

Estudo Comparativo entre CO₂ Obtido por Capnografia e Gasometria no Pós-Operatório de Cirurgia Cardíaca

José Otávio Costa Auler Júnior, TSA¹, Alexandre Augusto Franchi², Vera Regina Moraes Coimbra² & Maria José de Carvalho³

Auler Júnior J O C, Franchi AA, coimbra V R M, carvalho M J - Comparative study between capnography and arterial CO₂ after coronary by-pass grafting.

The aim of this study was to compare the CO₂ monitoring using two methods: capnography and arterial blood gas analysis. Fifty five patients after coronary by-pass graft were studied. Patients were divided in three groups according to body temperature: group 1) axillary temperature lower than 36°C (n = 22), group 2) axillary temperature equal to or higher than 36°C (n = 32) and group 3) all patients (n = 54). We carried out the measurements in the post-operative period, fifteen minutes after ICU admission. The results obtained (mean ± standard deviation) were: for group 1, arterial CO₂ 27.47 ± 5.79 mmHg, expired mean CO₂ 25 ± 6.89 mmHg; for group 2, arterial CO₂ 30.32 ± 6.91 mmHg, expired mean CO₂ 29.22 ± 5.32 mmHg and for group 3 arterial CO₂, 29.18 ± 6.03 mmHg, expired mean CO₂ 27.69 ± 6.20 mmHg. The statistical analysis (simple linear regression) showed no significant correlation between arterial CO₂ and expired mean CO₂ for groups 1 (R = 0.68) and 3 (R = 0.70) and significant correlation for group 2 (R = 0.73). Hypothermia, by decreasing CO₂ production and increasing anatomical dead space and also promoting V_A/Q mismatching could explain our findings. Although no strong statistical correlation was found between arterial CO₂ and expired CO₂ values for groups 1 and 3, the results suggest that capnography might be a useful arterial CO₂ monitoring method during artificial mechanical ventilation. Failure to appreciate the relationship between arterial and end-tidal CO₂ and to recognize those factors that increase this gradient may result in inappropriate use of data from the capnography. Arterial blood gas analysis should be performed whenever the cause of a low expired CO₂ is unclear, when capnographic features suggest a large gradient. The clinical judgment based only on digitally reported end-tidal CO₂ without considering the capnogram may lead to incorrect conclusions.

Key Words: MONITORING: capnography, blood gas analysis; SURGERY cardiac, coronary by-pass grafting

Por definição capnografia refere-se à mensuração da concentração de CO₂ em mistura de gases. Trata-se de método não invasivo que permite monitorização constante do CO₂ exalado (PeCO₂).

Trabalho realizado na Unidade de Recuperação Pós-Operatória do Instituto do Coração do Hospital das Clínicas.

1 Diretor do Serviço de Anestesia do InCor-HC-FMUSP

2 Fisioterapeuta do InCor

3 Assistente do Serviço de Anestesia do InCor

*Correspondência para José Otávio Costa Auler Júnior
Rua Guaraná, 538, ap. 151
01425- São Paulo - SP*

Recebido em 5 de março de 1990

Aceito publicação em 10 de junho de 1990

©1990, Sociedade Brasileira de Anestesiologia

O progresso tecnológico da medicina nos últimos anos tem oferecido novas perspectivas no campo da monitorização. A possibilidade de substituir métodos tradicionais por novos, que façam a mesma função, é muito atraente principalmente quando o proposto não é invasivo. A determinação da pressão parcial de CO₂ sanguíneo (PaCO₂) tem grande importância clínica durante a ventilação artificial, no ajuste dos parâmetros ventilatórios e na detecção de complicações relacionadas à ventilação. Embora a análise intermitente do CO₂ sanguíneo através de gasometrias seja extremamente fidedigna e largamente utilizada em anestesia, carrega algumas desvantagens, tais como: necessidade de punção ou cateterização arterial, relativa demora entre a colheita da amostra

sangüínea e o resultado final. O tempo decorrido entre a retirada do sangue e o resultado gasimétrico tornam o mesmo pouco efetivo na detecção imediata ou na profilaxia de acidentes ventilatórios, aspectos de extrema importância em anestesiologia e terapia intensiva. Por outro lado, a capnografia reflete continuamente a ventilação alveolar, correlacionando-se estreitamente com a PaCO_2 ¹. Para isto requerem-se pulmões normais e circulação estável, característica de grande número de pacientes submetidos a anestesia geral². Em pacientes com instabilidade cardiopulmonar esta correlação pode não ser a esperada, justificando a não utilização da PeCO_2 como parâmetro isolado da ventilação alveolar². Em virtude da existência destes fatos contraditórios, o objetivo deste trabalho foi comparar os valores de CO_2 obtidos através da capnografia com aqueles obtidos através de gasometria convencional. O estudo desenvolveu-se no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca, situação clínica acompanhada muitas vezes por instabilidade hemodinâmica, variações da temperatura corporal e alterações metabólicas. Dentre essas condições, optou-se por estabelecer a comparação entre os métodos na vigência de hipotermia situação freqüentemente observada no pós-operatório imediato, permanecendo como controle os pacientes normotérmicos.

