

EFEITOS DA VENTILAÇÃO CONTROLADA MECÂNICA SOBRE O pH E OS GASES DO SANGUE

Estudo Comparativo de 2 Ventiladores (*)

DRA. ESMERALDA L. MARIANI (**)

A comparação dos valores do pH e dos gases sanguíneos de 30 doentes anestesiados com halotano ventilados com o Respirador de Takaoka, modelo 600 e Ventilador de Takaoka modelo 850 com oxigênio puro e mistura oxigênio-ar mostrou que:

1. Os dois ventiladores automáticos comparados são iguais na ventilação que produzem, quando se observam os seus efeitos sobre o pH e os gases do sangue, desde que sejam usados com oxigênio 100%.
2. A ventilação automática, nos grupos A e B, induziu alcalose respiratória em todos os doentes, se compararmos os valores obtidos durante a anestesia com os valores iniciais. Os valores obtidos nos doentes do grupo C não mostraram diferença entre os valores obtidos durante a anestesia e os valores iniciais.
3. Nos três grupos de doentes estudados foi conseguida a mesma saturação da hemoglobina com oxigênio, com pressões parciais de oxigênio significativamente diferentes.
4. O Ventilador de Takaoka, modelo 850, usado com mistura de oxigênio a 50% fornece uma ventilação eficiente e dentro dos limites de segurança, sem os possíveis riscos de altas concentrações de oxigênio.
5. A vantagem do Ventilador de Takaoka modelo 850 sobre o Respirador de Takaoka modelo 600 reside na possibilidade de fornecer misturas gasosas enriquecidas com oxigênio e não oxigênio puro.

Desde a introdução da ventilação artificial no início do século XX o uso de aparelhos descritos e disponíveis vem au-

(*) Trabalho realizado no Serviço de Anestesia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (Prof. Dr. Gil Soares Bairão).

(**) Assistente Doutora.

mentando, o que demonstra que se a técnica foi aprimorada, o aparelho ideal não foi atingido.

No Brasil os aparelhos de ventilação de origem estrangeira utilizados em anestesia são pouco acessíveis pelo preço elevado e a difusão dos aparelhos nacionais é cada vez maior. Entretanto, os aparelhos nacionais são desconhecidos no exterior apesar da publicação de trabalhos a respeito datar de mais de 10 anos (2).

O Respirador de Takaoka modelo 600 e o Ventilador de Takaoka modelo 850 têm sido objeto de estudo de alguns pesquisadores nacionais (4). Em 1970 Nicolletti (5) chamou a atenção para o fato de, no Brasil, poucos especialistas usarem a mistura ar-oxigênio dizendo "...certamente estudo mais acurado necessita ser realizado para demonstrar a vantagem dessa técnica sobre a que utiliza somente oxigênio".

É pois objetivo deste estudo o efeito sobre o pH e os gases do sangue, da ventilação fornecida pelo Respirador de Takaoka modelo 600 e pelo Ventilador de Takaoka modelo 850, usando-se este último com oxigênio puro e mistura ar-oxigênio.

CASUÍSTICA E METODO

Serviram para este estudo 30 doentes de ambos os sexos e idade variável entre 20 e 60 anos submetidos à anestesia geral para gastrectomias e colecistectomias, em bom estado geral e que não receberam transfusão de sangue no período intra-operatório observado (duas primeiras horas de anestesia).

Esses doentes foram divididos em 3 grupos de 10 de acordo com o método de ventilação empregado:

GRUPO A — Respirador de Takaoka com 100 por cento de oxigênio.

GRUPO B — Ventilador de Takaoka com 100 por cento de oxigênio.

GRUPO C — Ventilador de Takaoka com mistura ar-oxigênio resultando em 50 por cento de oxigênio.

Todos os doentes receberam 100 mg de petidina e 50 mg de prometazina por via muscular 45 a 60 minutos antes do início da anestesia.

Respeitando as variações individuais a indução da anestesia foi feita sempre pela injeção intravenosa de tiopental sódico a 2,5 por cento. O relaxamento necessário à intubação foi obtido com succinilcolina a 1 por cento e a sonda usada foi de borracha com balão insuflável.

A manutenção da anestesia foi feita pela inalação de halotano em concentrações variáveis de 1 a 1,5 por cento associada a doses adicionais de 50 a 125 mg de tiopental sódico.

