

Impacto do Acoplamento de Máscara Facial sobre a Oxigenação *

Oxygenation: The Impact of Face Mask Coupling

Waldemar Montoya de Gregori¹, Lígia Andrade da Silva Telles Mathias, TSA², Luiz Piccinini Filho³,
Ernesto Leonardo de Carpio Pena¹, Aníbal Heberto Mora Vicuna¹, Joaquim Edson Vieira, TSA⁴

RESUMO

Gregori WM, Mathias LAST, Piccinini Filho L, Pena ELC, Vicuna AHM, Vieira JE - Impacto do Acoplamento de Máscara Facial sobre a Oxigenação

JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS: As diferentes técnicas de oxigenação existentes têm o objetivo de produzir desnitrigenização prévia ao período de apnéia durante a indução. A principal razão em que a concentração inspirada de oxigênio (CIO₂) não atinge 100% é a falta de acoplamento adequado da máscara facial, permitindo a entrada de ar ambiente. Embora os anestesiológicos conheçam este princípio, nem todos o aplicam corretamente, facilitando a entrada de ar no fluxo de gases frescos (FGF) e, conseqüentemente, diluindo a CIO₂. Este estudo procurou avaliar comparativamente, através da variação da CEO₂, (concentração expirada de O₂), a eficácia da técnica de oxigenação com máscara facial, nas condições habitualmente empregadas pelos anestesiológicos, simulando situações de vazamentos progressivos.

MÉTODO: Foram estudadas as CEO₂ de 15 voluntários, estado físico ASA I, submetidos à técnica de oxigenação com oito respirações profundas (capacidade vital) em 60s com fluxo de gás fresco de 10 L.min⁻¹. A máscara facial foi bem acoplada com CIO₂ de 100% (Ac100), ou variando de 50% a 90% (Ac50; Ac60; Ac70; Ac80; Ac90); máscara acoplada pela gravidade e CIO₂100% (Grav) e máscara a 1 cm da face e CIO₂ a 100% (Afast). A CEO₂ foi registrada em intervalos de 10s até 60s. Nos testes estatísticos p < 0,05 foi considerado significativo.

RESULTADOS: A CEO₂ aumentou em todos os grupos (p < 0,001), mas somente o grupo Ac100 atingiu valores próximos do ideal (82,20 - 87). Comparando-se as CEO₂ atingidas no final de 60s, observou-se diferença estatística significativa entre as técnicas Ac100 e Grav (82,20 e 65,87), mostrando que a utilização da máscara acoplada apenas pela gravidade não produziu oxigenação adequada. Não houve diferença significativa entre os

grupos Grav e Ac70 (65,87 e 62,67) em todos momentos estudados, sugerindo que a técnica do acoplamento pela gravidade simula aos 60s, uma CIO₂ de 70%. A CEO₂ média do grupo Afast atingiu valor de 47,20, que mostra que essa técnica pode ser associada a risco inaceitável de hipoxemia.

CONCLUSÕES: Houve aumento progressivo da CEO₂ em todos os grupos estudados, embora com redução da eficácia da técnica de oxigenação devida às várias situações de não acoplamento adequado. Este estudo mostrou, assim, a importância da atenção ao momento da oxigenação, utilizando-se a máscara bem acoplada, eliminando-se as condutas habituais de máscara afastada ou acoplada pela gravidade.

Unitermos: EQUIPAMENTOS: máscara facial; GASES: oxigênio; VENTILAÇÃO: oxigenação

SUMMARY

Gregori WM, Mathias LAST, Piccinini Filho L, Pena ELC, Vicuna AHM, Vieira JE - Oxygenation: The Impact of Face Mask Coupling

BACKGROUND AND OBJECTIVES: Different oxygenation techniques aim at promoting denitrogenation before apnea during induction. The main reason why CIO₂ = 100% cannot be reached is the lack of adequate face mask coupling, allowing the entry of room air. Although anesthesiologists know this principle, not all of them apply it correctly, facilitating the entry of air in fresh gases flow and consequently diluting CIO₂. This prospective study was performed to comparatively evaluate, through the variation of oxygen expired concentration (CEO₂), the efficacy of the oxygenation technique via face mask in the conditions routinely used by anesthesiologists, simulating situations of progressive leaks.

METHODS: Oxygen end-tidal concentrations of 15 volunteers, physical status ASA I, were studied with 8 deep breaths (vital capacity) in 60 s with fresh gas flow of 10 L.min⁻¹. The face mask was: tightly fitted with 100% CIO₂ (Tf100) or varying from 50% to 90%, (Tf50, Tf60, Tf70, Tf80, Tf90); gravity-coupled to face and 100% CIO₂ (Grav) and moved 1 cm away from face with 100% CIO₂ (Aw). CEO₂ was recorded at 10 s intervals. P < 0.05 was considered statistically significant.

RESULTS: CEO₂ has increased for all groups (p < 0.001), but only Tf100 reached values close to ideal (82.20 - 87). Comparing mean CEO₂ of Grav and Tf100 at the end of 60s, (82.20 and 65.87) there was a difference of approximately 20% between both techniques, since gravity-coupled mask only did not provide adequate oxygenation. There were no significant differences between groups Tf70 and Grav (65.87 and 62.67) in all studied moments, suggesting that the latter simulates a 70% CIO₂ at 60 s. Mean Aw group CEO₂ increased to 47.20 at 60s showing that this technique may be associated to unacceptable risk of hypoxemia.

CONCLUSIONS: All situations of face mask coupling gradually increased CEO₂, although with decreased oxygenation efficacy due to situations of face mask malposition. This study has shown the need for attention during oxygenation, using well coupled face mask and eliminating normal practices of moved away or gravity-coupled masks.

