LUÍS AUGUSTO SPRANGER

bibao@yahoo.com

Pomerode – SC – Brasil

ESTUDO DA CAPNOGRAFIA

1 CAPNOGRAFIA

A capnografia é o único meio, direto e não invasivo, para medir o estado respiratório do paciente (WELCH, 2003). Em 1978, a Holanda foi o primeiro pais a adotar a técnica da capnografia como um padrão na monitorização em pacientes anestesiados. A capnografia poderia ter identificado vários problemas que eram reportados antes da era da capnografia. (BHANANI-SHANKAR, 2004)

1.1 MOTIVOS PARA O USO DA CAPNOGRAFIA

A hipoxia (deficiência de oxigênio nos tecidos corporais) é uma das principais preocupações dos anestesistas durante intervenções cirúrgicas com anestesia em pacientes. O oxímetro de pulso é um ótimo equipamento para monitoração da hipoxia, mas não indica a causa. A capnografia pode indicar situações que podem resultar em hipoxia, e ajuda no diagnostico de diferentes tipos de hipoxia.

Conforme BHANANI-SHANKAR (2004), durante a anestesia o anestesiologista administra os equipamentos de anestesia que comumente são o ventilador pulmonar e o circuito de respiração, a parte critica é a conexão do circuito de respiração com o paciente, esta conexão é feita com o tubo endo-traqueal e a máscara (geralmente o CO_2 é monitorado neste ponto). Nos gases expirados, a capnografia indica a quantidade de CO_2 que é eliminada dos pulmões para o equipamento de anestesia. Indiretamente reflete a produção de CO_2 pelos tecidos e o transporte de CO_2 para os pulmões pelo sistema circulatório. Por causa disto a capnografia é uma técnica importante, não invasiva que fornece informações sobre a produção de CO_2, perfusão pulmonar e ventilação alveolar, padrões de respiração, bem como a eliminação do CO_2 do circuito de anestesia e ventilador pulmonar.

A capnografia fornece um método rápido e confiável para detectar situações de ameaça a vida do paciente (mau posicionamento de tubos, falhas não esperadas no ventilador pulmonar, falha na circulação e problemas na respiração) e que possam causar seqüelas. De acordo com BHANANI-SHANKAR (2004), estudos realizados nos acidentes com anestesia

mostram que a hipoventilação, a entubação endo-traqueal e a desconexão no circuito do ventilador pulmonar representam a maior fonte de mortes e seqüelas de pacientes e responsabilidade financeira na pratica da anestesiologia. A capnografia se mostrou eficiente na detecção destas falhas.

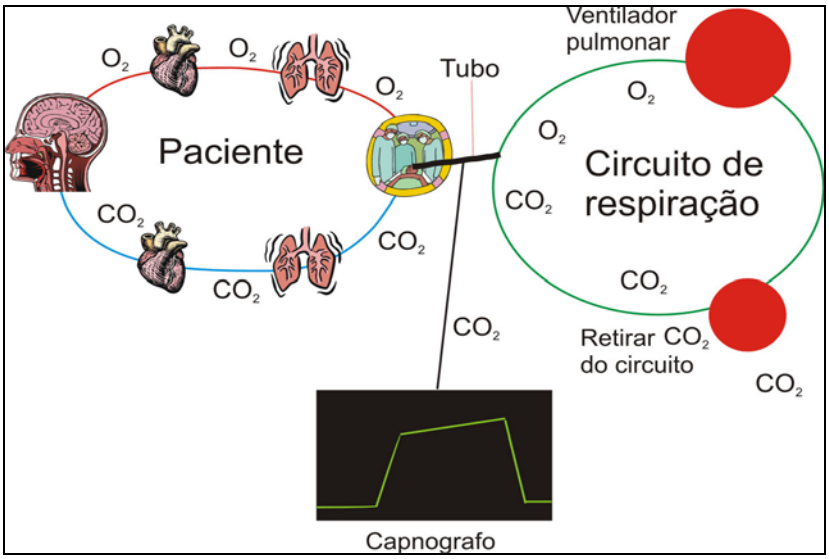

Figura 1 - Iteração do paciente com o circuito de respiração

1.2 PRINCÍPIOS DE MEDIÇÃO DE CO_2

Existem quatro métodos de medição de CO_2:

a) espectrografia infravermelha;

b) espectrografia de massa;

c) espectrografia Raman;

d) espectrografia foto-acústica.