ço. O relaxante muscular usado foi tri-iodo-etilado de galamina a 2 por cento em doses variáveis de acordo com a necessidade.

A ventilação pulmonar foi controlada mecanicamente. O cálculo do volume corrente foi baseado no Nomograma de Radford (11) utilizando como parâmetro o peso corpóreo e o sexo.

De cada doente foram colhidas 5 amostras de sangue arterial em seringa heparinizada e em condições anaeróbias; a primeira amostra (amostra 1) foi colhida da artéria femoral imediatamente antes da indução. As subseqüentes numeradas de 2 a 5 foram colhidas por punções repetidas da artéria radial, com intervalo de 30 minutos, sendo a amostra 2 colhida meia hora após a instalação da ventilação controlada.

Nessas amostras foram determinados os valores de: potencial hidrogeniônico (pH), pressão parcial de oxigênio (PaO₂), pressão parcial de gás carbônico (PaCO₂) e saturação de hemoglobina com o oxigênio (SaO₂), pelo aparelho: IL pH-blood gaz Analyzer, modelo 313.

Os resultados foram submetidos a análise estatística pelo teste "t" de Student e análise de variância, tendo sido estabelecida a significância ao nível de 5%.

RESULTADOS

A média dos valores encontrados de pH, PaCO₂, SaO₂ e DB nos diversos momentos observados nos três grupos podem ser vistos nas tabelas 1, 2 e 3.

A análise estatística desses resultados pelo teste "t" de Student mostrou:

1. *Variação do pH*

GRUPO A: Houve diferença significativa apenas entre as médias das amostras 1 e 2, e 2 e 4. A comparação entre as médias das amostras sucessivas de 2 a 5 não mostrou diferença significativa.

GRUPO B: O teste "t" mostrou diferença significativa apenas entre as médias das amostras 1 e 2.

GRUPO C: A comparação entre as amostras sucessivas de 1 a 5 pelo teste "t", também não mostrou diferença significativa.

2. *Variação da PaCO₂*

GRUPO A: Houve diferença significativa entre as médias das amostras 1 e 2, 1 e 3, 1 e 4 e 1 e 5. Não ocorreu

TABELA I

VALORES MÉDIOS DE pH, PaCO₂, PaO₂, SaO₂, NOS DOENTES DO GRUPO A, CONFORME A AMOSTRA

Amostra		1	2	3	4	5
Parâmetro						
pH	m *	7,347	7,405	7,392	7,416	7,401
	d **	0,04001	0,04143	0,05308	0,06041	0,07549
PaCO ₂	m	37,38	32,09	32,39	31,12	31,58
	d	3,22035	3,21125	3,96497	5,01128	5,15079
DB	m	— 4,68	— 3,79	— 4,54	— 4,02	— 0,47
	d	1,36284	2,72042	2,63911	1,57184	2,72806
PaO ₂	m	81,78	329,0	328,96	344,89	329,61
	d	11,67948	106,31818	95,22417	88,55776	96,58105
SaO ₂	m	95,2	100,00	100,00	100,00	100,00
	d	9,96494	0,00	0,00	0,00	0,00

* média

** desvio padrão

TABELA II

VALORES MÉDIOS DE pH, PaCO₂, DB, PaO₂, SaO₂, NOS DOENTES DO GRUPO B, CONFORME A AMOSTRA

Amostra		1	2	3	4	5
Parâmetro						
pH	m	7,378	7,415	7,408	7,423	7,409
	d	0,04662	0,05191	0,07052	0,07543	0,08425
PaCO ₂	m	35,53	32,00	31,70	31,15	30,49
	d	4,22901	2,97658	3,73036	3,17184	3,68072
DB	m	— 3,59	— 3,14	— 3,75	— 3,41	— 4,27
	d	3,33382	3,25754	3,98755	3,64462	3,89816
PaO ₂	m	84,20	361,70	350,82	250,85	368,97
	d	6,83032	51,05993	65,26060	87,38486	90,78245
SaO ₂	m	96,17	100,00	100,00	100,00	100,00
	d	0,86030	0,000	0,000	0,000	0,000