Key Words: EQUIPMENTS: face mask; GASES, oxygen; VENTILATION: oxygenation

* Recebido do (Received from) CET/SBA do Serviço de Anestesiologia da Irmandade Santa Casa de Misericórdia de São Paulo (ISCMSP), SP
1. Médico Assistente, Hospital Central, Irmandade da Santa Casa de São Paulo
2. Diretora do Serviço e Disciplina de Anestesiologia, Irmandade Santa Casa de Misericórdia de São Paulo e Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo; Responsável pelo Centro de Ensino e Treinamento, CET-SBA, ISCMSP
3. Médico Assistente, Hospital Central, Irmandade da Santa Casa de São Paulo; Diretor do Serviço de Anestesiologia do Hospital Santa Isabel
4. Coordenador do Centro para Desenvolvimento da Educação Médica - CEDEM da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

Apresentado (Submitted) em 15 de fevereiro de 2005
Aceito (Accepted) para publicação em 09 de junho de 2005

Endereço para correspondência (Correspondence to)
Dra. Lígia Andrade da Silva Telles Mathias
Alameda Campinas, 139/41
01404-000 São Paulo, SP
E-mail: rtimao@uol.com.br

© Sociedade Brasileira de Anestesiologia, 2005

INTRODUÇÃO

As diferentes técnicas de oxigenação existentes têm o objetivo de produzir desnitrogenização prévia ao período de apnéia durante a indução, deslocando-se o nitrogênio alveolar e substituindo-o por oxigênio. Assim, o processo desnitrogeniza a capacidade residual funcional (CRF), permitindo o aumento na reserva de oxigênio, e retarda o início da hipoxemia e dessaturação arterial durante o período de apnéia após a indução anestésica¹⁻³.

O principal motivo que propicia não ser atingida a concentração inspirada de oxigênio (CIO₂) de 100% e concentração alveolar de oxigênio (CAO₂) de 87 é a falha no adequado acoplamento da máscara facial, permitindo, assim, a entrada de ar ambiente. A falta de adequado acoplamento da máscara facial pode não ser compensada pelo aumento do tempo de oxigenação e graus menores de vazamentos podem ser difíceis de serem avaliados^{4,5}.

Embora todos os anesthesiologistas saibam deste princípio, nem todos o aplicam rigorosamente, permitindo a entrada de ar ambiente na mistura de gás fresco, e conseqüentemente, diluindo a CIO₂. Um dos argumentos para o não acoplamento forçado da máscara à face do paciente é o aumento da ansiedade e/ou recusa dos pacientes⁶⁻⁸.

Não foram encontrados na literatura, estudos que determinem no contexto clínico, de que forma os vazamentos produzidos pelo não adequado acoplamento da máscara facial podem alterar a concentração expirada de oxigênio (CEO₂), quando utilizado sistema circular com absorvedor de CO₂.

Este estudo procurou avaliar comparativamente a eficácia da técnica de oxigenação de oito respirações profundas com máscara facial em diferentes formas de acoplamento simulando situações de vazamentos.

MÉTODO

Após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição, foram selecionados 15 voluntários do sexo masculino.

Após aprovação do consentimento informado, os voluntários foram submetidos à avaliação pré-anestésica, sendo incluídos apenas aqueles com idade menor ou igual a 45 anos, estado físico ASA I, sem uso crônico ou agudo de medicamentos ou antecedente mórbido. Estes foram informados de que na véspera do dia do experimento deveriam ter uma noite de sono normal (pelo menos 8 horas de sono) e não ingerir bebida alcoólica ou medicamentos.

Todos os voluntários foram colocados em decúbito dorsal horizontal, em mesa cirúrgica e instruídos para realizar inspirações lentas e profundas num total de oito vezes (8RP = 8 respirações profundas), sendo realizados testes para garantir a adequação ao modelo respiratório proposto. Quando os voluntários se mostravam treinados, eram testados para realizar as respirações com máscara facial de látex transparente (já verificada previamente e garantido o acoplamento perfeito), nas seguintes condições: máscara bem acoplada à face; máscara justaposta à face pela gravidade sem exercer nenhuma pressão; máscara afastada a um cm da face.

Após esse período de treinamento foi dado início ao experimento propriamente dito no qual os voluntários foram solicitados a realizar 8RP nas seguintes situações, que se constituíram nos diferentes grupos de estudo:

- Ac100 = máscara facial bem acoplada com CIO₂ a 100%;
- Ac90 = máscara facial bem acoplada com CIO₂ a 90%;
- Ac80 = máscara facial bem acoplada com CIO₂ a 80%;
- Ac70 = máscara facial bem acoplada com CIO₂ a 70%;
- Ac60 = máscara facial bem acoplada com CIO₂ a 60%;
- Ac50 = máscara facial bem acoplada com CIO₂ a 50%;
- Grav = máscara acoplada pela gravidade sem exercer nenhuma pressão adicional e CIO₂ a 100% O₂;
- Afast = máscara afastada a um cm da face e CIO₂ a 100% O₂.

Para esta última condição (Afast) foram utilizados pequenos pedaços de espuma dura colados à máscara que condicionavam que ela ficasse a um cm (medida com régua) do rebordo nasal e do mento.

Cada período de oxigenação foi de 60 segundos, com intervalos de 10 minutos entre eles, permitindo assim, que cada voluntário se equilibrasse com ar ambiente entre os períodos experimentais. Em todos os voluntários foi utilizado sistema circular com absorvedor de CO₂ e fluxo de gás fresco total de 10 L.min⁻¹. Antes da aplicação da máscara facial, o aparelho de anestesia e o balão reservatório foram preenchidos com oxigênio a 100%.

A concentração expirada de oxigênio (CEO₂) foi registrada em intervalos de 10 segundos (10, 20, 30, 40, 50, 60 s), utilizando analisador de gases da *Datex Instrumentarium Corporation*. O sensor do analisador de gases foi colocado entre a máscara facial e a peça em Y do circuito, diminuindo assim, o espaço morto e permitindo maior aproximação do gás expirado a ser analisado com o gás alveolar.

Os voluntários submetidos à oxigenação com a máscara afastada a um cm da face e concentração inspirada de oxigênio de 100% foram instruídos a inspirar pelo nariz e a expirar pela boca através de uma pequena cânula de Guedel, previamente acoplada ao sensor do analisador de gases. Este mecanismo permitiu medida precisa e sem nenhuma perda de volume expirado, uma vez que a máscara não estava perfeitamente acoplada à face do voluntário. Os dados foram apresentados em tabelas descritivas (média ± desvio-padrão). Foi empregada Análise de Variância (ANOVA) para amostras repetidas e quando a ANOVA mostrou diferença estatística, utilizou-se o teste de Tukey. Foi considerado significativo o teste com $p < 0,05$. Foram construídas linhas de tendência com regressão do tipo polinomial. Os testes utilizados compõem os modelos estatísticos de *Sigma Stat for Windows*, versão 2.03, SPSS Inc.