obtido por via direta. Nos pacientes do grupo 2, o coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,73. A comparação não apresentou diferença ($p > 0,1$), mostrando que o CO_2 obtido por meio indireto pode

METODOLOGIA

Foram estudados 53 pacientes no pós-operatório imediato de revascularização do miocárdio, todos submetidos ao mesmo protocolo de anestesia (midazolam, fentanil, pancurônio) e cirurgia com auxílio de circulação extracorpórea (hemodiluição com solução de Ringer e hipotermia moderada, até 32°C). Os pacientes não possuíam história de doença pulmonar prévia e estavam hemodinamicamente estáveis no momento das determinações do CO_2 . A média de idade foi entre 54 ± 4 anos e a média de peso, entre 73 ± 9 quilos. Após a admissão na Sala de Recuperação, todos os pacientes foram ventilados artificialmente com respirador Ventilotec Eletrônico modelo 2 (Oftec-Drager), obedecendo-se ao seguinte protocolo: volume corrente de 12 ml.kg^{-1} , fração inspirada de oxigênio de 60%, pressão positiva expiratória de 5 cm de H_2O , freqüência

respiratória de 12, minuto^{-1} . O volume corrente foi continuamente aferido em ventilômetro Bourns LS-75 (Bourns Medical Systems, Inc., Riverside, Calif.). A temperatura dos pacientes foi medida na região axilar através de eletrodo conectado a monitor Hewlett-Packard modelo 7803-B (Hewlett-Packard Co. Medical Products, Andover, Mass., USA). A PaCO_2 arterial foi obtida do sangue colhido diretamente de cateter inserido na artéria radial, sendo a amostra processada imediatamente no aparelho ABL 300 Acid-Base Laboratory (Radiometer - Copenhagen, Suécia). A PeCO_2 foi obtida através do aparelho End Tidal CO_2 Monitor, Model 1260 (Novamatrix Medical Systems Inc, Wallingford, CT USA), cujo sensor foi colocado entre a cânula de intubação e o circuito do respirator, sem espaço morto artificial. Ambas as determinações de CO_2 foram realizadas simultaneamente entre 15 e 20 minutos da admissão do paciente na Recuperação, tempo necessário para a instalação da monitorização rotineira e ajuste dos parâmetros ventilatórios. Conforme o valor da temperatura obtida, os pacientes foram analisados em três grupos: Grupo 1, composto por 21 pacientes com temperatura igual ou inferior a 36°C (máxima 36°C, mínima 34°C). Grupo 2, composto por 32 pacientes com temperatura igual ou maior que 36°C (máxima 37.7°C, mínima 36°C). Grupo 3, ambos os grupos anteriores reunidos.

Análise estatística - Os resultados do CO_2 obtidos por meio direto (gasometria arterial) e indireto (capnografia) foram comparados entre si utilizando-se modelo de regressão linear simples, com posterior teste conjunto nos parâmetros estimados.

RESULTADOS

Os resultados estão apresentados sob a forma de gráficos e tabelas explicativas. Na Tabela I estão representados os valores médios e respectivos desvios padrão da pressão parcial de CO_2 dos grupos 1, 2 e 3. Na Tabela II estão representados os valores de temperatura dos grupos 1, 2 e de todos os pacientes. A Tabela III expressa os resultados dos ajustes dos modelos de regressão linear que relacionam os valores de CO_2 obtidos por via direta (PaCO_2) e indireta (PeCO_2). Os Gráficos 1, 2 e 3 representam respectivamente a correlação entre os pacientes com temperatura inferior a 36°C, superior a 36°C e todos os pacientes. Os resultados da análise estatística mostraram, para os pacientes do grupo 1, um coeficiente de determinação (R^2) de 0,68. O teste comparativo mostrou diferença significativa

($p < 0,005$), mostrando que o valor do CO_2 obtido por via indireta não pode ser considerado igual ao valor obtido por via direta. Nos pacientes do grupo 2, o coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,73. A comparação não apresentou diferença ($p > 0,1$), mostrando que o CO_2 obtido por meio indireto pode ser considerado igual ao valor obtido por meio direto. Em relação a todos os pacientes (grupo 3), o coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,70. A comparação apresentou diferença significativa ($p < 0,001$), mostrando que o valor do método indireto não pode ser considerado igual ao valor do método direto.

