

Avaliação do uso excessivo da oferta de oxigênio em pacientes submetidos à ventilação mecânica em uma unidade de terapia intensiva

Paola Cristina Araújo Comamala², Suelen Nascimento Silva Nunes², Regiane Donizeti Sperandio¹, Everson de Cássio Robello¹, Renata Pletsch Assunção¹, Andrea Peterson Zomignani¹, Mayra Priscila Boscolo Alavarez¹, Daniel Gimenez da Rocha¹

¹ Docente de Fisioterapia, Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí, São Paulo, Brasil.

² Fisioterapeuta, Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí, São Paulo, Brasil.

* Autor para correspondência: ftgimenez@gmail.com

Todos os autores deste artigo declaram que não há conflito de interesses.

Artigo original – Fisioterapia

Resumo

O oxigênio suplementar, ou seja, o oxigênio inspiratório em altas concentrações pode causar hiperóxia e, consequentemente, aumentar a formação das reações oxidativas, podendo provocar várias alterações no sistema respiratório e no tecido pulmonar, incluindo atelectasias, edema alveolar intersticial, derrame pleural e modificações na estrutura e função celular. O ajuste da oxigenoterapia tem como objetivo prevenir tanto a hipoxemia quanto a hiperóxia. O uso de oxigênio suplementar é uma intervenção comum em unidade de tratamento intensivo para pacientes que necessitam de ventilação mecânica. O objetivo desta pesquisa é identificar o percentual de hiperóxia e a relação entre pO_2 e FiO_2 em pacientes submetidos à ventilação mecânica em unidade de tratamento intensivo, observando o desfecho clínico e a taxa de mortalidade. Trata-se de um estudo de caráter observacional, analítico, descritivo e prospectivo. A amostra foi composta por 70 indivíduos que estiveram internados na em unidade de tratamento intensivo sob uso de ventilação mecânica. Ao fim do estudo, verificou-se que, mesmo com valores baixos de FiO_2 , a PaO_2 manteve-se elevada, o que sugere que o volume corrente desempenhou um papel essencial na oxigenação. Um aspecto importante deste estudo é o aumento da FiO_2 em pacientes que evoluíram a óbito, o que pode ser atribuído à gravidade da condição clínica. Conclui-se que volumes correntes elevados e a oferta excessiva de oxigênio podem agravar a condição clínica e aumentar o risco de complicações. A monitorização contínua e o ajuste individualizado da terapia ventilatória são essenciais para otimizar a oxigenação e minimizar os danos pulmonares. **Palavras-chaves:** oxigênio; ventilação mecânica; unidade de terapia intensiva.

Evaluation of excessive oxygen supply usage in patients undergoing mechanical ventilation in an intensive care unit

Abstract

Supplemental oxygen, i.e., inspiratory oxygen in high concentrations, can cause hyperoxia and consequently increase the formation of oxidative reactions, which can cause several changes in the respiratory system and lung tissue, including atelectasis, interstitial alveolar edema, pleural effusion, and changes in cellular structure and function. The aim of adjusting oxygen therapy is to prevent both hypoxemia and hyperoxia. The use of supplemental oxygen is a common intervention in the intensive care unit for patients requiring mechanical ventilation. The objective of this research is to identify the percentage of hyperoxia and the relationship between pO_2 and FiO_2 in patients undergoing mechanical ventilation in the intensive care unit, observing the clinical outcome and mortality rate. This is a prospective, descriptive, observational, analytical study. The sample consisted of 70 individuals who were hospitalized in the intensive care unit and were using mechanical ventilation. At the end of the study, it was observed that even with low values of FiO_2 , PaO_2 was high, which suggests that tidal volume played an essential role in oxygenation. An important aspect of this study is the increase in FiO_2 in patients who died, which can be attributed to the severity of the clinical condition. It is concluded that high tidal volumes and excessive oxygen supply can worsen the clinical condition and increase the risk of complications. Continuous monitoring and individualized adjustment of ventilatory therapy are essential to optimize oxygenation and minimize lung damage.

Keywords: oxygen; mechanical ventilation; intensive care unit.