RESULTADOS

Todos os voluntários foram do sexo masculino, com idade de $28,8 \pm 2,5$ anos, peso de $75,5 \pm 4,5$ kg e altura de $173,8 \pm 9,4$ cm (média ± DP). Os valores da concentração expirada de oxigênio aumentaram com o tempo de exposição e também

com a concentração inspirada de oxigênio (Tabela I) em todos os grupos.

A Análise de Variância para amostras repetidas mostrou diferença estatística ($p < 0,001$) entre os grupos. O teste de Tukey mostrou diferença significativa entre todos os grupos, quando considerados os intervalos: 10s e 30s; 10s e 40s; 10s e 50s; 10s e 60s; 20s e 40s; 20s e 50s; 20s e 60s; 30s e 60s.

Na Análise de Variância para amostras repetidas dos resultados da CEO_2 nos diversos momentos (10s; 20s; 30s; 40s; 50s; 60s) verificou-se diferença estatística ($p < 0,001$) entre os grupos estudados. O teste de Tukey detectou diferença significativa em momentos próximos somente a partir de 40 segundos entre os grupos Ac100, Ac90 e Ac80. A partir de 30 segundos, a diferença iniciou-se nos grupos Ac80, Ac70 e Ac60. Não se observaram diferenças entre os grupos Ac70 e Grav, em nenhum momento estudado. O grupo Afast diferenciou-se dos demais a partir da concentração inspirada de 50% (Ac50).

Foram construídas linhas de tendência das curvas das CEO_2 médias em relação ao tempo (s) com regressão polinomial de todos os grupos estudados. As linhas de tendência, coincidentes com as curvas originais, ambas sempre ascendentes em relação ao tempo, podem ser observadas na figura 1. As curvas obtidas têm equações: Ac100 $CEO_2 = -0,2286x^2 + 5,6095x + 56,8$, Ac90 $CEO_2 = -0,4369x^2 + 6,9688x + 50,513$, Ac80 $CEO_2 = -0,5012x^2 + 6,9369x + 45,833$, Ac70 $CEO_2 = -0,4714x^2 + 6,4581x + 40,68$, Ac60 $CEO_2 = -0,2893x^2 + 4,6117x + 39,047$, Ac50 $CEO_2 = -0,3286x^2 + 4,4352x + 35,627$, Grav $CEO_2 = -0,0226x^2 + 4,9526x + 36,953$ e Afast $CEO_2 = -0,1202x^2 + 4,0398x + 27,34$, em que t é o momento em segundos.

DISCUSSÃO

Diferentes técnicas têm sido sugeridas como as mais adequadas para realizar a oxigenação prévia à indução da anestesia, 3 a 5 minutos de respiração de volume corrente em ClO_2 100%⁹⁻¹²; quatro respirações profundas durante 30 s em ClO_2 100%^{11,13,14} e oito respirações profundas durante 60 s em ClO_2 100%¹⁵.

Quando comparadas as três técnicas, a que utiliza oito respirações profundas durante 60 s mostra-se superior à de 4 respirações, mas semelhante ao período de três minutos.

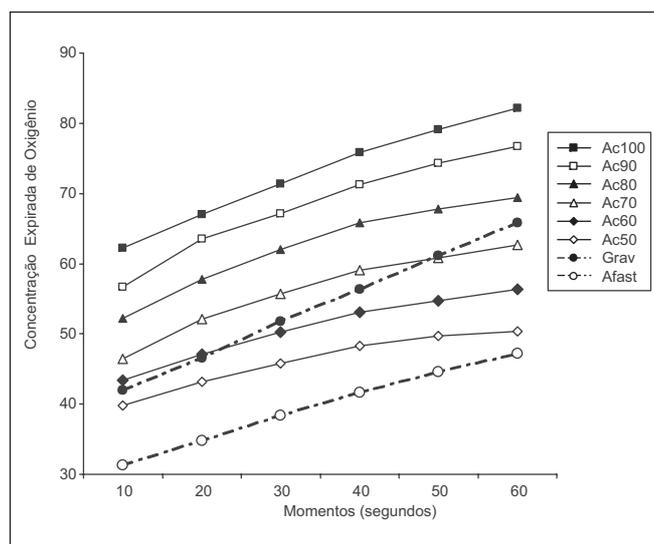


Figura 1 - Curva das Concentrações Expiradas de Oxigênio

Assim, oito respirações profundas sob concentração de 100% de oxigênio poderiam ser utilizadas como alternativa à técnica tradicional de oxigenação antes da indução da anestesia, em situações de dificuldade de intubação e ventilação ou na seqüência rápida¹⁵.

Utilizando tal técnica, a concentração expirada de oxigênio (CEO_2) atinge 82 e 87, respectivamente, quando o fluxo é modificado para 7 ou 10 $L \cdot min^{-1}$. Prolongando-se o tempo de oxigenação para 1,5 a 2 minutos e maior fluxo (10 $L \cdot min^{-1}$) a CEO_2 aumentou para valores acima de 90¹².

No presente estudo pode-se observar que a administração de oxigênio por meio da técnica de oito respirações profundas nas diferentes condições estudadas foi efetiva ao longo do tempo, promovendo aumento significativo na CEO_2 em todos os grupos. No entanto, atribuindo-se CEO_2 entre 87 e 90 como critério de oxigenação ideal, pode-se observar que em nenhuma das técnicas utilizadas foi possível atingir esses valores no final do período determinado. O grupo Ac100 (máscara bem acoplada com ClO_2 a 100%) atingiu o valor médio mais elevado de CEO_2 com valor de 82,20.