Tabela 1

| | $PaCO_2$, mmHg | $PeCO_2$, mmHg |
|------------------|-----------------|-----------------|
| Grupo 1 (n= 21) | 27,46 + 5,79 | 25,00 + 6,89 |
| Grupo 2 (n = 32) | 30,32 + 6,01 | 29,22 + 5,23 |
| Grupo 3 (n = 53) | 29,18 + 6,03 | 27,69 + 6,20 |

$PaCO_2$, pressão parcial de CO_2 no sangue
 $PeCO_2$, pressão expirada de CO_2

Tabela 2 - Temperatura (°C)

| | |
|---------|--------------|
| Grupo 1 | 35,45 + 0,36 |
| Grupo 2 | 36,63 + 0,34 |
| Grupo 3 | 36,15 + 0,34 |

Tabela 3- Resultados dos ajustes dos modelos de regressão linear que relacionam $PaCO_2$ e $PeCO_2$

| Modelo | R2 | Parâmetros | Estimativa | E.P. | F | P |
|--------|------|------------|------------|------|------|--------|
| t < 36 | 0,68 | a | 10,20 | 2,84 | 9,57 | 0,0013 |
| | | b | 0,69 | 0,11 | | |
| t > 36 | 0,73 | a | 1,69 | 3,25 | 1,91 | 0,1656 |
| | | b | 0,98 | 0,11 | | |
| Todos | 0,70 | a | 6,87 | 2,09 | 9,73 | 0,0003 |
| | | b | 0,81 | 0,07 | | |

F: para hipótese $H_0: a = 0; b = 1$

R2: coeficiente de determinação

E.P.: em padrão

t.: temperatura

Todos: n.º total de pacientes

F: valor da estatística de Fisher-Snedecor

P: nível descritivo de probabilidade associado a F

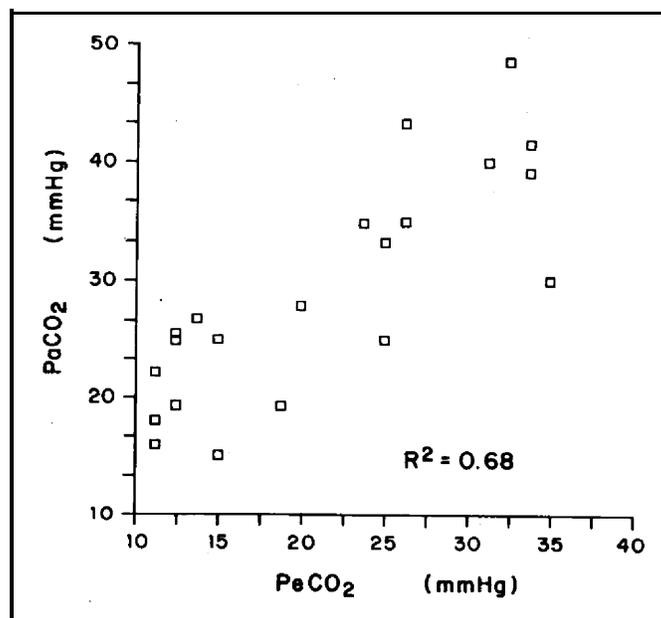


Gráfico 1 - Representa os pacientes do grupo 1, com temperatura inferior a 36°C.

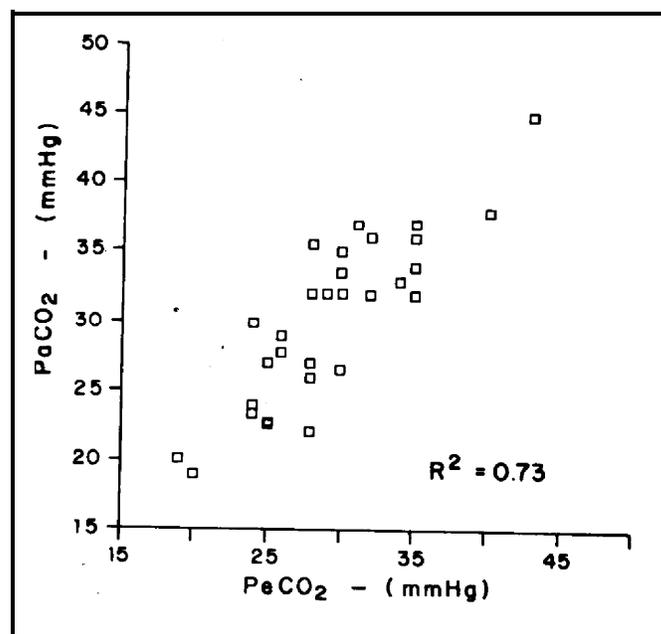


Gráfico 2- Representa os pacientes do grupo 2, com temperatura superior a 36°C.

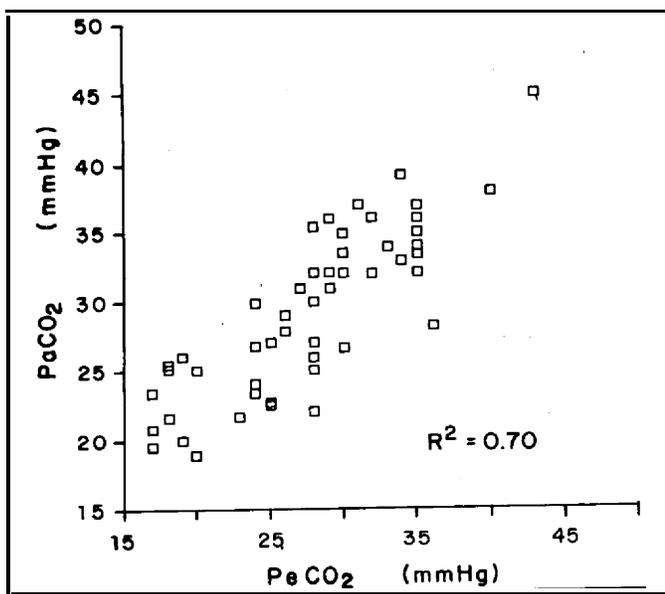


Gráfico 3- Representa todos os pacientes.

