

CAPÍTULO 68 - A Influência da potência mecânica na lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica: um novo conceito

Reginaldo Raykard Silva Rosario¹, Angela Marcelly De Souza Nahum², Rafaela Costa da Silva³, Keila de Nazaré Madureira Batista⁴.

¹Universidade Federal do Pará (reginaldo.rosario@ics.ufpa.br), ²Universidade Federal do Pará, ³Universidade Federal do Pará, ⁴Universidade Federal do Pará.

Resumo: A ventilação mecânica (VM) é usada para fornecer suporte ventilatório básico a pacientes com insuficiência respiratória hipoxêmica aguda e síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA). As trocas gasosas geralmente melhoram, entretanto, o parênquima pulmonar já danificado é afetado por forças mecânicas (energias) geradas pela VM. Essas forças mecânicas podem piorar a lesão pulmonar subjacente e causar lesão pulmonar induzida pelo ventilador (LPIV). A energia exercida sobre os pulmões pelo ventilador por uma unidade de tempo é chamada Potência Mecânica (PM) e pode influenciar diretamente o desenvolvimento de LPIV. Os objetivos foram verificar estudos e informações sobre como a PM e seus componentes afetam a incidência da LPIV e mortalidade em pacientes com SDRA. As evidências reconhecem que a PM pode refletir uma conjunção de parâmetros que podem predispor à LPIV em pacientes gravemente enfermos, e observou-se que altos valores de PM estão associados com maior taxa de mortalidade hospitalar e é o principal determinante da ativação de marcadores de inflamação e estresse alveolar.

Palavras-chave: Lesão pulmonar induzida por ventilador; Potência mecânica; Síndrome do desconforto respiratório agudo; Ventilação mecânica.

Área Temática: Medicina.

Abstract: Mechanical ventilation (MV) is used to provide basic ventilatory support to patients with acute hypoxemic respiratory failure and acute respiratory distress syndrome (ARDS). Gas exchange generally improves, however, the already damaged lung parenchyma is affected by mechanical forces (energies) generated by MV. These mechanical forces can worsen the underlying lung injury and cause ventilator-induced lung injury (VILI). The energy exerted on the lungs by the ventilator for a unit of time is called Mechanical Power (MP) and can directly influence the development of VILI. The objectives were to verify studies and information on how MP and its components affect the incidence of LIVI in patients with ARDS. Evidence recognizes that MP may reflect a conjunction of parameters that may predispose to LIVI in critically ill patients, and it has been observed that high MP values are associated with a higher in-hospital mortality rate and is the main determinant of the activation of inflammation markers and alveolar stress.

Keywords: Ventilator-Induced Lung Injury; Mechanical power; Respiratory Distress Syndrome; Respiration, Artificial.

Thematic Area: Medicine.

INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica (VM) é uma terapia de suporte vital para o tratamento de

pacientes com insuficiência respiratória aguda. É uma modalidade muito comum nos pronto socorro, centro cirúrgico e, de fato, o advento de seu uso marcou o início das modernas unidades de terapia intensiva (UTI). O interesse pela ventilação mecânica aumentou acentuadamente com o advento da pandemia causada pelo novo coronavírus (Pham *et al.*, 2017).

O ventilador mecânico é um dispositivo que substitui ou auxilia a função dos músculos inspiratórios, fornecendo a energia necessária para garantir fluxo e volume de gás para os pulmões durante a inspiração. Assim, os objetivos gerais da VM são o fornecimento de oxigenação adequada, eliminação de dióxido de carbono (CO₂) e aliviar o trabalho ventilatório dos pacientes (Pham *et al.*, 2017).

Nesse contexto, embora seja fundamental a Ventilação Mecânica como forma de suporte ventilatório e terapêutico no tratamento de disfunções respiratórias e pulmonares como a Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA), tanto as forças mecânicas (pressão, volume e fluxo) geradas pelas interações entre o ventilador e o sistema respiratório podem danificar ainda mais o pulmão. No entanto, não está claro qual a melhor forma de minimizar a Lesão Pulmonar Induzida pelo Ventilador (LPIV) através do ajuste de vários parâmetros, incluindo volume corrente, pressão de platô, pressão motriz e pressão expiratória final positiva (PEEP). Assim, nenhum parâmetro fornece uma indicação clara do início da lesão pulmonar atribuível exclusivamente ao ventilador (Paudel *et al.*, 2021).