TABELA III

VALORES MÉDIOS DE pH, PaCO₂, DB, PaO₂, SaO₂ NOS DOENTES DO GRUPO C, CONFORME A AMOSTRA

Amostra		1	2	3	4	5
Parâmetro						
pH	m	7,372	7,373	7,365	7,371	7,380
	d	0,06015	0,04165	0,05359	0,04954	0,06272
PaCO ₂	m	35,09	34,41	35,66	33,21	33,00
	d	4,83884	4,07879	3,77453	4,82665	6,49581
DB	m	— 4,01	— 4,60	— 4,35	— 5,21	— 4,86
	d	4,88090	2,19596	2,36936	1,83451	3,18441
PaO ₂	m	83,61	159,26	144,66	155,18	159,73
	d	13,59652	37,18803	38,38978	33,22227	39,11348
SaO ₂	m	95,60	99,10	98,45	98,70	99,00
	d	1,48249	0,99443	1,25720	0,91894	0,91287

entretanto, diferença significativa entre as amostras sucessivas de 2 a 5.

GRUPO B: Mostrou resultados semelhantes aos do grupo A. Houve diferença significativa entre as médias das amostras 1 e 2, 1 e 3, 1 e 4, e 1 e 5. A comparação das amostras sucessivas de 2 a 5 não mostrou diferença significativa.

GRUPO C: Não houve diferença significativa entre as médias dos valores das 5 amostras.

3. Variação da PaO₂ e SaO₂

GRUPO A: Houve diferença significativa entre as médias das amostras 1 e 2, 1 e 3, 1 e 5. Não houve diferença entre as amostras sucessivas de 2 a 5. Os valores de SaO₂ nas amostras de 2 a 5 foi 100%.

GRUPO B: Mostrou resultados superponíveis aos do grupo A. Houve diferença significativa entre as médias das amostras 1 e 2, 1 e 3, 1 e 4, e 1 e 5. A comparação das amostras sucessivas de 2 a 5 não mostrou diferença significativa. A SaO₂ nas amostras de 2 a 5 foi de 100%.

GRUPO C: A comparação das médias dos valores de 1 e 2, 1 e 3, 1 e 4, 1 e 5 pelo teste "t" mostrou diferença significativa. Não houve diferença nos valores médios das amostras sucessivas de 2 a 5.

4. *Variação de DB*

Não houve diferença significativa nos valores de DB nas 5 amostras dos 3 grupos em observação.

A análise de variância das médias dos valores dos 3 grupos em estudo e para todas as amostras não mostrou diferença significativa para pH, PaCO₂, SaO₂ e DB.

Quanto a PaO₂, a análise de variância mostrou diferença significativa na comparação dos valores médios das amostras de 2 a 5 do grupo C com as dos grupos A e B. A comparação destes dois últimos grupos entre si não mostrou diferença significativa.

A comparação entre as médias das amostras 1 nos três grupos não mostrou diferença significativa, o que nos permite admitir que a amostragem foi uniforme.

DISCUSSÃO

A observação dos resultados das dosagens de pH e gases do sangue nos 30 doentes mostra uma semelhança entre os grupos A e B principalmente no que se refere à diferença entre as médias das amostras 1 e 2, para todos os parâmetros.

Em ambos os grupos tornou-se evidente uma hipocapnia e aumento de pH da 1.^a para a 2.^a amostra, e os valores restantes simplesmente oscilaram ao redor daquele conseguido na amostra 2.

Os valores de DB mantiveram-se, o que exclue o componente metabólico, podendo-se assim atribuir a elevação do pH à remoção exagerada de CO₂, sem remoção idêntica do bicarbonato, o que é habitual na hiperventilação.

Nos nossos doentes ao examinarmos os resultados médios da PaCO₂ de cada grupo vemos que, enquanto nos grupos A e B houve diferença significativa entre a amostra inicial 1 e as amostras numeradas de 2 a 5, no grupo C os valores de pH e PaCO₂ não mostraram diferença significativa na comparação das 5 amostras. Assim os resultados de pH e PaCO₂ que menos se afastaram do normal foram aqueles dos doentes do grupo C ventilados com ventilador de Takaoka modelo 850, com 50% de oxigênio.

