso de anestésicos e antissépticos inflamáveis, (prevenção de explosões em hospitais, devidas ao uso de agentes anestésicos e antissépticos inflamáveis).
9. Eger I E, Hylton R R, Irwin R H, Guadagni N – Anesthetic flowmeter sequence a cause for hypoxia – *Anesthesiology* 24: 396, 1963.
10. Finberg H V, Pearlman L A, Gabel R A – The case for abandonment of explosive anesthetic agents. *New Engl. J. Med.* 303:613,1980.
11. Eckenhoff J E – *Controversy in Anesthesiology* - Ed. W B Saunders, 1979 pg 19 a 25.
12. Macintosh R, Mushin W M, Epstein H G – *Physics for the Anaesthetist* Ed. Charles C Thomas 1958 pg 284 - 412.
13. Adriani J – *The Chemistry and Physics of Anesthesia* – Ed. Charles C Thomas 1, 1962 pg 521 - 555.
14. Spiegel P – Prevenção de acidentes – *Rev Bras Anest*. 19: 164, 1969.
15. Walter C W – Electric hazards in hospitals - *Proceedings of a workshop*. National Academy of Sciences - Washington D C – U. S. A. 1970 pg 161 - 171.
16. Battig C G – Electrosurgical burn injuries and their prevention *J. A. M. A.* 204: 1025, 1968.
17. Becker C M, Malhotra I V, Hedley-Whyte J – The distribution of radiofrequency current and burns – *Anesthesiology* 38: 106, 1973.
18. Wald A S, Mazzia V D B, Spencer F C – Accidental burns associated with electrosurgery – *J. A. M. A.* 217: 916, 1971.
19. Leonard P F – Case history – A third degree burn secondary to faulty electrocautery ground – *Anesth Analg* 49: 402, 1970.
20. Finlay E – Electrosurgery burns resulting from use miniature E C G electrodes – *Anesthesiology* 41: 263, 1974.
21. Schneider A J L, Apple H P, Braun R T – Electrosurgical burns at skin temperature probes – *Anesthesiology* 47: 72, 1977.
22. Goodman L S e Gilman A – *The Pharmacological Basis of Therapeutics* – 6.ª ed. New York – Ed. Macmillan, 1980.
23. Wynands J E – Anesthesia for patients with heart block and artificial pacemakers. *Anesth Analg* 55: 626, 1976.
24. Lerner S M – Suppression of a demand pacemaker by transurethral electrocautery - *Anesth Analg* 52: 703, 1973.
25. Doss J D, MaCabe C W, Weiss G K – Noise - free electrocardiographic data during electrosurgical procedures. *Anesth Analg* 52: 156, 1973.
26. Norma 76 C da National Fire Protection Association Inc-High frequency electricity in Healt Care Facilities - 1980 Batterymarch Park, Quincy, MA 02269, U. S. A.
27. Norma 76 B da NFPA – Electricity in patient care facilities. (1973).
28. Spiegel P – Complicações devidas ao uso de monitores eletrônicos *Rev Bras Anest*. 26: 181, 1976.
29. Atkin D H, Orkin L R – Electrocutation in the operating room.
30. Brunner J M R – Hazards of electrical apparatus. *Anesthesiology* 28: 396, 1967.
31. Leonard P F – Characteristics os electrical hazards. *Anesth Analg* 51: 797, 1972.