Nesse sentido, apesar de terapêutica, a ventilação mecânica, quando mal utilizada, pode promover danos às estruturas pulmonares, como células epiteliais e endoteliais e à matriz extracelular, em um processo denominado lesão pulmonar induzida por ventilador (LPIV). As LPIV resultam da interação entre o que o ventilador fornece ao parênquima pulmonar e como o parênquima pulmonar o aceita. Ao longo das décadas, a compreensão destas duas realidades aumentou progressivamente: por um lado, diferentes componentes da carga do ventilador foram enfatizados de forma diferente; por outro lado, foram estudadas e esclarecidas as condições do parênquima pulmonar que ditam a resposta a uma determinada carga ventilatória. As causas de Lesão Pulmonar geradas pelo ventilador incluem as pressões, volume, fluxo e frequência respiratória (Kumar *et al.*, 2017; Dreyfuss *et al.*, 1988; Protti *et al.*, 2016; Hotchkiss *et al.*, 200; Amini *et al.*, 2016). Recentemente, o grau de LPIV tem sido relacionado à quantidade de energia transferida do ventilador mecânico para o sistema respiratório em um determinado período de tempo, a chamada potência mecânica.

Estratégias de proteção pulmonar em pacientes com síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA) demonstraram benefícios de sobrevivência, com menor Volume corrente, menor pressão motriz (ΔP), menor pressão de platô (Pplat) e maior pressão positiva



expiratória final (PEEP) foram todos sugeridos para diminuir as tensões mecânicas impostas aos tecidos pulmonares inflamados e frágeis e, portanto, atuar como componentes de uma estratégia eficaz de proteção pulmonar.

Uma variável potencialmente importante que não foi estudada diretamente em ensaios randomizados em humanos é a frequência respiratória (FR). Ensaios randomizados com as maiores diferenças entre os braços nos FR visam Volume corrente (VC) alto versus baixo, e as diferenças nos resultados devido ao próprio VC pode ter compensado a importância do FR. Estudos em modelos experimentais sugerem que um aumento da FR piora a lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica (LPIV) (Vaporidi *et al.*, 2008; Hotchkiss *et al.*, 200), mas a contribuição relativa da FR versus os outros fatores não é conhecida. Esta é uma questão importante porque os terapeutas respiratórios muitas vezes enfrentam o dilema de otimizar a estratégia ventilatória quando um componente afeta negativamente outro componente da proteção pulmonar. Por exemplo, a diminuição do ΔP pode exigir FR mais elevados para manter a remoção adequada de CO₂, com consequências desconhecidas nos resultados clínicos.

Foi recentemente proposta por Gattinoni *et al.*, 2016 uma explicação teórica unificadora que poderia abordar todas estas variáveis da ventilação protetora com intuito de analisar a sua relação com a LPIV. Com base em princípios termodinâmicos básicos, esta hipótese atribui a lesão pulmonar à taxa de transferência de energia (potência mecânica) do ventilador para o paciente. Esta dissipação de energia dentro dos pulmões pode levar à produção de calor, inflamação e deformação perturbadora das células e da matriz extracelular (Marini *et al.*, 2023). Matematicamente, a potência mecânica é a integral da área sob pressão das vias aéreas versus os gráficos de V t multiplicados pela FR e é dada pela seguinte equação: Potência (J/min) = $0,098 \times V t \times RR \times [PEEP + 0,5 \times P + (P_{peak} - P_{plat})]$, onde P_{peak} representa o pico de pressão (Gattinoni, 2016).

O conceito de potência mecânica (PM) no contexto da ventilação mecânica pode ser derivado da primeira lei da termodinâmica e do princípio de que a energia não pode ser criada nem destruída. Durante a ventilação mecânica, a energia muda de elétrica para energia potencial, cinética e térmica à medida que a pressão é gerada para mover o volume de ar conhecido como volume corrente para os pulmões. É esta transferência de energia que pode afetar o parênquima pulmonar, provocando alterações estruturais a nível celular e tecidual que podem contribuir para a lesão pulmonar (Paudel *et al.*, 2021). Essa energia transferida do ventilador para os pulmões por respiração individual é chamada de “Energia Mecânica”, e a energia transferida por unidade de tempo é chamada de “Potência Mecânica”. Na fisiologia respiratória, por convenção, a unidade de potência mecânica é Joules por minuto (Gattinoni,

2016).