Introdução

A descoberta do oxigênio (O_2) no final do século XVIII e sua ligação com o metabolismo rapidamente levantou especulações sobre seu potencial no tratamento de doenças cardiopulmonares¹. Desde a sua descoberta, o O_2 foi reconhecido como “amigo e inimigo”². Apesar de ser vital para a respiração aeróbica dentro da mitocôndria, a respiração mitocondrial também forma reações oxidativas, cuja produção está relacionada com a alta concentração de O_2 ³. O O_2 suplementar, ou seja, O_2 inspiratório em altas concentrações (fração inspirada de O_2 (FiO_2) > 0,21) pode causar hiperóxia (pressão arterial de oxigênio (pO_2) > 100 milímetros de mercúrio – mmHg) e, conseqüentemente, aumentar a formação das reações oxidativas⁴.

A função do sistema respiratório é vital para a manutenção da vida e pode ser simplificada como uma troca de gases entre as células do corpo e a atmosfera. Os brônquios e a traqueia desempenham um papel crucial ao transferir o ar inspirado para os alvéolos pulmonares e ao exalar o ar alveolar rico em gás carbônico (CO_2). Essas estruturas são compostas por células epiteliais respiratórias, formando uma barreira que separa o espaço gasoso das fases fluidas nos pulmões⁵. Portanto, manter níveis adequados de O_2 arterial é crucial para garantir o equilíbrio fisiológico e o funcionamento adequado dos sistemas de orgânicos⁶.

A hipoxemia é uma condição que se caracteriza pelos níveis baixos de O_2 no sangue arterial, medidos através da pO_2 ou pela diminuição da saturação de hemoglobina (SatO_2). A insuficiência de O_2 nos tecidos é um resultado potencial da hipoxemia, e todo o processo de oxigenação é influenciado por uma série de variações interconectadas. A coleta de O_2 , seu transporte e o débito cardíaco são elementos cruciais na determinação da entrega adequada de O_2 aos tecidos⁷.

Na prática terapêutica, a oxigenoterapia é caracterizada pela administração de O_2 em concentrações superiores às encontradas no ar ambiente (FiO_2 0,21), com o objetivo de melhorar os níveis de oxigenação nos tecidos em situações de hipóxia, sendo aplicada tanto como tratamento quanto como medida preventiva. Essa técnica é empregada em uma variedade de contextos, incluindo anestesia, reanimação cardiorrespiratória e administração de medicamentos por inalação ou nebulização⁸.

A unidade de terapia intensiva (UTI) oferece atendimento especializado e de alta complexidade para pacientes gravemente enfermos, com os quais há necessidade de controle rigoroso dos parâmetros vitais e assistência de uma equipe multidisciplinar⁹.

Em um ambiente de UTI, a maioria dos enfermos requer suporte respiratório, sendo a ventilação mecânica (VM) uma avançada técnica de assistência à vida. Seu propósito é aprimorar as trocas gasosas, reduzir o esforço respiratório, melhorar os níveis de oxigenação e reduzir a hipercapnia e acidose respiratória, além de facilitar a melhoria da relação entre a ventilação e a perfusão (V/Q). Essa forma de tratamento pode ser implementada de maneira não invasiva (VNI), utilizando máscaras faciais, ou de maneira invasiva (VMI), através do uso de tubos endotraqueais ou cânulas de traqueostomia, que estabelecem uma conexão entre o paciente e o ventilador mecânico¹⁰.

Na monitorização da oxigenação, é comum realizar uma análise de sangue arterial, que permite avaliar a pO_2 e a SatO_2 . De acordo com estudos, a faixa recomendada para a

pO₂ está entre 80–100 mmHg, sendo valores abaixo disso associados à hipóxia, e valores acima, à hiperóxia. A avaliação da oxigenação desempenha um papel crucial na assistência clínica, uma vez que permite verificar como o paciente responde à terapia, contribui para o diagnóstico clínico e ajuda na monitorização da gravidade e evolução de uma condição médica¹¹.

O uso excessivo de O₂ é uma prática comum na UTI, podendo ter implicações clínicas adversas. O corpo humano é adaptado para a respiração de ar, que contém 21% de O₂, no entanto, na UTI, a administração de até 100% de O₂ é comum. Frequentemente, é administrada uma quantidade de O₂ que ultrapassa a necessária para atingir uma pO₂ dentro dos níveis normais¹².