O método mais usado na medição de medição de CO_2 é a espectrografia infravermelha (IR), Segundo Paz (1996), os equipamentos que fazem o uso desse método de medição são mais compactos e mais baratos que os outros equipamentos que usam outros métodos de medição.

Os feixes de IR são absorvidos por gases poliatômicos, gases não elementares, como o óxido nitroso (N_2O), dióxido de carbono (CO_2), vapor d'água, monóxido de carbono (CO) e agentes anestésicos. Moléculas simétricas como O_2, N_2, H_2 e gases nobres não absorvem os feixes de IR.

Instrumentos que fazem uso deste método de medição usam um comprimento de onda definido, para aumentar a resposta da substância analisada, e não obter interferência de outras substâncias. "Estes instrumentos são analisadores infravermelho não dispersivos (NDIR)" (PAZ, 1996).

Segundo Paz (1996), os analisadores NDIR possuem duas câmaras de medição, em uma está presente o gás a ser analisado e em outra um gás de referência. Dois feixes de IR são interrompidos intermitentemente pela rotação de uma lâmina giratória que contém janelas com filtros de comprimento de onda específicos.

No fim de cada câmara existe uma célula Golay, que segundo Weisstein (2003) se deforma de acordo com a temperatura do gás e de acordo com a luz, sendo possível com isso saber o volume de gás existente. Essas células são constituídas de câmaras vedadas e separadas por um diafragma. A diferença de pressão causa um deslocamento no diafragma, que causa uma alteração elétrica e é detectada por um circuito sensível. Esta variação é proporcional a concentração do gás absorvido.

"A saída do circuito detector é processada para produzir um sinal proporcional a concentração do gás teste. Este tipo de analisador pode requerer um período de aquecimento (*warmup*) para saída estável" (PAZ, 1996).

1.3 FATORES QUE PREJUDICAM A LEITURA DO CO_2 NA CAPNOGRAFIA UTILIZANDO A ESPECTROGRAFIA INFRAVERMELHA

Alguns fatores como gases e posicionamento de tubos interferem na leitura do CO_2:

a) a presença de N_2O (óxido nitroso) interfere na leitura, pois o N_2O absorve luz infravermelha, de acordo com BHANANI-SHANKAR (2004) o melhor comprimento de onda para medição de CO_2 sem a interferência do N_2O é de 4,3 mícrons;

b) o vapor d´agua pode condensar e absorver a luz infravermelha ou interromper a passagem de CO_2;

c) o oxigênio não prejudica a leitura de CO_2 pois não absorve luz infravermelha;

d) agentes de inalação não interferem na medição do CO_2;

e) tubos muito longos podem prejudicar a velocidade de leitura do CO_2.

1.4 CAPNÓGRAFOS SIDESTREAM E MAINSTREAM

Existem dois tipos de capnógrafos: *sidestream* e *mainstream*. A diferença está na localização do sensor. O *sidestream* fica localizado na unidade principal do equipamento de monitorização; uma amostra da respiração do paciente é aspirada para ser analisada no interior do equipamento. Enquanto que o *mainstream* fica junto ao paciente; "é inserido entre o tubo endotraqueal e o circuito de respiração" (PAZ, 1996), existindo um fio que leva o sinal elétrico do sensor até o equipamento de monitorização.

O método *sidestream* pode apresentar erros devido à condensação do vapor d'água dentro do tubo que leva a amostra de gás até o equipamento; esse erro pode ser evitado fazendo o uso de uma armadilha d'água na entrada do sistema. No método *mainstream* a prevenção da condensação do vapor d'água é feita com o aquecimento do sensor a uma temperatura acima do corpo humano, mas também pode causar queimaduras no paciente.