Existem três situações nas quais os pacientes podem não atingir adequada oxigenação alveolar, representada por

Tabela I - Concentração Expirada de Oxigênio nos Grupos Estudados (Média \pm DP)

| | Ac100 | Ac90 | Ac80 | Ac70 | Ac60 | Ac50 | Grav | Afast |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 10 s | 62,3 \pm 4,9 | 56,7 \pm 7,9 | 52,3 \pm 7,1 | 46,5 \pm 6,5 | 43,4 \pm 5,7 | 39,8 \pm 5,3 | 41,9 \pm 5,5 | 31,3 \pm 2,7 |
| 20 s | 67,0 \pm 5,7 | 63,5 \pm 5,8 | 57,7 \pm 6,1 | 52,1 \pm 7,2 | 47,1 \pm 4,9 | 43,1 \pm 4,0 | 46,6 \pm 5,0 | 34,8 \pm 2,7 |
| 30 s | 71,4 \pm 5,1 | 67,1 \pm 5,6 | 62,0 \pm 5,5 | 55,7 \pm 5,8 | 50,2 \pm 4,0 | 45,8 \pm 4,2 | 51,8 \pm 3,6 | 38,4 \pm 2,5 |
| 40 s | 75,9 \pm 4,0 | 71,3 \pm 4,1 | 65,8 \pm 3,8 | 59,1 \pm 4,4 | 53,1 \pm 3,7 | 48,1 \pm 3,2 | 56,3 \pm 3,1 | 41,6 \pm 2,3 |
| 50 s | 79,1 \pm 3,6 | 74,3 \pm 2,7 | 67,8 \pm 3,7 | 60,8 \pm 3,8 | 54,7 \pm 3,0 | 49,7 \pm 2,9 | 61,1 \pm 4,1 | 44,6 \pm 3,5 |
| 60 s | 82,2 \pm 2,7 | 76,7 \pm 2,9 | 69,5 \pm 3,1 | 62,7 \pm 3,3 | 56,3 \pm 2,7 | 50,3 \pm 2,6 | 65,9 \pm 4,3 | 47,2 \pm 3,2 |

Ac100: máscara facial bem acoplada com ClO_2 100%, Ac90, Ac80, Ac70, Ac60 e Ac50: máscara facial bem acoplada com respectivas ClO_2 90%, 80%, 70%, 60% e 50%, Grav: máscara acoplada pela gravidade com ClO_2 100% e Afast: máscara afastada a um cm da face com ClO_2 100%

CEO₂ de 90^{4,5}: impossibilidade de respirar altas concentrações de oxigênio¹⁸; tempo inadequado de oxigenação^{4,19} e presença de vazamentos decorrentes do mau acoplamento da máscara facial. Esta última situação permite a entrada de ar ambiente e a mistura deste com o oxigênio a 100% oferecido, com conseqüente diminuição da concentração inspirada (CIO₂). Essas situações podem ocasionar hipoxemia e dessaturação precoce após a indução anestésica²⁰⁻²³.

As três situações descritas poderiam ocorrer em conseqüência do mau acoplamento da máscara facial. O bom acoplamento é, assim, um dos fatores mais importantes e determinantes para se conseguir adequada oxigenação.

A utilização de CIO₂ decrescente nos grupos Ac90, Ac80, Ac70, Ac60 e Ac50 (com a máscara bem acoplada e CIO₂ de 90%, 80%, 70%, 60% e 50%, respectivamente), simulou adequadamente situações de mau acoplamento da máscara com vazamentos crescentes. Assim, o acoplamento inadequado da máscara à face do paciente implica em desnitrogenização progressivamente menor quanto maior o desacoplamento.

Não foram encontrados dados na literatura que permitam correlacionar adequadamente se o valor de CEO₂ 82,20 poderia ou não ser tão eficaz como o valor de 90. A maioria dos estudos avaliou a CEO₂ no final de cada período de oxigenação e os poucos que avaliaram a CEO₂ através do tempo não determinaram a concentração do nitrogênio alveolar^{5,15-17,25}.

Assim, também não foi possível inferir que valores próximos, mas inferiores a 82,20, poderiam ser considerados pelo menos razoáveis, em termos de desnitrogenização. Esses valores podem informar certamente que grau de desnitrogenização é menor do que o ideal e que o tempo de dessaturação da hemoglobina com o paciente em apnéia será menor e, portanto, o risco de hipoxemia maior.

Realizando regressão estatística a partir dos resultados do grupo Ac100 (máscara bem acoplada e CIO₂ 100%), pode-se aferir que uma CEO₂ de 89 poderia ser atingida no final dos primeiros 100 s.

Houve diferença significativa entre os valores finais da CEO₂ média do grupo Grav, com média de 65,87, e do grupo Ac100 (média 82,20) mostrando que a utilização da máscara acoplada apenas pela gravidade nestas condições (fluxo de 10 L.min⁻¹ e tempo de 60s) não produziu oxigenação adequada. Isto sugere que esta técnica só deve ser utilizada quando realmente for impossível acoplar adequadamente a máscara facial, sabendo-se que o resultado é limitado e o tempo de apnéia habitual pode causar hipoxemia.

Interessante notar que em todos os momentos estudados não houve diferença estatística significativa da CEO₂ entre os grupos Ac70 e Grav, o que sugeriu que esta última técnica seria equivalente a uma situação de vazamento na máscara bem acoplada, com a mistura final inalada equivalente à CIO₂ de 70%. Este dado sugere que, na presença de vazamentos equivalentes a uma CIO₂ 70% (máscara acoplada pela gravidade), o tempo de oxigenação possa ser parte determinante da eficácia da técnica.

Também pode ser interessante notar que as linhas de tendência construídas dos grupos Grav e Ac100 permitem infe-

rir que a CEO₂ das duas técnicas seriam similares por volta de 100 segundos. Apesar de não ser o adequado em termos de CEO₂, em determinadas circunstâncias, pacientes que não toleram a máscara como crianças, pacientes com trauma maxilofacial e queimados, seria uma opção a se realizar o uso de máscara acoplada por gravidade, porém com tempo maior (pelo menos 110s) para se atingir adequada oxigenação.

A CEO₂ média do grupo Afast atingiu valores até 47,20, considerado baixo. Analisando-se sua linha de tendência, o valor máximo seria 58 em momento próximo a 120 s. Assim, pode-se concluir que o uso da máscara a um cm da face e CIO₂ 100% é uma técnica em que, mesmo aumentando-se o tempo até 120 s, não há acréscimo da CEO₂ para valores, senão ideais, pelo menos aceitáveis. Essa conduta pode ser associada a risco inaceitável de hipoxemia, principalmente em pacientes com diminuição da capacidade residual funcional ou com suspeita de via aérea difícil, como pacientes obesos, grávidas e crianças.