O ajuste da oxigenoterapia tem como objetivo prevenir tanto a hipoxemia quanto a hiperóxia. Embora os impactos da hipóxia tecidual sejam bastante compreendidos, uma correção excessiva pode levar à hiperóxia tecidual, o que também pode ser prejudicial. A hiperóxia apresenta características de liberação de O₂ devido à produção de espécies reativas de O₂ (ERO), resultando em estresse oxidativo com efeitos pró-inflamatórios e citotóxicos¹³.

A exposição a altas concentrações de O₂ pode provocar várias alterações no sistema respiratório e no tecido pulmonar, incluindo atelectasias, edema alveolar intersticial, derrame pleural e modificações na estrutura e função celular. Além disso, podem ocorrer danos difusos nos capilares pulmonares, endotélio e epitélio, resultando em inflamação extensiva com infiltrados celulares, edema intersticial e intralveolar¹⁴.

O uso de O₂ suplementar é uma intervenção comum em UTI para pacientes que necessitam de VM. No entanto, seu manejo inadequado pode resultar em hiperóxia, que está associada a uma série de complicações adversas, incluindo estresse oxidativo e danos celulares. Estudos revelam que a prática de administrar altas concentrações de O₂ é frequente, muitas vezes excedendo as necessidades fisiológicas dos pacientes. A avaliação do uso excessivo dessa molécula é essencial para identificar práticas que podem ser ajustadas para prevenir os efeitos nocivos da hiperóxia. Entender a prevalência dessa condição e sua relação com os parâmetros de VM e gasometria arterial é essencial para aprimorar a abordagem respiratória e melhorar os desfechos clínicos dos pacientes.

Em vista disso, o presente estudo tem como objetivo identificar o percentual de hiperóxia e a relação entre pO₂ e FiO₂ em pacientes submetidos a VM na UTI do Hospital de Caridade São Vicente de Paulo, em Jundiaí, São Paulo, observando o desfecho clínico

e a taxa de mortalidade.

Métodos

Trata-se de um estudo de caráter observacional, analítico, descritivo e prospectivo. A amostra foi composta por 70 indivíduos que estiverem internados na UTI, sob uso de VM. Para o cálculo estatístico, foram consideradas a média de ocupação dessa unidade com pacientes mecanicamente ventilados, dados esses disponíveis nas redes do hospital (dados públicos). A média para essa unidade é de 30 pacientes por mês. O período de levantamento dos dados foi de abril a outubro de 2024.

Os critérios de inclusão foram: assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), pelo paciente, se em condição clínica para assinatura, ou por um familiar responsável; ambos os sexos; maiores de 18 anos. Foram excluídas pessoas com distúrbios cognitivos e dificuldade de compreensão que impossibilite a assinatura do TCLE.

Por se tratar de uma pesquisa realizada com pacientes intubados e sob VM, que, na grande maioria das vezes, não tinham condições clínicas para assinatura do TCLE, os pesquisadores abordaram os familiares responsáveis dos indivíduos, convidando-os a conceder a permissão para a coleta dos dados, para, dessa forma, participarem voluntariamente do estudo. Foi garantido aos participantes o sigilo das informações e o direito de retirar o consentimento a qualquer momento da pesquisa, sem qualquer prejuízo. Além disso, foi assegurado que poderiam abandonar o estudo em qualquer momento, sem qualquer prejuízo.

Coleta dos dados

Os pacientes admitidos na UTI que estavam intubados e sob VM foram avaliados pelos pesquisadores, que tiveram acesso apenas à data da intubação, parâmetros ajustados no VM, como volume corrente (VT), frequência respiratória (FR) e FiO₂, além da gasometria arterial de rotina.

Aspectos éticos

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Padre Anchieta, sob o número do CAEE 77501023.0.0000.5386.