Portanto, os objetivos deste estudo foi verificar estudos e informações sobre como a Potência Mecânica e seus componentes afetam a incidência da lesão pulmonar induzida pelo ventilador e mortalidade em pacientes com síndrome do desconforto respiratório aguda

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa de literatura, realizada a partir de busca, coleta e análise de artigos científicos. Este tipo de revisão possibilita a identificação de possíveis lacunas no conhecimento científico e melhoria da prática clínica. Para a elaboração do presente estudo foram adotadas adaptações de seis etapas descritas anteriormente na literatura: 1 – definição do questionamento da pesquisa; 2 – amostragem na literatura; 3 – extração de informações; 4 – análise crítica; 5 – síntese qualitativa. O questionamento da pesquisa foi: “Qual a relação da Potência Mecânica com a Lesão Pulmonar Induzida por Ventilador e a mortalidade em pacientes com síndrome do desconforto respiratório?”.

A amostragem na literatura foi realizada utilizando a combinação dos seguintes descritores: “Mechanical Power” AND “Respiration, Artificial” AND “Respiratory Distress Syndrome” AND “Ventilator-induced lung Injury”, sendo conectados por meio do booleano “AND”. A estratégia de busca foi utilizada nas seguintes bases de dados científicos: Publisher Medline (PubMed) e Cochrane Library. Os critérios de exclusão foram: duplicações entre as plataformas, bem como trabalhos que não apresentavam relação direta com o objetivo da revisão.

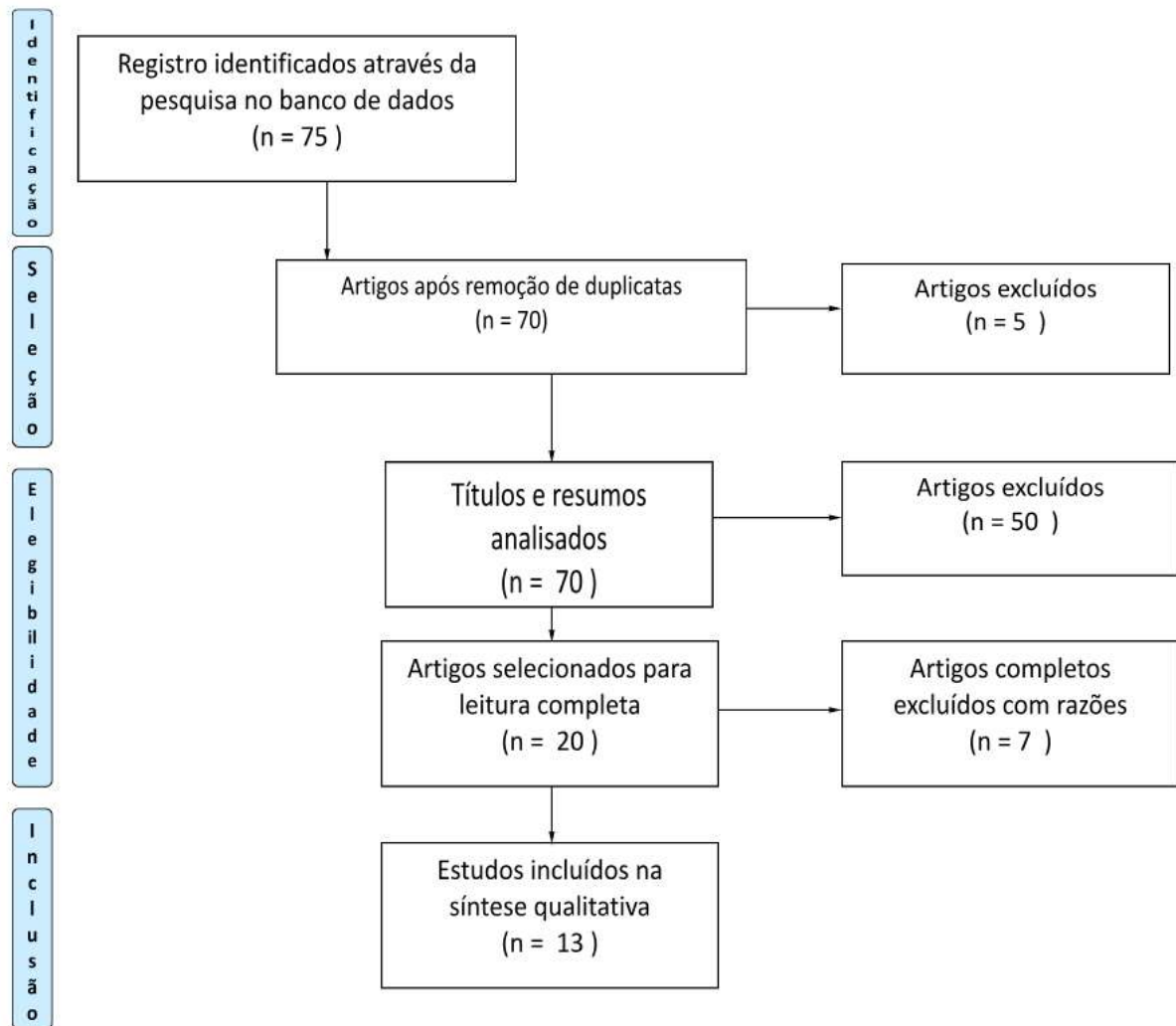
A partir do material científico selecionado, foram extraídas as seguintes informações: título, e bem como principais achados. Depois da estratégia de busca que foi realizada nas bases de dados Pubmed e Cochrane, a busca resultou em um total de 75 referências (Figura 1). Após a remoção de 5 artigos duplicados, 70 artigos foram selecionados quanto à relevância em relação à questão PICO. Após a leitura dos títulos e resumos, 70 foram avaliados e 50 artigos excluídos por não apresentarem em seus estudos a relação da Potência Mecânica com a Lesão pulmonar induzida por ventilador. Portanto, os textos completos de 20 artigos foram revistos, sendo 7 artigos excluídos devido à não possuírem o acesso aberto ou não abordarem sobre o tema anteriormente citado.