Faz-se necessário lembrar que o processo de desnitrogenização não depende só da concentração inspirada de oxigênio, seja ela qual for, mas também, do tempo de oxigenação e adequado acoplamento da máscara. Assim, estas comparações são válidas do ponto de vista estatístico, mas na verdade está-se analisando apenas a variável CEO₂. Não se dispõe dos valores das variáveis CEN₂ (concentração expirada de nitrogênio) ou tempo de apnéia nos mesmos grupos e momentos, portanto, não há como garantir que as CEO₂ similares, encontradas em momentos e situações de acoplamento da máscara diferentes, impliquem em graus de desnitrogenização também similares, o que é muito pouco provável, uma vez que este é um processo tempo-dependente. No contexto clínico os resultados encontrados (CEO₂ similares encontradas em momentos e situações de acoplamento da máscara diferentes) devem ser interpretados com cuidado e não recomendados para serem usados na prática diária, até que existam mais estudos que possam concluir ou excluir estas considerações.

É importante lembrar que todas as observações relatadas são válidas dentro das limitações deste estudo, que compreende indivíduos jovens e com estado físico ASA I. No caso de pacientes, com diferentes condições clínicas, certamente os resultados podem ser diferentes, com valores de CEO₂ talvez menores.

Uma das deficiências deste estudo foi o período de observação estipulado em 60 segundos. Também a inclusão de outros métodos de avaliar a desnitrogenização se faz necessária. A literatura carece de pesquisas em que seja feita avaliação seriada da CEN₂ conjunta com a CEO₂, SaO₂ e PaO₂, o que sugere a continuação deste estudo com esse método.

Este estudo mostrou, assim, a importância da atenção ao momento da oxigenação prévia à indução da anestesia utilizando-se, sempre que as condições do paciente permitirem, a máscara bem acoplada, eliminando-se as condutas habituais de utilização da máscara afastada da face ou acoplada pela gravidade.

Oxygenation: The Impact of Face Mask Coupling

Waldemar Montoya de Gregori, M.D.; Lígia Andrade da Silva Telles Mathias, TSA, M.D.; Luiz Piccinini Filho, M.D.; Ernesto Leonardo de Carpio Pena, M.D.; Aníbal Heberto Mora Vicuna, M.D.; Joaquim Edson Vieira, TSA, M.D.

INTRODUCTION

Different anesthetic techniques aim at promoting denitrogenation before apnea during induction, by replacing alveolar nitrogen with oxygen. So, the process denitrogenizes functional residual capacity (FRC) increasing oxygen reserves and delaying hypoxemia and arterial desaturation during apnea after anesthetic induction¹⁻³.

The main reason for not reaching 100% oxygen inspired concentration (C_{IO₂}) and 87 oxygen alveolar concentration (CAO₂) is inadequate face mask adaptation, which allows the entry of room air. Inadequate face mask coupling may not be compensated by increased oxygenation time and minor leaks may be difficult to detect^{4,5}.

Although all anesthesiologists know this principle, not all of them apply it correctly, allowing the entry of room air in the mixture of fresh gases and the consequent dilution of the C_{IO₂}. A justification for not forcing the coupling of the mask to the face is increased anxiety and/or patient's refusal⁶⁻⁸.

We were unable to find in the literature studies determining, within the clinical context, how leaks produced by inadequate face mask coupling may change oxygen expired concentration (CEO₂) when using the circle system.

This study aimed at comparatively evaluating the efficacy of the 8 deep breaths oxygenation technique with face mask with different coupling methods and simulating leak situations.

METHODS

After the Institution's Research Ethics Committee approval, 15 male volunteers were selected.

After obtaining their informed consent, volunteers were submitted to preanesthesia evaluation being included only those aged ≤ 45 years, physical status ASA I, with no chronic or acute use of medications or morbid background. They were informed that the night before the experiment they should have a normal sleep (at least 8 hours) and should not take alcoholic beverages or medications.

All volunteers were placed on operating table in the supine position and were asked to slowly and deeply take 8 breaths (8DB = 8 deep breaths), and tests were performed to assure adequacy to the proposed method. When volunteers were trained, they were tested by breathing via a transparent latex face mask (previously checked and with perfect adaptation assured), in the following conditions: mask tightly-fitted to face; mask juxtaposed to face by gravity without any additional pressure; mask moved 1 cm away from the face.

The experiment was started after this training period and volunteers were asked to perform 8DB in the following situations, which constituted the study groups:

Tf100 = tightly-fitted face mask with 100% C_{IO₂};

Tf90 = tightly-fitted face mask with 90% C_{IO₂};

Tf80 = tightly-fitted face mask with 80% C_{IO₂};

Tf70 = tightly-fitted face mask with 70% C_{IO₂};

Tf60 = tightly-fitted face mask with 60% C_{IO₂};

Tf50 = tightly-fitted face mask with 50% C_{IO₂};

Grav = gravity-fitted mask without any additional pressure and 100% C_{IO₂};

Aw = mask moved 1 cm away from face and 100% C_{IO₂}.

For the latter condition (Aw) small pieces of hard foam were glued to the mask to position it 1 cm away (measure with ruler) from nasal border and chin.

Each oxygenation period took 60 seconds separated by 10-minute intervals during which volunteers breathed room air. Circle system and total fresh gas flow of 10 L.min⁻¹ was used for all volunteers. Before face mask coupling, the anesthesia machine and the reservoir bag were filled with 100% oxygen.

Oxygen expired concentration (CEO₂) was recorded at 10-second intervals (10, 20, 30, 40, 50 and 60 s), using Datex Instrumentarium Corporation's gases analyzer. Gases analyzer sensor was placed between the face mask and the Y piece of the circuit, thus minimizing the dead space and allowing better approximation between expired gas measure alveolar gas.

Volunteers submitted to oxygenation with the mask 1 cm away from face and 100% oxygen expired concentration were instructed to inspire by the nasal route and expire by the mouth through a small Guedel cannula previously coupled to the gases analyzer sensor. This mechanism allowed an accurate measurement without any loss of expired volume, since mask was not perfectly coupled to volunteer's face. Data were presented in descriptive tables (mean ± standard deviation). Analysis of Variance (ANOVA) for repeated samples was used and when ANOVA showed statistically significant differences, Tukey's post hoc test was applied significance level was set to $p < 0.05$. Polynomial regression lines were plotted. Tests were performed on Sigma Stat for Windows, release 2.03, SPSS Inc.