Resultados

A tabela 1 resume as características demográficas da amostra, que foi composta por 70 pacientes, com uma idade média de 56,1 anos (DP 17). Em relação ao sexo, 66% (46 pacientes) eram do sexo masculino e 34% (24 pacientes) do feminino. Os parâmetros ventilatórios mostraram um VT ideal de 405 ml (IQ 342–475 mL), enquanto o VT aferido foi de 490 ml (IQ 422–544 mL). A média da FiO₂ foi de 33% (DP 15).

Tabela 1. Análise descritiva dos pacientes incluídos no estudo

Características	N = 70
Idade – média (DP)	56,1 (17)
Sexo – n (%)	
Masculino	46 (66)
Feminino	24 (34)
VT ideal – mL (IQ)	405 (342–475)
VT aferido – mL (IQ)	490 (422–544)
FiO₂ – % média (DP)	33 (15)
pO₂ – mmHg – mediana (IQ)	106 (85–128)
pCO₂ – mmHg – mediana (IQ)	36 (32–42)
Modalidade ventilatória – n (%)	
PCV	50 (73)
VCV	16 (23)
Espontâneo	3 (4)
Sinais vitais (DP)	
PAS – média (DP)	125 (25)
PAD – média (DP)	70 (14)
FC – média (DP)	94 (16)
FR – média (DP)	16 (4)
SpO₂ – média (DP)	98 (2)
Desfecho	
Alta – n (%)	45 (64)
Óbito – n (%)	25 (36)

DP – desvio padrão; IQ – intervalo interquartil; VT – volume corrente; FiO₂ – fração inspirada de oxigênio; pO₂ – pressão arterial de oxigênio; pCO₂ – pressão arterial de gás carbônico; PCV – ventilação por pressão controlada; VCV – ventilação por volume controlado; PAS – pressão arterial sistólica; PAD – pressão arterial diastólica; FC – frequência cardíaca; FR – frequência respiratória; SpO₂ – saturação periférica de oxigênio.

A pO₂ teve uma mediana de 106 mmHg (IQ: 85–128 mmHg), e a pressão parcial de dióxido de carbono (pCO₂) com mediana de 36 mmHg (IQ: 32–42 mmHg). Quanto à

modalidade ventilatória, 73% (50 pacientes) estavam ajustados em ventilação com pressão controlada (PCV), 23% (16 pacientes) em ventilação controlada por volume (VCV) e 4% (3 pacientes) em ventilação por pressão de suporte (PSV). Os sinais vitais, como pressão arterial sistólica, pressão arterial diastólica, frequência cardíaca, FR e saturação periférica de O₂, também estão descritos.

Considerando os desfechos da amostra, 64% (45 pacientes) receberam alta, enquanto 36% (25 pacientes) evoluíram para óbito. Esses resultados fornecem uma visão detalhada das características clínicas e desfechos dos pacientes incluídos no estudo.

Tabela 2. Comparação entre o desfecho clínico e os ajustes ventilatórios

	Alta (45)	Óbito (25)	p
Idade – média (DP)	52 (18)	63 (15)	0,012
VT ideal – mL – mediana (IQ)	420 (357-477)	366 (336-477)	0,181
VT aferido – mL – mediana (IQ)	465 (420-516)	500 (445-550)	0,218
FiO₂ – % média (DP)	31 (12)	36 (19)	0,480
pO₂ – mmHg – mediana (IQ)	103 (85-125)	109 (84-157)	0,590
pCO₂ – mmHg – mediana (IQ)	38 (34-44)	34 (32-40)	0,058

DP – desvio padrão; IQ – intervalo interquartil; VT – volume corrente; FiO₂ – fração inspirada de oxigênio; pO₂ – pressão arterial de oxigênio; pCO₂ – pressão arterial de gás carbônico.

Comparamos, ainda, o desfecho clínico de pacientes (alta e óbito) com os ajustes ventilatórios aplicados durante o tratamento. O grupo alta foi composto por 45 pacientes, enquanto o grupo óbito por 25. A média de idade dos pacientes que receberam alta foi de 52 anos (DP 18), enquanto o grupo óbito teve uma média de 63 anos (DP 15). Considerando a diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos ($p = 0,012$), pode-se sugerir que a idade tenha impactado nos desfechos. O VT ideal apresentou uma mediana de 420 ml (IQ 357-477 mL) no grupo de alta e 366 ml (IQ 336-477 mL) no grupo óbito, sem significância estatística ($p = 0,181$). O VT aferido foi maior no grupo de óbito (500 mL, IQ 445-550 ml) em comparação ao grupo de alta (465 mL, IQ: 420-516 mL), mas também sem diferença significativa ($p = 0,218$).