DISCUSSÃO

O gás carbônico difunde-se rapidamente através da membrana alvéolo-capilar. Se a ventilação e perfusão estiverem uniformemente distribuídas no pulmão, a concentração de CO_2 arterial e alveolar deveria ser praticamente igual. Acontece que nos pulmões a relação V_A/Q não é uniformemente distribuída. Desta maneira, existe pequena diferença entre o valor do CO_2 alveolar e o sanguíneo³. Embora a concentração de CO_2 no alvéolo não possa ser medida diretamente, acredita-se que todo o gás existente nas vias aéreas proximais ao final da expiração seja composto basicamente por gás alveolar. Assim, a concentração expiratória final de CO_2 aproxima-se da concentração alveolar e arterial de CO_2 . Neste sentido, a capnografia mede a concentração máxima de CO_2 ao final da expiração⁴. Variações do padrão respiratório normal: respiração irregular, expiração incompleta, frequência respiratória elevada; alterações da relação ventilação/perfusão (V_A/Q) podem falsear a PeCO_2 de tal maneira que a mesma deixe de representar efetivamente a ventilação alveolar⁵. Nestas condições, o gás que chega às vias aéreas proximais pode não ser o verdadeiro gás alveolar, estando, portanto, a ventilação sendo subestimada pela capnografia. Em condições de normalidade cardiopulmonar, o gradiente entre PaCO_2 e PeCO_2 está em torno de 5 mmHg para menos, permanecendo estável durante anestesia com ventilação controlada^{1,6}.

Duas circunstâncias podem aumentar este gra-

diente: problemas nas medidas (equipamento descalibrado) e alteração do padrão respiratório ou desajustes na relação V_A/Q dos pulmões. A diferença entre PaCO_2 e PeCO_2 acentua-se quando ocorre $V_A/Q > 1$ e $V_A/Q < 1$, sendo esta diferença mais pronunciada quando V_A/Q é maior que 1. As situações clínicas associadas com aumento de $V_A/Q > 1$ são: tromboembolismo pulmonar (trombo sanguíneo, líquido amniótico, ar, gordura) e choque. Desta maneira, os alvéolos são bem ventilados mas não recebem CO_2 , pois não há perfusão sanguínea. As regiões de alvéolos com baixa concentração de CO_2 misturam-se a outras onde a relação V_A/Q está normal, o que contribui para a diminuição da PeCO_2 final. As áreas com relação V_A/Q normal podem não conseguir eliminar o CO_2 em excesso, conseqüente à redistribuição do sangue procedente dos segmentos afetados pela embolização. Isto determina aumento da PaCO_2 e diminuição da PeCO_2 , acentuando o gradiente entre ambos. Estão associados com relação $V_A/Q < 1$: broncoespasmo, pneumonia aspirativa, atelectasia, intubação brônquica. Quando o segmento pulmonar recebe menos ventilação relativa à perfusão, a PaCO_2 aumenta em relação à PeCO_2 . Somente em ocasiões muito raras a PeCO_2 pode exceder a PaCO_2 . Fisiologicamente é necessário ajuste perfeito entre V_A/Q , de maneira que a PaCO_2 alveolar represente fielmente a PaCO_2 do sangue e a expiração deva ser efetiva a ponto de permitir exposição completa do gás alveolar ao sensor do equipamento. Normalmente são freqüentes os desajustes entre ventilação e perfusão. Portanto, a obtenção de PeCO_2 superior à PaCO_2 é provavelmente determinada por erros de calibração do equipamento^{1,3,4}. A segunda maior causa do aumento do gradiente entre PaCO_2 e PeCO_2 está relacionada com a análise do gás expirado pelo equipamento. Isto se torna particularmente evidente durante a monitorização de pequenos volumes correntes, como acontece com neonatos e crianças de baixo peso⁷. A presença de gás fresco adicional ao circuito da anestesia, como, por exemplo, no sistema Mapleson, também falseia o resultado, pois dilui o CO_2 expirado. O grau de diluição do gás expirado com gás fresco vai depender do fluxo deste gás, do fluxo expiratório e do volume corrente do paciente. Neste sentido, o gás exalado será diluído, diminuindo o valor da PeCO_2 . Outras vezes a expiração não se completa totalmente como nas doenças obstrutivas das pequenas vias aéreas ou o tempo expiratório está encurtado por frequência respiratória elevada. Portanto, o ar expirado não representa o verdadeiro ar alveolar, aproximando-se

ambos da fisiologia normal^{8,9}.