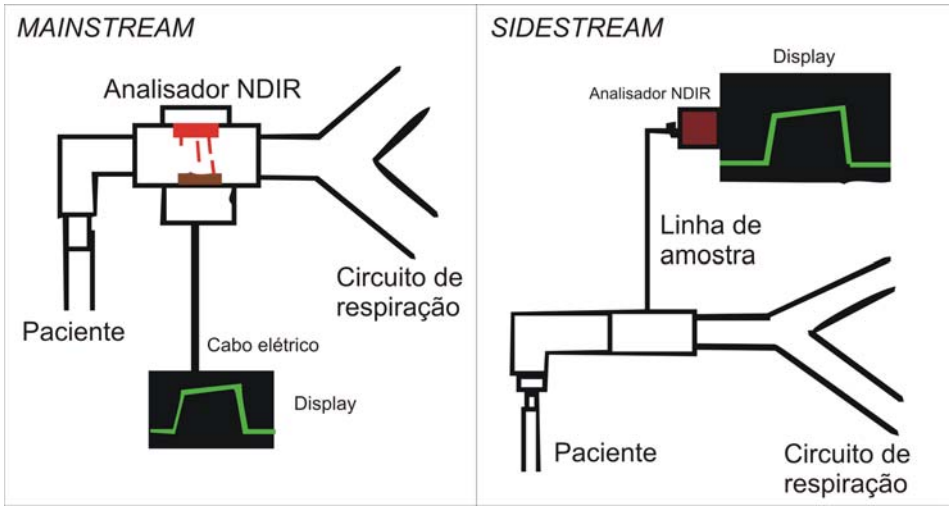

Figura 2 - Método *Mainstream* e *Sidestream*

1.5 CAPNOGRAMA

Capnograma é o valor fornecido pelo capnógrafo e apresenta a concentração de dióxido de carbono, pode ser representado em função do tempo ou em função do volume de gás expelido.

"O CO_2 é produzido pelo metabolismo celular, sendo transportado pela corrente sangüínea até os pulmões, onde é eliminado pela respiração." (FONSECA, 1994 apud PAZ, 1996). Dependendo do valor e do formato do capnograma, pode ser identificado:

a) o nível de eliminação de CO_2 através dos pulmões;

b) a variação de CO_2 em nível de tecido;

c) a entrega de CO_2 para os pulmões pelo sistema circulatório;

d) a falta de perfusão pulmonar (BHANANI-SHANKAR, 1992; FONSECA, 1994 apud PAZ, 1996).

1.6 TERMINOLOGIA E FISIOLOGIA DO CAPNOGRAMA

O modelo atualmente utilizado para facilitar a compreensão do capnograma pode ser visto na figura abaixo (BHANANI-SHANKAR, 2004):

Figura 3 - Capnograma dividido em fases

No modelo da figura 3 o capnograma está dividido dois segmentos (expiração e inspiração) e em 4 fases (0, I, II e III). A fase 0 é a fase de inspiração, a expiração é dividida em 3 fases (I, II e III) o ângulo Alfa (entre a fase II e III) representa o estado V/Q do pulmão (explicado abaixo) e o ângulo Beta (entre fase III e 0) representa o início da inspiração.

Após a troca de gases nos alvéolos, a concentração de CO_2 é superior na parte inferior do pulmão, diz se então que o V/Q (V=ventilação, Q=perfusão) é maior e na parte inferior o V/Q é inferior, de acordo com BHANANI-SHANKAR (2004) isto ocorre pois a perfusão sanguínea é melhor na parte inferior o pulmão. Como os gases que estão na parte superior do pulmão são expelidos antes que os gases que estão na parte inferior, a fase III de capnograma tende a ter uma inclinação positiva, pois o gás com maior concentração de CO_2 sai por último.