A FiO₂ média foi de 31% (DP 12) no grupo alta e 36% (DP 19) no grupo óbito, no entanto, sem diferença estatística relevante ($p = 0,480$). Os níveis de pO₂ foram semelhantes entre os grupos, com mediana de 103 mmHg (IQ 85-125 mmHg) no grupo alta e 109 mmHg (IQ 84-157 mmHg) no grupo óbito ($p = 0,590$). Já a pCO₂ mostrou

diferença entre os grupos, sendo 38 mmHg (IQ 34–44 mmHg) no alta e 34 mmHg (IQ 32–40 mmHg) no óbito ($p = 0,058$).

Tabela 3. Comparação entre VT ideal e VT aferido

	Variação de VT acima de 100 mL	Variação de VT abaixo de 100 mL	p
Óbito – n (%)	15 (60)	10 (40)	0,032
Alta – n (%)	15 (33)	30 (67)	0,032

VT – volume corrente.

Na tabela 3, apresentamos uma comparação entre o VT ideal e o VT aferido, considerando uma variação de VT maior ou menor que 100 mL em relação aos desfechos clínicos de alta e óbito. No grupo óbito, 60% dos indivíduos (15 pacientes) apresentaram uma variação de VT acima de 100 mL, enquanto 40% (10 pacientes) tiveram uma variação menor que 100 mL. Quanto ao grupo alta, somente 33% da amostra (15 pacientes) apresentaram uma variação de VT acima de 100 mL, enquanto 67% (30 pacientes) tiveram uma variação menor que 100 mL.

Discussão

Neste estudo observacional, analisamos pacientes adultos em UTI sob VM, focando nos parâmetros ventilatórios e nos resultados da gasometria. Considerando que os autores não tiveram qualquer influência na condução do tratamento desses indivíduos, os resultados obtidos oferecem uma visão real e abrangente das características clínicas e dos desfechos dessa amostra. A administração de oxigenoterapia em pacientes gravemente enfermos é um processo complexo, com muitas barreiras, sendo a maioria das aplicações feitas sem evidências suficientes¹⁵.

No presente estudo, verificamos que, mesmo com valores baixos de FiO_2 , a pO_2 estava elevada, o que sugere que o VT desempenhou um papel essencial na oxigenação. Esse achado está alinhado com pesquisas que indicam que o aumento do VC pode melhorar a pO_2 em pacientes hipoxêmicos, ao favorecer o recrutamento alveolar e uma troca gasosa mais eficaz. No entanto, é importante notar que o uso de VCs altos também pode acarretar complicações graves, como barotrauma e volutrauma, potencialmente

agravando a função pulmonar¹⁶.

Se considerarmos as variações no VT acima de 100 mL, é possível ressaltar o risco dos volumes elevados, já que pesquisas sugerem que VCs superiores a 8 mL/kg aumentam a predisposição ao desenvolvimento de lesão pulmonar aguda (LPA) e síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA). Esses valores elevados de VC podem sobrecarregar a mecânica pulmonar, causando hiperdistensão alveolar e aumento nas necessidades de O₂ como compensação, elevando o risco de piora clínica¹⁷.

A literatura atual sugere o uso do VT de 6 mL/kg de peso predito, com base na altura do paciente, podendo chegar a 8 mL/kg em certos casos. Contudo, é fundamental que a pressão de platô não ultrapasse 30 cmH₂O, para evitar complicações, como a hipercapnia permissiva, e reduzir a mortalidade associada¹⁸. Um aspecto importante deste estudo é o aumento da FiO₂ em pacientes que evoluíram para óbito, o que pode ser atribuído à gravidade da condição clínica. Recente estudo analisou a influência da pO₂ sobre mortalidade em pacientes submetidos à VM que, embora não tenha sido identificada uma relação clara entre os desfechos e os níveis elevados da FiO₂, existem evidências de que a elevada FiO₂ pode refletir uma maior severidade da doença¹⁹.