A observação do capnograma permite obter informações úteis, embora não consiga definir exatamente a causa do problema ventilatório⁹. Na Figura 1 observa-se a configuração normal do capnograma. Uma queda súbita no valor da $PeCO_2$ em alguns segundos, aproximando-se de zero, significa interrupção da ventilação por várias causas, tais como: extubação acidental, obstrução da cânula de intubação, pane no ventilator artificial, entre outros (Figura 2). A mesma configuração (Figura 2) pode ser observada na presença de problemas sérios no sistema cardiopulmonar, tais como: hipotensão súbita por diferentes etiologias, parada cardíaca na vigência de ventilação, embolia pulmonar. Ocasionalmente pode ser constatado, na ausência de problemas cardiopulmonares ou do sistema da ventilação, valor baixo e sustentado da $PeCO_2$. Neste caso, a inobservância do platô no capnograma sugere problemas expiratórios, diminuição do volume corrente ou diluição

por algum fluxo adicional. A presença do platô e sua observação de maneira contínua e fundamental na monitorização do CO_2 expirado⁵. O aumento do espaço morto fisiológico pode ser caracterizado no capnograma por diminuição da $PeCO_2$ e conservação da configuração normal do platô. Esta situação pode estar presente quando há diminuição da pressão na artéria pulmonar por hipovolemia discreta, uso de vasodilatação, pico de pressão elevado nas vias aéreas, posição sentada em neurocirurgia, e outros. A elevação gradual da $PeCO_2$ ou sua manutenção acima da correspondente linha de base do capnograma indicam ocorrência de reinalação do CO_2 explorado (Figuras 3 e 4). Várias são as causas: incompetência de válvulas unidirecionais que permitem reinalação, exaustão do sistema de cal sodada destinado à reabsorção de CO_2 e aumento do espaço morto do circuito por diferentes causas^{1,3,4,5}. Tempo expiratório prolongado por broncoespasmo pode ser caracterizado por platô irregular (Figura 5).

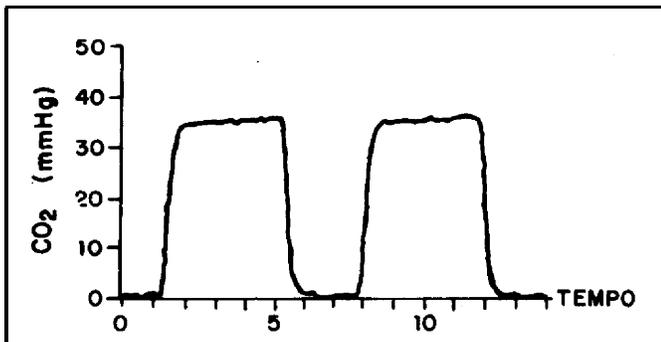


Fig. 1 O capnograma normal é constituído pela linha de base (valor aproximadamente zero), seguido por elevação súbita, que corresponde à expiração, platô expiratório (na escala 35 mmHg) e início do ciclo inspiratório que corresponde ao descenso rápido. Antes da nova expiração, a linha de base permanece ao redor de zero.

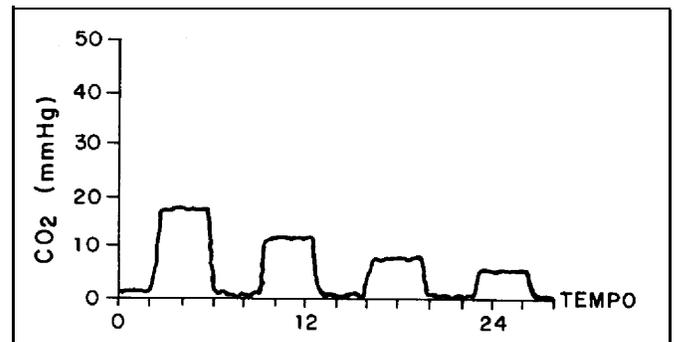


Fig. 2 No tempo de 24 segundos observa-se a queda progressiva da pressão parcial de CO_2 em cada expiração, sugerindo problema sério com a ventilação alveolar. Somente através da inspeção deste capnograma não é possível diagnosticar-se a causa exata deste problema,

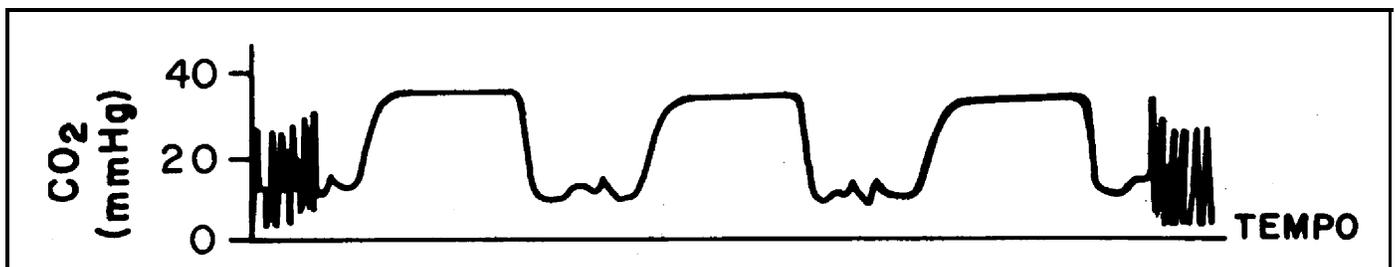


Fig. 3 A manutenção da linha de base do capnograma acima de zero sugere reinalação do CO_2 .