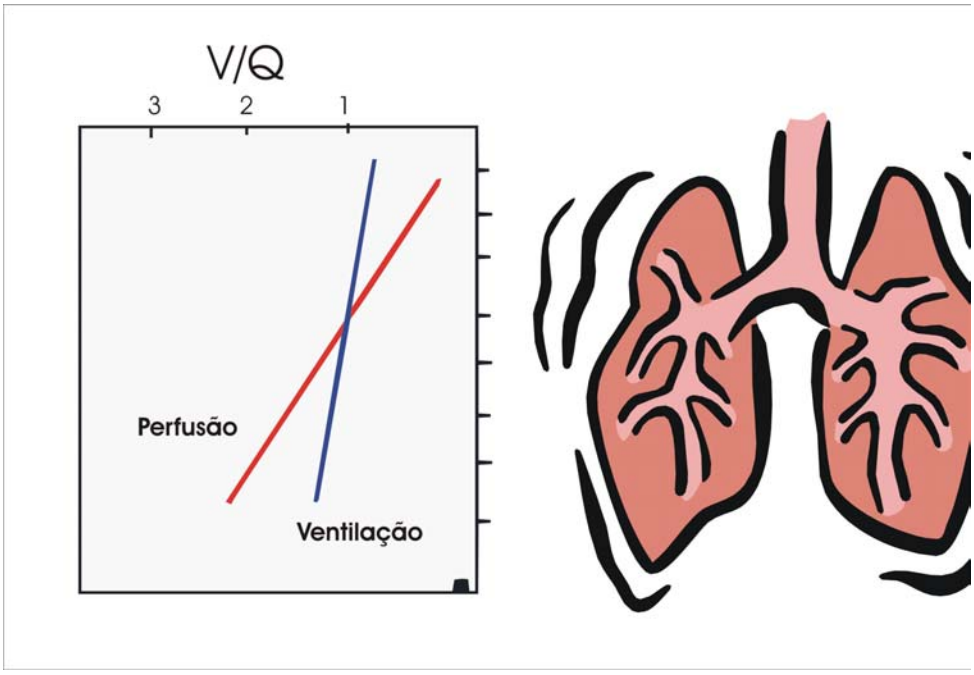

Figura 4 - Variação de V/Q de acordo com a altura do gás no pulmão

Qualquer fator que altere a média de V/Q do pulmão, altera a altura e inclinação da fase III no capnograma. Alguns destes fatores podem ser:

a) volume de saída cardíaco;

b) produção de CO_2;

c) resistência das via aéreas.

A pressão parcial de CO_2 no fim da expiração ($P_{ET}CO_2$) indica a quantidade sangue que foi envida para o pulmão:

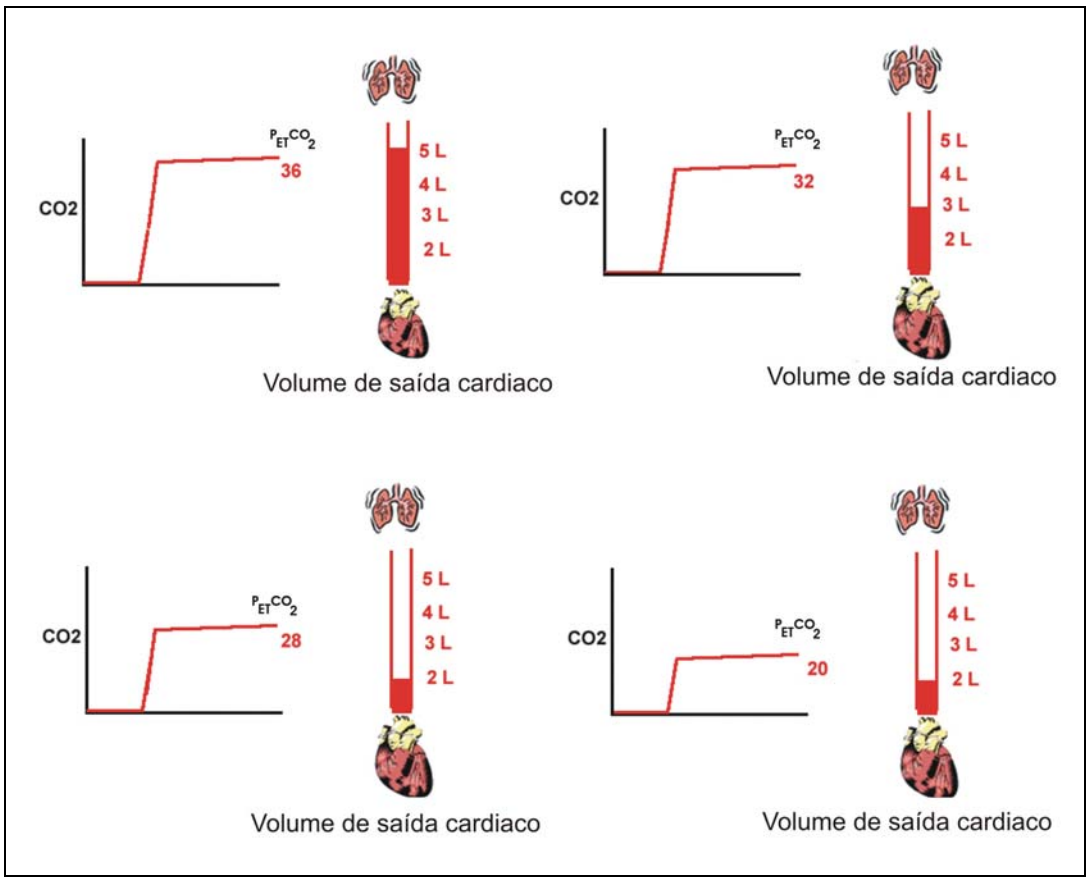

Figura 5 - Relação entre o valor de $P_{ET}CO_2$ e o volume de saída cardíaco

Qualquer fator que altere a média de V/Q do pulmão, altera a altura e inclinação da fase III no capnograma. Alguns destes fatores podem ser:

1.7 APLICAÇÃO CLINICA DA CAPNOGRAFIA

Com os valores obtidos no capnograma é possível identificar alguns problemas que podem ocorrer com o paciente, abaixo um quadro com a variação de $P_{ET}CO_2$ e o que esta variação pode indicar:

Aumento de PETCO2

Saída de CO2	Perfusão Pulmonar	Ventilação dos alvéolos	Erros técnicos Falha no aparelho
Febre Hiperpirexia Solta de torniquete Embolismo	Aumento de saída de volume cardíaco Aumento da pressão sanguínea	Hipoventilação Entubação bronquial Obstrução parcial das vias aéreas	Expelidor de CO2 com problemas Fluxo de gás fresco inadequado Válvulas com problema Ventilador pulmonar com problema

Diminuição de PETCO2

Saída de CO2	Perfusão Pulmonar	Ventilação dos alvéolos	Erros técnicos Falha no aparelho
Hipotermia	Redução da saída de volume cardíaco Hipotensão Hipovolemia Embolismo pulmonar Apreensão cardiaca	Hiper ventilação Apnea Obstrução total das vias aéreas Retirada acidental do tubo	

Quadro 1- Variação de $P_{ET}CO_2$ e possíveis causas

A curva também indica problemas com o paciente, a curva de todos os humanos saudáveis é sempre idêntica, qualquer variação nesta curva deve ser analisada. Cinco fatores devem importantes devem de observados:

a) freqüência;

b) ritmo;

c) altura;

d) linha base;

e) forma.

Abaixo uma figura com alguns capnogramas:

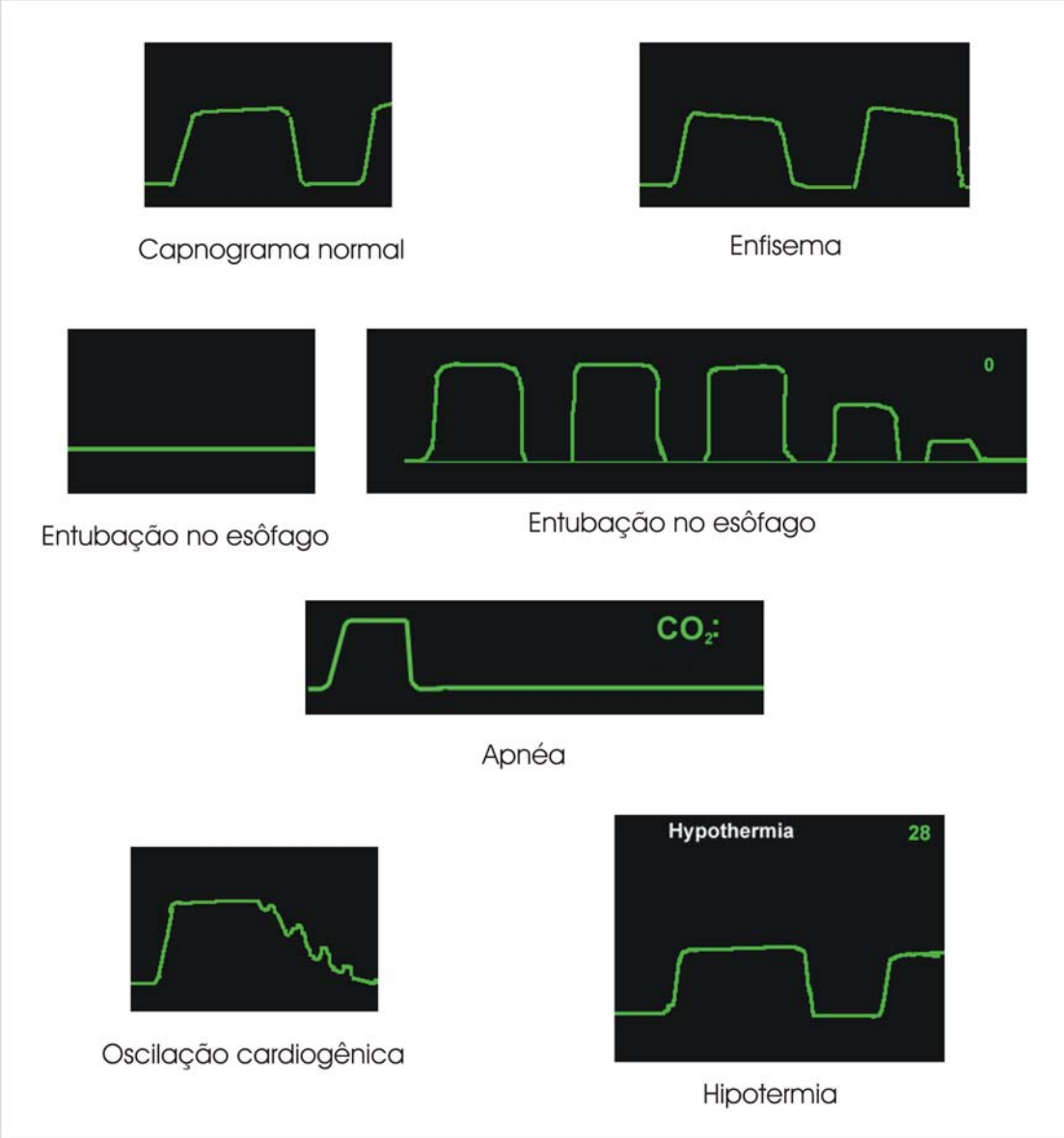

Figura 6 - Alguns exemplos de capnogramas

Em crianças a curva do capnograma pode varia devido a o pouco fluxo de ar, por este motivo o capnógrafo deve ser configurado para trabalhar com crianças ou adultos (BHANANI-SHANKAR, 2004).

2 TECNOLOGIA *MICROSTREAM*

Segundo BHANANI-SHANKAR (2004), esta tecnologia é utilizada em módulos de capnografia *sidestream,* entre as principais vantagens, destacam-se:

a) utiliza baixo fluxo de aspiração do gás (50 ml/min enquanto que capnógrafos normais utilizam 150 ml/min);

b) minimiza a dispersão do gás dentro da linha de amostra;

c) estudos estão em andamento para demonstrar a superioridade desta tecnologia quando usada com recém nascidos e crianças.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BHANANI-SHANKAR, Kodali MD **Learning Capnography**. Boston, MA, USA: 2004. Disponível em: <www.capnography.com>. Acesso em: 3 junho 2004

PAZ, Mário Augusto Silva **Segurança em equipamentos de monitorização em sala cirúrgica e UTI oxímetro de pulso, capnógrafo, monitor cardíaco, e monitor de pressão não invasivo**. 1996. 62 f. Monografia (Pós Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

WEISSTEIN Eric, **Golay Cell**. Bloomington, USA: 2003. Disponível em: <scienceworld.wolfram.com/phisics/golaycell.html>. Acesso em: 14 maio 2003.

WELCH Allyn **Capnography, mainstream and sidestream modules**. Beaverton, USA: Welch Allyn, 2003.