Como vimos, a FiO₂ é um parâmetro utilizado na VM para aprimorar a oxigenação dos tecidos. Contudo, um ajuste inadequado da FiO₂ pode provocar tanto hipóxia quanto hiperóxia, acarretando efeitos nocivos ao organismo. A importância de monitorar e ajustar cuidadosamente a FiO₂ é crucial para evitar essas complicações e garantir um manejo eficaz da oxigenoterapia em pacientes críticos²⁰.

Pesquisas mostram que as concentrações de O₂ arterial são essenciais para o funcionamento adequado dos órgãos, e a hipoxia pode levar a lesões celulares e falência orgânica. No entanto, a administração excessiva de O₂ pode acarretar riscos, incluindo atelectasia, vasoconstrição, inflamação e toxicidade devido ao desequilíbrio das espécies reativas de O₂²¹. Outros estudos demonstraram que a maioria dos pacientes em suporte ventilatório mecânico nas UTIs recebem uma grande quantidade de O₂, e que as configurações do ventilador não estavam ajustadas de acordo com os níveis de hiperóxia²²⁻²³.

Em um ensaio clínico randomizado com o objetivo de avaliar se uma estratégia de baixa oxigenação poderia reduzir a mortalidade em comparação com uma estratégia de alta oxigenação, observou-se que, entre pacientes adultos de UTI que necessitaram de VM por pelo menos 24 horas, não houve redução na mortalidade ao utilizar a estratégia de

baixa oxigenação em relação à de alta oxigenação. Além disso, foi observado que a tendência de menor mortalidade em pacientes com alvos de oxigenação mais elevados sugere a necessidade de mais pesquisas para determinar os melhores alvos de O_2 ²⁴. Em outro estudo, com pacientes de UTI ventilados mecanicamente, a hiperóxia foi comum. Embora a suplementação de O_2 fosse frequentemente reduzida quando a hiperóxia era observada, vários pacientes permaneceram com pO_2 elevados na gasometria arterial. A hiperóxia foi associada ao aumento da mortalidade na UTI nesses pacientes²⁵.

A primeira publicação que relatou maior mortalidade em pacientes em uma UTI com altos valores de pO_2 foi um estudo realizado em um registro na Holanda, em 2008. Esse estudo analisou os níveis de pO_2 nas primeiras 24 horas após a admissão na UTI e sua relação com a mortalidade, evidenciando que tanto valores muito baixos quanto muito altos de pO_2 estão associados a um aumento no risco de morte. A maior mortalidade em pacientes com pO_2 baixo é esperada devido à gravidade dos casos, enquanto o aumento da mortalidade em pacientes com pO_2 elevado sugere a possibilidade de toxicidade sistêmica do O_2 , ressaltando a importância de um manejo cuidadoso da oxigenoterapia²⁶.

Nossa pesquisa possui algumas limitações. Primeiramente, é uma análise prospectiva realizada em um único centro, o que dificulta a generalização dos resultados. Para confirmar essas descobertas, são necessários estudos prospectivos multicêntricos. Ademais, a condição clínica dos pacientes pode influenciar as escolhas feitas em relação às configurações do ventilador mecânico. Apesar das restrições mencionadas, nossa pesquisa foi realizada em uma UTI no Brasil, em um serviço público, o que representa um retrato real da prática clínica diária nessas unidades. Os resultados ressaltam a importância de um controle cuidadoso na administração de O_2 para esses pacientes, além de sugerir a implementação de ajustes nas práticas clínicas cotidianas.

Conclusão

Volumes correntes elevados e FiO_2 ofertada de forma excessiva podem agravar a condição clínica e aumentar o risco de complicações e estão relacionadas a maior chance de óbito. Este estudo reforça a importância do manejo cuidadoso dos parâmetros ventilatórios, especialmente o VT e a FiO_2 , em pacientes adultos em VM. A monitorização contínua e o ajuste individualizado da terapia ventilatória são essenciais

para otimizar a oxigenação e minimizar os danos pulmonares, com a necessidade de mais estudos multicêntricos para validar esses achados.