RESULTS

All volunteers were male, aged 28.8 ± 2.5 years, 75.5 ± 4.5 kg weight and 173.8 ± 9.4 cm height (mean ± SD). Oxygen expired concentration values increased with exposure time and also with oxygen inspired fraction (Table I) in all groups. Statistically significant differences at p values lesser than < 0.001 were found between groups. Significant between-group differences occurred among 10s and 30s; 10s and 40s; 10s and 50s; 10s and 60s; 20s and 40s; 20s and 50s; 20s and 60s; 30s and 60s.

Table 1 - Oxygen Expired Concentration in Studied Groups. (Mean ± SD)

| | Tf100 | Tf90 | Tf80 | Tf70 | Tf60 | Tf50 | Grav | Aw |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 10 s | 62.3 ± 4.9 | 56.7 ± 7.9 | 52.3 ± 7.1 | 46.5 ± 6.5 | 43.4 ± 5.7 | 39.8 ± 5.3 | 41.9 ± 5.5 | 31.3 ± 2.7 |
| 20 s | 67.0 ± 5.7 | 63.5 ± 5.8 | 57.7 ± 6.1 | 52.1 ± 7.2 | 47.1 ± 4.9 | 43.1 ± 4.0 | 46.6 ± 5.0 | 34.8 ± 2.7 |
| 30 s | 71.4 ± 5.1 | 67.1 ± 5.6 | 62.0 ± 5.5 | 55.7 ± 5.8 | 50.2 ± 4.0 | 45.8 ± 4.2 | 51.8 ± 3.6 | 38.4 ± 2.5 |
| 40 s | 75.9 ± 4.0 | 71.3 ± 4.1 | 65.8 ± 3.8 | 59.1 ± 4.4 | 53.1 ± 3.7 | 48.1 ± 3.2 | 56.3 ± 3.1 | 41.6 ± 2.3 |
| 50 s | 79.1 ± 3.6 | 74.3 ± 2.7 | 67.8 ± 3.7 | 60.8 ± 3.8 | 54.7 ± 3.0 | 49.7 ± 2.9 | 61.1 ± 4.1 | 44.6 ± 3.5 |
| 60 s | 82.2 ± 2.7 | 76.7 ± 2.9 | 69.5 ± 3.1 | 62.7 ± 3.3 | 56.3 ± 2.7 | 50.3 ± 2.6 | 65.9 ± 4.3 | 47.2 ± 3.2 |

Tf100: tightly fitted face mask with 100% CIO₂; Tf90, Tf80, Tf70, Tf60 and Tf50: tightly fitted face mask with 90%, 80%, 70%, 60% and 50%, CIO₂, respectively; Grav: gravity-adapted mask with 100% CIO₂; and Aw: mask 1 cm away from face and 100% CIO₂

CEO₂ values in the different moments (10s; 20s; 30s; 40s; 50s; 60s) were significantly different (p < 0.001) among study groups. Significant differences between close moments were detected from 40 second measures ahead groups Tf100, Tf90 and Tf80. At 30 second measures, there were significant differences among groups Tf80, Tf70 and Tf60. There were no differences between groups Tf70 and Grav in all studied moments. Group Aw differed from all other groups from the 50% expired concentration (Tf50) ahead.

Mean CEO₂ x time curves were plotted according to polynomial regression. Trend lines may be observed in figure 1. Curves have the following equations: Tf100 CEO₂ = -0.2286xt² + 5.6095xt + 56.8, Tf90 CEO₂ = -0.4369xt² + 6.9688xt + 50.513, Tf80 CEO₂ = -0.5012xt² + 6.9369xt + 45.833, Tf70 CEO₂ = -0.4714 xt² + 6.4581xt + 40.68, Tf60 CEO₂ = -0.2893xt² + 4.6117xt + 39.047, Tf50 CEO₂ = -0.3286xt² + 4.4352xt + 35.627, GRAV CEO₂ = -0.0226xt² + 4.9526xt + 36.953 and AWAY CEO₂ = -0.1202xt² + 4.0398xt + 27.34, where t is time in seconds.

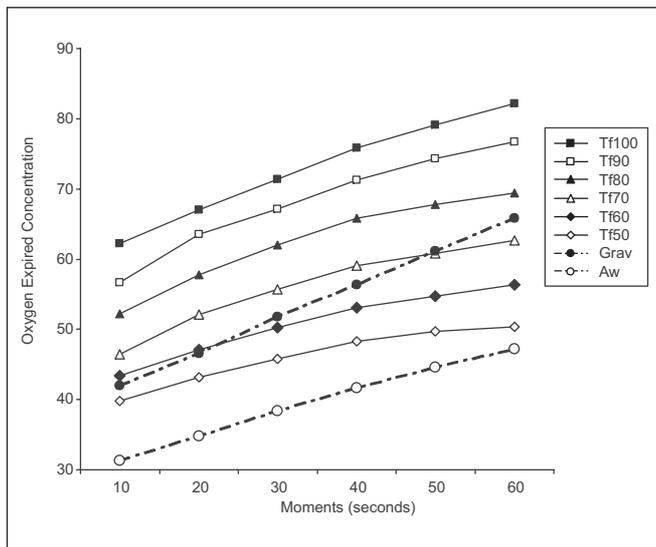


Figure 1 - Oxygen Expired Concentration Curve

DISCUSSION

Different techniques have been suggested as the most adequate for oxygenation before anesthetic induction: 3 to 5 minutes breathing with tidal volume in 100% CIO₂⁹⁻¹²; four deep breaths during 30 seconds in 100% CIO₂^{11,13,14}; and 8 deep breaths during 60 seconds in 100% CIO₂¹⁵.

Eight deep breaths during 60 s is better than 4 breaths, but similar to the 3-minute period. So, 8 deep breaths under 100% oxygen concentration could be used as alternative to traditional oxygenation before anesthetic induction in situations of difficult intubation and ventilation or during rapid sequence induction¹⁵.

With such technique, oxygen expired concentration (CEO₂) reaches 82 and 87, respectively, when flow is changed to 7 or 10 L.min⁻¹. Increased oxygenation time to 1.5 to 2 minutes and increased flow (10 L.min⁻¹) have increased CEO₂ to values above 90¹².