A comparação dos valores médios dos parâmetros dos 3 grupos pela análise de variância mostrou que somente houve diferença significativa entre os grupos C de um lado e A e B do outro, com relação aos valores da pressão parcial de oxigênio no sangue arterial.

Uma vez que os pacientes do grupo C receberam oxigênio a 50% parece lógico que as pressões parciais de oxigênio

fossem mais que nos dois grupos que receberam oxigênio a 100%. No entanto, a saturação da hemoglobina nos 3 grupos não mostrou diferença significativa. Isto implica em dizer que, nos doentes observados, conseguiu-se a mesma saturação de hemoglobina com oxigênio a 100 ou 50%.

Entretanto a pressão parcial de oxigênio nos pacientes dos grupos A e B era a que se devia esperar após fornecimento de 100% de oxigênio na mistura inspirada.

A diferença de pressão de oxigênio no alvéolo e no sangue arterial $P(A-a)O_2$ seria dada, segundo Marshall e Wyche (7) pela soma das diferenças de:

- a) perda por difusão
- b) perda por desequilíbrio da relação ventilação/perfusão
- c) diferença entre o sangue capilar e arterial sendo que o resultado é uma pressão parcial alveolar de cerca de 105 torr quando a mistura inspirada contém 20,9% de oxigênio.

Nossos pacientes dos grupos A e B deveriam alcançar uma pressão alveolar de oxigênio (PaO_2) com valores próximos a 600 torr, porém o maior valor no grupo A foi 489 torr (amostra 1 caso 4) e no grupo B 474 torr (amostra 4 caso 10).

A queda na PaO_2 pode provir segundo Nunn (*), de 4 fatores: o 1.º seria o fornecimento insuficiente de oxigênio ao alvéolo, isto é, hipoventilação. Os outros três englobariam aqueles que causam aumento da diferença entre as pressões parciais alveolar e arterial:

- 1.º aumento do espaço morto fisiológico;
- 2.º admissão de sangue "frustro" (não oxigenado) ao sangue oxigenado que deixa os capilares pulmonares: Nunn et al. (10) estudaram os "shunts" com respiração espontânea e controlada e níveis de oxigênio moderados e altos. Encontraram: a) mistura venosa ligeiramente maior na respiração espontânea com os dois níveis de oxigênio; b) mistura venosa ligeiramente maior com níveis mais altos de oxigênio. Além disso Nunn et al. (10) não excluem a possibilidade de altos níveis de PaO_2 aumentarem a atelectasia;
- 3.º o último fator seria a desigualdade na relação ventilação/perfusão que é comum na ventilação mecânica. No mesmo trabalho os autores concluíram que há necessidade de pelo menos 31% de oxigênio no ar

inspirado para garantir uma PaO₂ normal, na respiração mecânica.

O transporte de oxigênio pode ser influenciado pela anestesia pois ele se altera através da concentração de hemoglobina, da afinidade hemoglobina-oxigênio, do consumo de oxigênio e principalmente do débito cardíaco.

Os doentes analisados neste estudo foram considerados clinicamente normais. Assim, as alterações surgidas no débito cardíaco e através dele, no transporte de oxigênio, podem ser atribuídas às técnicas e agentes anestésicos.

O anestésico usado em nosso estudo foi o halotano que pode deprimir diretamente o miocárdio diminuindo o volume sistólico (1,6,12,13,14) a complacência pulmonar (3) em relação direta com a profundidade da anestesia, sendo essa queda da complacência maior que a pressão positiva intermitente.

Laver e eifen (7) afirmam que a margem de segurança da PaO₂ para o homem durante a anestesia é de 100 torr e, portanto, qualquer mistura inspirada contendo menos de 50% de oxigênio diminui a margem de segurança. Assim a hipoxia pode ocorrer quando se usa ar para ventilação artificial.

Parece importante verificar se há necessidade do uso de oxigênio a 100% uma vez que se consegue o mesmo resultado quanto à saturação da hemoglobina com 50% na mistura inspirada, e que o oxigênio a 100% pode causar manifestações tóxicas.

Não há contraindicação conhecida para o uso de oxigênio puro a curto prazo. Entretanto, a velocidade do aparecimento de alterações pelo oxigênio é função da pressão inspirada e do tempo de exposição. Portanto, é recomendado diminuir a pressão de oxigênio até limites mínimos adequados, dentro de um critério objetivo (15). É importante notar que o aumento da pressão parcial arterial do oxigênio para uma determinada pressão alveolar diminui à medida que cresce a fração do sangue "frustro".