Referências

1. Bean JW. Effects of O₂ at increased pressure. *Physiol Rev* [internet]. 1945 [acesso em 25 jan 2025]; 25(1):1-147. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/abs/10.1152/physrev.1945.25.1.1>
2. Leverve XM. To cope with oxygen: a long and still tumultuous story for life. *Crit Care Med* [internet]. 2008 [acesso em 25 jan 2025]; 36(2):637-8. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18216624/>
3. Hafner S, Beloncle F, Koch A, Radermacher P, Asfar P. Hyperoxia in intensive care, emergency, and peri-operative medicine: Dr. Jekyll or Mr. Hyde? A 2015 update. *Ann Intensive Care* [internet]. 2015 [acesso em 25 jan 2025]; 5(1):42. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26585328/>
4. Turrens J. Mitochondrial formation of reactive oxygen species. *J Physiol* [internet]. 2003 [acesso em 25 jan 2025]; 552(2):335-44. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2343396/>
5. Cruz JM, Dias R de S, Santos PSG, Oliveira TBR. Respiração, atividade física e seus benefícios contra a depressão e ansiedade. In: III Jornada de Educação Física do Estado de Goiás, Goiânia, 2018. Goiânia: UEG; 2018. p. 248-52.
6. van der Wal L, Grim CCA, del Prado MR, van Westerloo DJ, Boerma EC, Rijnhart-de Jong HG, et al. Conservative versus liberal oxygenation targets in intensive care unit patients (ICONIC): a randomized clinical trial. *Am J Respir Crit Care Med* [internet]. 2023 [acesso em 25 jan 2025]; 208(7):770-9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37552556/>
7. Fortis EAF, Nora FS. Hipoxemia e hipóxia pré-operatória: conceito, diagnóstico, mecanismos, causas e fluxograma de atendimento. *Ver Bras Anesthesiol* [internet]. 2000 [acesso em 25 jan 2025]; 50(4):317-29. Disponível em: <https://bjan-sba.org/article/5e498c380aec5119028b49d1/pdf/rba-50-4-317.pdf>

8. Cerqueira BC, Silva B, Campos R, Santana L, Lopes W, Silva L, et al. Oxigênio no contexto da COVID-19: o que sabemos sobre a molécula que respiramos e o papel central da química. Quim Nova [internet]. 2022 [acesso em 25 jan 2025]; 45(1):121-31. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/4jFjwp4bKqvJSjn4Zft4yd/?format=html&lang=pt>
9. Bolela F, Jericó M de C. Unidades de terapia intensiva: considerações da literatura acerca das dificuldades e estratégias para sua humanização. Esc Anna Nery [internet]. 2006 [acesso em 25 jan 2025]; 10(2):301-9. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ean/a/bzWqL4GBZhk74wJn637bbjB/?format=html&lang=pt>
10. Ghiggi KC, Audino LF, Almeida GB. Ventilação mecânica. VITTALLE [internet]. 2021 [acesso em 25 jan 2025]; 33(1):173-84. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/vittalle/article/view/11579>
11. Pinto JMA, Saracini KC, de Lima LCA, de Souza LP, de Lima MG, Algeri EDB de O. Gasometria arterial: aplicações e implicações para a enfermagem. Rev Amaz Sci Heal. 2017; 5(2):33-9.
12. Carr AC, Spencer E, Mackle D, Hunt A, Judd H, Mehrtens J, et al. The effect of conservative oxygen therapy on systemic biomarkers of oxidative stress in critically ill patients. Free Radic Biol Med [internet]. 2020 [acesso em 25 jan 2025]; 160:13-8. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32768569/>
13. Singer M, Young PJ, Laffey JG, Asfar P, Taccone FS, Skrifvars MB, et al. Dangers of hyperoxia. Crit Care [internet]. 2021 [acesso em 25 jan 2025]; 25(1):440. Disponível em: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-021-03815-y>
14. Pereira DM, Silva IS, Kato da Silva BA, Aydos RD, Camillo de Carvalho PT, Odashiro AN, et al. Efeitos da alta concentração de oxigênio (hiperóxia) por tempo prolongado no tecido pulmonar de ratos wistar. Rev Biociências [internet]. 2008 [acesso em 25 jan 2025]; 14(2):110-6. Disponível em: <https://periodicos.unitau.br/biociencias/article/view/578>