Our study has shown that oxygenation using the 8 deep breaths technique under different conditions was effective in time, promoting significant CEO₂ increase in all groups. However, considering CEO₂ between 87 and 90 as ideal oxygenation criteria, it could be observed that no technique was able to reach such values at the end of the established period. Group Tf100 (tightly-fitted mask with 100% CIO₂) reached the maximal mean CEO₂ value of 82.20.

There are three situations in which patients may not reach adequate alveolar oxygenation represented by CEO₂ = 90^{4,5}: impossibility of breathing high oxygen concentrations¹⁸; inadequate oxygenation time^{4,19} and leaks due to poor face mask fitting. This latter situation allows the admixture of room air with 100% oxygen with consequent decrease in oxygen inspired concentration (CIO₂). These situations may lead to hypoxemia and early desaturation after anesthetic induction²⁰⁻²³.

All three situations could be consequence of poor face mask fitting. So, adequate face mask adaptation is one of the major and determining factors for adequate oxygenation.

Decreasing CIO₂ in groups Tf90, Tf80, Tf70, Tf60 and Tf50 (tightly-fitted mask and 90%, 80%, 70%, 60% and 50% CIO₂, respectively), has adequately simulated situations of mask mispositioning with increasing leaks. So, inadequate mask adaptation implies in progressively poorer denitrogenation as the mask fitting deteriorates.

It was not possible to find data in the literature to adequately correlate whether 82.20 CEO₂ would or not be as effective as 90. Most studies have evaluated CEO₂ at the end of each oxygenation period and the few that evaluated CEO₂ along time have not determined nitrogen alveolar concentration^{5,15-17,25}.

So, it was also not possible to infer that close values although below 82.20 could be considered at least reasonable in terms of denitrogenation. What these values may indicate is that certainly the level of denitrogenation is lower than ideal and that hemoglobin desaturation time during apnea would be shorter, resulting in high risk of hypoxemia.

According to the polynomial regression equation derived from data of the Tf100 group tightly fitted mask and 100% CIO₂, we might infer that a CEO₂ = 89 would be attained after 100 seconds.

There were significant differences between mean final CEO₂ values of the Grav group (mean = 65.87) and the Tf100 group (mean = 82.20) showing that gravity-coupled mask in these conditions (10 L.min⁻¹ flow and 60 seconds) has not promoted adequate oxygenation. This suggests that the technique should only be used when absolutely impossible to adequately couple the face mask, and knowing that the result is unsatisfactory and that hypoxemia may ensue during periods of apnea.

It is noteworthy that at all study moments there were no statistically significant differences in CEO₂ between groups Tf70 and Grav, suggesting that this latter technique would be equivalent to a situation of well adapted mask with CIO₂ = 70%. This suggests that in the presence of leaks equivalent to 70% CIO₂ (gravity-adapted mask) oxygenation time may be important to determine the efficacy of the technique.

It may also be interesting to notice that trend lines plotted for groups Grav and Tf100 allow us to infer that CEO₂ for both techniques would be similar at approximately 100 s. Although inadequate in terms of CEO₂, in some circumstances and for patients not tolerating the mask such as children, maxillofacial trauma and burned patients, an option would be gravity-coupled mask, however with longer time (at least 110 s) to reach adequate oxygenation.

Mean Aw group CEO₂ was 47.20, considered a low value. Analyzing its trend line, maximum value would be 58 after 120 s. So, one may conclude that the mask 1 cm away from face and 100% CIO₂ is a technique in which, even increasing time to 120 s, there is no CEO₂ increase to, if not ideal, at least acceptable values. This approach may be associated to unacceptable risk of hypoxemia, especially for patients with decreased functional residual capacity or with suspected difficult airways, such as obese, pregnant and pediatric patients.

It is necessary to remind that the denitrogenation process is not dependent only on oxygen inspired fraction, whatever it may be, but also on oxygen time and adequate mask fitting. So, these comparisons are statistically valid, but in fact we are only analyzing CEO₂. There are no CEN₂ (nitrogen expired concentration) values or apnea time for the same groups and moments, so there is no way to assure that similar CEO₂ found in different times and mask coupling situations imply also similar levels of denitrogenation, which is very unlikely, since this is a time-dependent process. Our results

(similar CEO₂ found in different times and mask coupling situations) should be cautiously interpreted and are not recommended for daily practice until further studies are performed to include or exclude such considerations.

It is important to remind that all reported observations are valid within the limitations of this study involving young individuals, physical status ASA I. In case of patients with different clinical conditions, certainly results might be different, probably with lower CEO₂ values.

A weakness of this study was the observation time established as 60 seconds. It is also necessary to include other methods to evaluate denitrogenation. There is a paucity of studies in the literature with serial CEN₂ measurements alongside with CEO₂, SaO₂ and PaO₂, which suggests the continuation of this study with this method.

This study has shown the importance of attention to oxygenation before anesthetic induction using, whenever patients' conditions permit, tightly-fitted facial masks and eliminating non-effective routine approaches such as using moved away or gravity-adapted masks.