Uma vez que na ventilação mecânica o aparelho ideal não foi atingido, parece-nos lícito admitir que o melhor aparelho é aquele que menos se afasta dos valores iniciais considerados normais.

O comportamento dos gases do sangue e pH dos doentes dos grupos A e B ventilados com aparelhos diferentes e concentrações iguais revelou-se idêntico. Isso nos leva a concluir que ambos os aparelhos usados com a mesma concentração de oxigênio inspirado levam ao mesmo resultado.

Os resultados obtidos no grupo C, de doentes anestesiados e ventilados com ventilador de Takaoka porém com oxi-

gênio a 50% mostraram resultados que se afastaram menos dos valores da amostra inicial.

Na comparação dos 3 grupos a análise de variância mostrou diferença somente quanto aos valores de PaO₂ entre os grupos A e B de um lado e C do outro resultante porém na mesma saturação de hemoglobina para os 3 grupos.

SUMMARY

EFFECTS ON BLOOD GASES OF VENTILATION WITH TWO MODELS OF TAKAOKA'S RESPIRATORS

Two ventilators were studied and pH and blood gases values compared when using 100% oxygen and air-oxygen mixture showing the following results:

1 — Both ventilators provide the same ventilation when 100 per cent oxygen is used.

2 — Respiratory alkalosis was induced by automatic ventilation in all the patients in A and B groups when comparing anaesthetic and pre-anaesthetic values. No difference was found in pH and blood gases values in patients from C group.

3 — All groups showed the same haemoglobin saturation with different oxygen partial pressure.

4 — Takaoka's ventilator, 850 when working with 50 per cent oxygen provides effective ventilation without 100 per cent oxygen risks.

5 — Takaoka's ventilator, 850 has the advantage of giving air-oxygen mixture instead of pure oxygen.

REFERÊNCIAS

1. Deutsch S et al — Circulatory and respiratory actions of halothane in normal man. *Anesthesiology*, 23(5):631-638, 1962.
2. Dobkin A B — The Takaoka respirator for automatic ventilation of the lungs. *Can Anaesth Soc J* 8(6):556-560, 1961.
3. Gold M I & Helrich M — Pulmonary compliance during anesthesia. *Anesthesiology*, 26(3):281-288, 1965.
4. Hepp A & Vieira Z E G — Ventiladores brasileiros. *Rev Bras Anest* 22(2):185-199, 1970.
5. Laver M B & Seifen A — Measurement of blood oxygen tension in anesthesia. *Anesthesiology*, 26(1):73-101, 1965.
6. Lees M H et al — Regional blood flows of the Rhesus monkey during halothane anesthesia. *Anest Analg Curr Res* 50(2):270-281, 1971.
7. Marshall B E & Wyche M O — Hypoxemia during and after anesthesia. *Anesthesiology*, 37(2):178-209, 1972.
8. Nicoletti R L — Uso do Ventilador de Takaoka 840 em anestesia. *Rev Bras Anest* 20(2):175-186, 1970.
9. Nunn J F — Factors influencing the arterial oxygen tension during halothane anaesthesia with spontaneous respiration. *Brit J Anaesth* 36(5):327-339, 1964.
10. Nunn J F et al — Factors influencing the arterial oxygen tension during anaesthesia with artificial ventilation. *Brit J Anaesth* 37(12):898-914, 1965.
11. Radford E P et al — Clinical use of a nomogram to estimate proper ventilation during artificial respiration. *New Engl J Med* 251(22):877-884, 1955.

12. Remen D & Porro A — Blood gases and pH studies in patients before and during upper abdominal surgery. *Anesth Analg Curr Res* 49(1):11-16, 1970.
13. Severinghaus J W & Cullen S C — Depression of myocardium and body oxygen consumption with fluothane. *Anesthesiology* 19(2):165-177, 1958.
14. Wyant G M et al — The cardiovascular effects of halothane. *Can Anaesth Soc J* 5(4):384-402, 1958.
15. Winter P M & Smith G — The toxicity of oxygen. *Anesthesiology* 37(2):210-241, 1972.