15. Kaydu A, Orhun G, Çakar N. Relationship between arterial oxygen tension and mortality of patients in intensive care unit on mechanical ventilation support. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* [internet]. 2019 [acesso em 25 jan 2025]; 25(4):331-7. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31297778/>
16. Seiberlich E, Santana JA, Chaves R de A, Seiberlich RC. Ventilação mecânica protetora, por que utilizar? *Rev Bras Anesthesiol* [internet]. 2011 [acesso em 25 jan 2025]; 61(5):663-7. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rba/a/XBpzqJgHMj3S49wS5T5DcDn/?lang=pt>
17. Coimbra R, Silvério C. Novas estratégias de ventilação mecânica na lesão pulmonar aguda e na síndrome da angústia respiratória aguda. *Rev Assoc Med Bras* [internet]. 2001 [acesso em 25 jan 2025]; 47(4):358-64. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-42302001000400040>
18. Associação de Medicina Intensiva Brasileira; Sociedade Brasileira de Infectologia; Instituto Latino-Americano de Sepse. Sepse: ventilação mecânica. In: Associação de Medicina Intensiva Brasileira; Sociedade Brasileira de Infectologia; Instituto Latino-Americano de Sepse. Diretrizes Clínicas na Saúde Suplementar. Rio de Janeiro: AMB; ANS; 2011.
19. Eastwood G, Bellomo R, Bailey M, Taori G, Pilcher D, Young P, et al. Arterial oxygen tension and mortality in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* [internet]. 2011 [acesso em 25 jan 2025]; 38(1):91-8. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22127482/>
20. Rotta BP, Silva JM, Fu C, Goulardins JB, Pires-Neto RC, Tanaka C. Relationship between availability of physiotherapy services and ICU costs. *J Bras Pneumol* [internet]. 2018 [acesso em 25 jan 2025]; 44(3):184-9. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/MkNDBDt6xGHhN7y6dSk4zqj/?lang=en>
21. Asfar P, Singer M, Radermacher P. Understanding the benefits and harms of oxygen therapy. *Intensive Care Med* [internet]. 2015 [acesso em 25 jan 2025]; 41(6):1118-21. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25634474/>

22. de Graaff AE, Dongelmans DA, Binnekade JM, de Jonge E. Clinicians' response to hyperoxia in ventilated patients in a Dutch ICU depends on the level of FiO₂. *Intensive Care Med* [internet]. 2011 [acesso em 25 jan 2025]; 37:46-51. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20878146/>
23. Rachmale S, Li G, Wilson G, Malinchoc M, Gajic O. Practice of excessive F(I/O₂) and effect on pulmonary outcomes in mechanically ventilated patients with acute lung injury. *Respir Care* [internet]. 2012 [acesso em 25 jan 2025]; 57:1887-93. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22613692/>
24. van der Wal LI, Grim CCA, Del Prado MR, van Westerloo DJ, Boerma EC, Rijnhart-de Jong HG, et al. Metas de oxigenação conservadoras versus liberais em pacientes de unidade de terapia intensiva (ICONIC): um ensaio clínico randomizado. *Am J Respir Crit Care Med* [internet]. 2023 [acesso em 25 jan 2025]; 208(7):770-9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37552556/>
25. Schjørring OL, Jensen AKG, Nielsen CG, Ciubotariu A, Perner A, Wetterslev J, et al. Arterial oxygen tensions in mechanically ventilated ICU patients and mortality: a retrospective, multicentre, observational cohort study. *Br J Anaesth* [internet]. 2020 [acesso em 25 jan 2025]; 124(4):420-9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32753102/>
26. de Jonge E, Peelen L, Keijzers PJ, Joore H, de Lange D, van der Voort PH, et al. Association between administered oxygen, arterial partial oxygen pressure and mortality in mechanically ventilated intensive care unit patients. *Crit Care* [internet]. 2008 [acesso em 25 jan 2025]; 12(6):R156. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19077208/>