REFERÊNCIAS - REFERENCES

01. Campbell IT, Beatty PC - Monitoring pre-oxygenation. *Br J Anaesth*, 1994;72:3-4.
02. Anonymous - Preoxygenation: physiology and practice. *Lancet*, 1992;339:31-32.
03. Baraka AS, Taha SK, El-Khatib MF et al - Oxygenation using tidal volume breathing after maximal exhalation. *Anesth Analg*, 2003;97:1533-1535.
04. Berry CB, Myles PS - Preoxygenation in healthy volunteers: a graph of oxygen "washin" using end-tidal oxygraphy. *Br J Anaesth*, 1994;72:116-118.
05. McGowan P, Skinner A - Preoxygenation-the importance of a good face mask seal. *Br J Anaesth*, 1995;75:777-778.
06. Warden JC - Accidental intubation of the oesophagus and preoxygenation. *Anaesth Intensive Care*, 1980;8:377.
07. Kung MC, Hung CT, Lam A - Arterial desaturation during induction in healthy adults: should preoxygenation be a routine? *Anaesth Intensive Care*, 1991;19:192-196.
08. Schlack W, Heck Z, Lorenz C - Mask tolerance and preoxygenation: a problem for anesthesiologists but not for patients. *Anesthesiology*, 2001;94:546.
09. Dillon JB, Darsie ML - Oxygen for acute respiratory depression due to administration of thiopental sodium. *J Am Med Assoc*, 1955;159:1114-1116.
10. Hamilton WK, Eastwood DW - A study of denitrogenation with some inhalation anesthetic systems. *Anesthesiology*, 1955;16:861-867.
11. Gold M, Duarte I, Muravchick S - Arterial oxygenation in conscious patients after 5 minutes and after 30 seconds of oxygen breathing. *Anesth Analg*, 1981;60:313-315.
12. Nimmagadda U, Chiravuri SD, Salem MR et al - Preoxygenation with tidal volume and deep breathing techniques: the impact of duration of breathing and fresh gas flow. *Anesth Analg*, 2001;92:1337-1341.
13. Norris MC, Dewan DM - Preoxygenation for cesarean section: a comparison of two techniques. *Anesthesiology*, 1985;62:827-829.

14. Goldberg ME, Norris MC, Larjani GE et al - Preoxygenation in the morbidly obese: a comparison of two techniques. *Anesth Analg*, 1989;68:520-522.
15. Baraka A, Taha S, Aouad M et al - Preoxygenation: comparison of maximal breathing and tidal volume breathing techniques. *Anesthesiology*, 1999;91:612-616.
16. Valentine SJ, Marjot R, Monk CR - Preoxygenation in the elderly: a comparison of the four-maximal-breath and three-minute techniques. *Anesth Analg*, 1990;71:516-519.
17. Bhatia PK, Bhandari SC, Tulsiani KL et al - End-tidal oxygenation and safe duration of apnoea in young adults and elderly patients. *Anaesthesia*, 1997;52:175-178.
18. Nimmagadda U, Salem MR, Joseph NJ et al - Efficacy of preoxygenation with tidal volume breathing. Comparison of breathing systems. *Anesthesiology*, 2000;93:693-698.
19. Benumof JL - Preoxygenation: best method for both efficacy and efficiency? *Anesthesiology*, 1999;91:603-605.
20. Berthoud M, Read DH, Norman J - Pre-oxygenation: how long? *Anaesthesia*, 1983;38:96-102.
21. Drummond GB, Park GR - Arterial oxygen saturation before intubation of the trachea. An assessment of oxygenation. *Br J Anaesth*, 1984;56:987-993.
22. Russell GN, Smith CL, Snowdon SL et al - Pre-oxygenation and the parturient patient. *Anaesthesia*, 1987;42:346-351.
23. Duda D, Brandt L, Rudloff B et al - Effect of different pre-oxygenation procedures on arterial oxygen status. *Anaesthesist*, 1988;37:408-412.
24. Carmichael FJ, Cruise CJ, Crago RR et al - Preoxygenation: a study of denitrogenation. *Anesth Analg*, 1989;68:406-409.
25. Edmark L, Kostova-Aherdan K, Enlund M et al - Optimal oxygen concentration during induction of general anesthesia. *Anesthesiology*, 2003;98:28-33.

RESUMEN

Gregori WM, Mathias LAST, Piccinini Filho L, Pena ELC, Vicuna AHM, Vieira JE - Impacto del Acoplamiento de la Máscara Facial sobre la Oxigenación

JUSTIFICATIVA Y OBJETIVOS: Las diferentes técnicas de oxigenación existentes tienen por objetivo producir desnitrogenación previa al periodo de apnea durante la inducción. La principal razón en que la concentración inspirada de oxígeno (CI_{O_2}) no alcanza 100% y la falta de acoplamiento adecuado de la máscara facial, permitiendo la entrada de aire ambiente. Aunque los anestesiólogos conozcan este principio, ni todos lo aplican correctamente, facilitando la entrada de aire en el flujo de gases frescos (FGF) y, consecuentemente, diluyendo la CI_{O_2} . Este estudio buscó evaluar comparativamente, a través de la variación de la CEO_2 , (concentración expirada de O_2), la eficacia de la técnica de oxigenación con máscara facial, en las condiciones habitualmente empleadas por los anestesiólogos, simulando situaciones de vaciamientos progresivos.

MÉTODO: Fueron estudiadas las CEO_2 de 15 voluntarios, estado físico ASA I, sometidos a la técnica de oxigenación con ocho respiraciones profundas (capacidad vital) en 60s con flujo de gas fresco de $10 L \cdot min^{-1}$. La máscara facial fue bien acoplada con CI_{O_2} del 100% (Ac100), variando del 50% a 90% (Ac50; Ac60; Ac70; Ac80; Ac90) y máscara acoplada por la gravedad y CI_{O_2} 100% (Grav); máscara a 1 cm de la faz y CI_{O_2} a 100% (Afast). La CEO_2 fue registrada en intervalos de 10s hasta 60s. En los tests estadísticos $p < 0,05$ fue considerado significativo.

RESULTADOS: La CEO_2 aumentó en todos los grupos, sin embargo, solamente el grupo Ac100 alcanzó valores próximos del ideal (82,20 - 87), ($p < 0,001$). Comparándose las CEO_2 alcanzadas al final de 60s, se observó diferencia estadística significativa entre las técnicas Ac100 y Grav (82,20 y 65,87), mostrando que la utilización de la máscara acoplada apenas por la gravedad no produjo oxigenación adecuada. No hubo diferencia significativa entre los grupos Grav y Ac70 (65,87 y 62,67) en todos los momentos estudiados, sugiriendo que la técnica del acoplamiento por la gravedad simula a los 60s, una CI_{O_2} del 70%. La CEO_2 media del grupo Afast alcanzó valor de 47,20, valor que muestra que esa técnica puede ser asociada a un riesgo inaceptable de hipoxemia.

CONCLUSIONES: Hubo un aumento progresivo de la CEO_2 en todos los grupos estudiados, aunque con reducción de la eficacia de la técnica de oxigenación debida a las varias situaciones de acoplamiento no adecuado. Este estudio mostró, así, la importancia de la atención al momento de la oxigenación, utilizándose la máscara bien acoplada, eliminándose las conductas habituales de máscara apartada o acoplada por la gravedad.