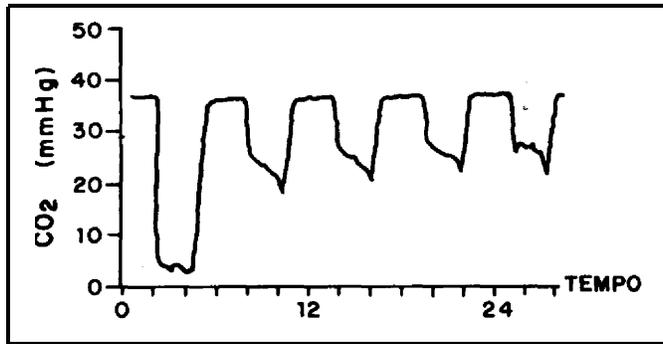


Fig. 4 A elevação progressiva da linha de base, como a observada nesta figura sugere reinalação de CO_2 por provável incompetência da válvula expiratória.

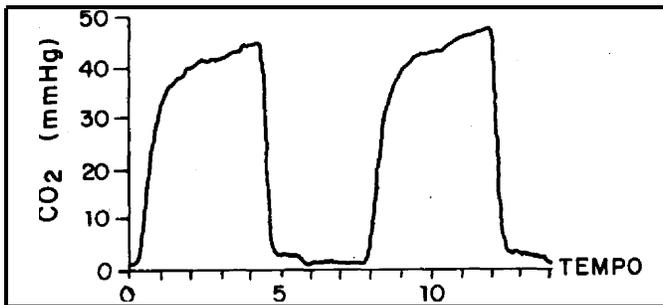


Fig. 5 Atribui-se a irregularidade do platô expiratório observado nesta figura à exalação prolongada causada por obstrução de vias aéreas, como, por exemplo, broncoespasmo.

Em relação aos resultados deste trabalho, observamos que a melhor comparação entre PaCO_2 e PeCO_2 ($R^2 = 0,73$) foi observada nos pacientes com temperatura igual ou acima do normal quando a análise estatística mostrou que ambas podiam ser consideradas iguais. Nos outros dois grupos com R^2 de 0,70 e 0,68 a análise efetuada mostrou que a medida direta e indireta de CO_2 não eram comparáveis. Duas hipóteses podem ser formuladas para explicar estes resultados. Uma delas baseia-se no efeito direto da hipotermia na eliminação do CO_2 , enquanto a outra considera como mais importantes os desajustes na relação V_A/Q que, embora presentes no pós-operatório imediato, seriam acentuados pela hipotermia. Neste sentido, discutiremos inicialmente os possíveis efeitos da hipotermia na eliminação do CO_2 . Com a hipotermia há diminuição do CO_2 alveolar e sanguíneo por redução do metabolismo (cerca de 8% para cada grau de temperatura abaixo do normal) e aumento do espaço morto por dilatação traqueal^{10,11}. Teoricamente a queda na produção do CO_2 concomitante à redução do metabolismo seria acentuada pelo aumento do espaço morto, expressando-se por redução da PeCO_2 . Ao observarmos os pacientes hipotérmicos verificam-se PaCO_2 de 27,46 e PeCO_2

de 25 mmHg, inferior, portanto, aos pacientes normotérmicos. Fica difícil saber se o efeito predominante na redução do PeCO_2 deve ser atribuído ao aumento do espaço morto ou à redução do metabolismo. Comparando-se agora estes valores aos obtidos nos pacientes normotérmicos (PaCO_2 de 30,32 e PeCO_2 de 29,22 mmHg), verifica-se que o fator temperatura foi importante no estabelecimento da diferença entre os grupos. Se apenas a queda da temperatura pode ser responsabilizada pelas diferenças entre os grupos, é difícil de ser afirmado. Provavelmente a queda da temperatura influencia de alguma maneira no capnograma normal, recomendando cautela na utilização deste método na vigência da mesma. A segunda maneira de analisar os resultados pode ser interpretada a partir do desajuste entre a perfusão e a ventilação pulmonares. A alteração da relação V_A/Q pode, como já foi visto, explicar as diferenças observadas entre os grupos. Têm sido descritos alguns efeitos da hipotermia na relação V_A/Q , tais como: redução do reflexo de vasoconstricção à hipóxia¹², diminuição do tono broncomotor¹⁰, vasoconstricção pulmonar¹³, venoconstricção¹⁴, queda da complacência pulmonar¹⁵. Estes fatos podem somar-se às alterações pulmonares determinadas pela circulação extracorpórea, como congestão, atelectasia, edema intersticial¹⁶. Embora as médias da PaCO_2 e PeCO_2 dos 53 pacientes sejam muito próximas ($29,18 \pm 6,03$ e $27,69 \pm 6,20$, respectivamente), a comparação ponto a ponto não foi válida pelo teste estatístico utilizado. Essa diferença foi mais acentuada nos pacientes hipotérmicos. Fica difícil responsabilizar apenas o fator temperatura pelos resultados observados neste estudo. As alterações na relação V_A/Q desencadeadas pela operação possuem também papel muito importante¹⁷.

Pode-se concluir através destes resultados que a capnografia representa importante método de monitorização não invasiva da função ventilatória, pois o gradiente observado foi respectivamente de 1,1 mmHg para os normotérmicos, 2,46 para os hipotérmicos e 1,49 para todos os pacientes. Como a diferença de 5 mmHg é considerada adequada na comparação entre o CO_2 obtido por via direta e indireta, podemos considerar válidos os nossos resultados na comparação proposta³. Entretanto, o desconhecimento dos fatores que determinam o CO_2 expirado pode resultar em uso indevido da capnografia. Quando a PeCO_2 está elevada, provavelmente a PaCO_2 está, e quando a PeCO_2 está diminuída a PaCO_2 pode estar normal, diminuída ou mesmo elevada. Neste sentido, quando a causa da queda da PeCO_2 não

puder ser estabelecida com exatidão, impõe-se a análise imediata do sangue arterial. Com estas considerações, acreditamos que a capnografia veio para ser incorporada definitivamente ao arsenal de monitorização do anestesiológico, mas deve ser interpretada em conjunto com a clínica e a experiência do médico em cada situação.

Auler Júnior J O C, Franchi AA, Coimbra V R M, Carvalho M J - Estudio comparativo entre CO₂ obtido por capnografia e gasometria no pós-operatório de cirurgia cardíaca.

O objetivo deste estudo foi comparar a monitorização do CO₂ utilizando dois métodos: capnografia e análise do CO₂ no sangue arterial. O estudo foi realizado no pós-operatório imediato (15 minutos após a admissão na UTI) em cinquenta e cinco pacientes submetidos a revascularização do miocárdio. Conforme o valor da temperatura axilar obtida, os pacientes foram divididos em três grupos: grupo 1 (n = 22) temperatura inferior a 36°C, grupo 2 (n = 32) temperatura maior ou igual a 36°C e grupo 3 todos os pacientes. Os resultados obtidos (média ± desvio padrão) foram: grupo 1) CO₂ sanguíneo de 27,47 ± 5,79 mmHg, CO₂ expirado de 25 ± 6,89 mmHg; grupo 2) CO₂ sanguíneo de 30,32 ± 6,91 mmHg, CO₂ expirado de 29,22 ± 5,32 mmHg e grupo 3) que representa todos os pacientes CO₂ sanguíneo de 29,18 ± 6,03 mmHg, CO₂ expirado de 27,69 ± 6,20 mmHg. Os resultados da análise estatística (regressão linear simples) mostraram os seguintes coeficientes de determinação: grupo 1) R² de 0,68, grupo 2) R² de 0,73 e grupo 3) R² de 0,70. O teste dos parâmetros (CO₂ arterial versus expirado) mostrou que apenas nos pacientes do grupo 2 os valores poderiam ser considerados iguais. Vários fatores podem explicar as diferenças apontadas entre os grupos. A hipotermia, sendo um destes fatores, está relacionada com diminuição da produção do CO₂ por redução do metabolismo, aumento do espaço morto e acentuação do desequilíbrio na relação V_A/Q. Embora a análise estatística não tenha mostrado comparabilidade entre os dados nos pacientes com hipotermia, os resultados sugerem que a capnografia é excelente método para monitorizar o CO₂ durante ventilação artificial. Entretanto, é importante, na mensuração do CO₂ expirado, a observação constante do capnograma. Dúvidas quanto ao valor real amostrado pela capnografia devem ser comprovadas com estudo gasométrico. A simples interpretação dos resultados, não se considerando aspectos clínicos relevantes, pode levar a

conclusões incorretas.

Unitermos: MONITORAGEM: capnografia, gasometria; CIRURGIA: cardíaca, revascularização

Auler Júnior J O C, Franchi A A, Coimbra V R M, De Carvalho M J - Estudio comparativo entre CO₂ obtenido por capnografia y gasometría en el post-operatorio de cirugía cardíaca.

El objetivo del presente estudio fue comparar la monitorización del CO₂, utilizando dos métodos: capnografía y análisis del CO₂ en la sangre arterial. El estudio fue realizado en el post-operatorio inmediato (15 minutos después de la admisión en la U C I), en cincuenta y cinco pacientes sometidos a revascularización del miocardio. Conforme el valor de la temperatura axilar obtenida en los pacientes, fueron divididos en tres grupos: Grupo 1 (n = 22) temperatura inferior a 36°C, Grupo 2 (n = 32) temperatura igual o mayor a 36°C, y Grupo 3, todos los pacientes (n = 54). Os resultados obtenidos (promedio ± desviación standard) fueron: Grupo 1 CO₂ sanguíneo de 27,47 ± 5,79 mmHg, CO₂ expirado de 25 ± 6,89 mmHg; Grupo 2 CO₂ sanguíneo de 30,32 ± 6,91 mmHg, CO₂ expirado de 29,22 ± 5,32 mmHg; y Grupo 3 que representa todos los pacientes CO₂ sanguíneo de 29,18 ± 6,03 mmHg, CO₂ expirado de 27,69 ± 6,20 mmHg. Los resultados del análisis estadística (regresión linear simple) mostraron los siguientes coeficientes de determinación: Grupo 1 R² de 0,68, Grupo 2 R² de 0,73 y Grupo 3 R² de 0,70. El test de los parámetros (CO₂ arterial versus expirado) mostro que apenas en los pacientes del grupo 2 los valores podrían ser considerados iguales. Varios factores pueden explicar la diferencia encontrada entre los dos grupos. La hipotermia que es uno de éstos factores, está relacionada con la disminución de la producción del CO₂, por reducción del metabolismo, aumento del espacio muerto y acentuación del desequilibrio en la relación V_A/Q. Aunque el análisis estadístico no se mostró comparativo en relación a los datos de pacientes con hipotermia, los resultados sugieren que la capnografía es un excelente método para la monitorización del CO₂ durante la ventilación artificial. Sin embargo es importante la medición del CO₂ expirado, la observación constante del capnograma. Dudas sobre al valor real mostrado por la capnografía deberán esclarecerse con estudio gasométrico. La simple interpretación de los resultados, sin considerar aspectos clínicos relevantes, puede llevar a conclusiones incorrectas.

REFERÊNCIAS

1. Whitesell R, Asiddao C, Gollman D, Jablonski J - Relationship between arterial and peak expired carbon dioxide pressure during anesthesia and factors influencing the difference. *Anesth Analg* 1981; 60:508-512.
2. Healy c J, Fedullo A J, Swinburne A J - Comparison of noninvasive measurement of carbon dioxide tension during withdrawal from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1987; 15:764-769.
3. Shapiro B A, Cane R D - Blood gas monitoring: yesterday, today and tomorrow. *Crit Care Med* 1989; 17:573-581.
4. Stock M C - Non invasive carbon dioxide monitoring. *Critical Care Clinics* 1988; 4:511-527.
5. Swedlow D B - Capnometry and capnography: an anesthesia disaster system. *Seminars in Anesthesia* 1986; 5:194-205.
6. Sosis M - Arterial to end-tidal carbon dioxide gradients. (Letter). *Anesthesiology* 1988; 67:486.
7. Pascucci RC, Schena J A, Thompson J E - Comparison of a sidestream and mainstream capnometer in infants. *Crit Care Med* 1989; 17:560-562.
8. Yamanaka M K~ Sue D Y - Comparison of arterial-end-tidal PCO₂ difference and dead space tidal volume ratio in respiratory failure. *Chest* 1987; 92:832-835.
9. Shena J, Thompson J, Crone R K- Mechanical influences on the capnogram. *Crit Care Med* 1984; 12: 672-674.
10. Severinghaus J W, Stupfel M - Respiratory dead space increase following atropine in man and atropine, vagal or ganglionic blockade and hypothermia in dogs. *J Appl Physiol* 1955; 8:81-84.
11. Damask MC, Weissman C, Askanazi J, Rosenbaum S H, Elwyn D, Hyman A I - Do oxygen consumption and carbon dioxide production affect cardiac output after cardiopulmonary bypass. *Arch Surg* 1987; 122:1026-1031.
12. Benumof J L, Wahrenbrock E A - Dependency of hypoxic pulmonary vasoconstriction on temperature. *J Appl Physiol* 1977; 42: 56-61.
13. Stern S, Braun K - Pulmonary arterial and venous response to cooling: Role of alpha adrenergic receptors. *Am J Physiol* 1970; 219:982-986.
14. De Pasquale N P, Burch G E, Hyman A L - Pulmonary venous responses to immersion hypothermia. *Am Heart J* 1965; 70: 486-491.
15. Deal C W, Warden J C, Monk I - Effect of hypothermia on lung compliance. *Thorax* 1970; 25:105-109.
16. Auler Júnior J O C, Saldiva P H N - Pulmonary structure and extravascular lung water after cardiopulmonary bypass. *Braz J Med Biol Res* 1986; 19:707-714.
17. Bermudez J, Lichtiger M - Increases in arterial to end-tidal CO₂ tension differences after cardiopulmonary bypass. *Anesth Analg* 1987; 66: 690-2.