O fluxograma foi construído por meio de adaptação do modelo Prisma para revisões sistemáticas. Os quadros foram elaborados por meio do software Microsoft Word para Windows 11.

RESULTADOS e DISCUSSÃO

O processo de busca e seleção do material científico adotados neste capítulo encontra-se representado abaixo na figura 1.

Figura 1: Representação do processo de busca e seleção dos estudos científicos.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Inicialmente, ao realizarmos a busca avançada com a combinação dos seguintes descritores: “Mechanical Power” AND “Respiration, Artificial” AND “Respiratory Distress Syndrome” AND “Ventilator-induced lung Injury”, sendo conectados por meio do booleano “AND”. Nas plataformas de busca, foram encontrados 75 artigos no total. Após análise dos 75 artigos foram descartados 5 artigos duplicados. Ademais, foram lidos os títulos e resumos dos 70 artigos e foram excluídos 50 artigos por não abordar a ventilação mecânica relacionada com a mecânica power e como efeito a lesão pulmonar e a síndrome do desconforto respiratório agudo. Além

disso, foram excluídos 7 artigos por não possuírem acesso livre, os quais impossibilitaram a leitura. A etapa seguinte foi de leitura na íntegra de 13 artigos. Nesta revisão, a pesquisa revelou 13 artigos que atenderam aos critérios de elegibilidade pré especificados e 62 artigos que foram excluídos conforme demonstrado no diagrama de fluxo de seleção de estudos (Figura 1), sendo estes considerados aptos ao processo de síntese qualitativa.

Lesão Pulmonar Induzida Pela Potência Mecânica

O conhecimento sobre Lesão Pulmonar Induzida pelo Ventilador (LPIV) progrediu de forma relativamente rápida nos últimos anos, desde uma visão restrita de volumes e pressões associadas ao ciclo individual até considerações de carga e potência de energia que enfatizam a intensidade do estresse ao sistema respiratório e a aplicação de deformações. Atualmente, acredita-se que o processo de LPIV seja bastante complexo, cujas múltiplas causas envolvem múltiplos fios mecânicos e as fases de inflação e desinflação da ventilação. Fundidos em um único conceito, os investigadores agora têm como objetivo evitar a exposição excessiva à energia, juntamente com a imposição repetida de respirações que estimulam a tensão excessiva dos tecidos. Limitar a pressão motriz, a taxa de fluxo, a PEEP e a frequência respiratória, evitando o colapso generalizado, é visto como essencial, e a Potência Mecânica une essas variáveis (Marini *et al.*, 2019).

A ventilação mecânica é aplicada à fração ventilada do pulmão da SDRA (o “pulmão do bebê”). O limiar anatômico é provavelmente representado pela capacidade pulmonar total que pode ser alcançada através de aumentos de pressão locais, dependendo da heterogeneidade pulmonar. Dentro deste quadro, podemos considerar que: Qualquer que seja a diminuição da potência mecânica (devido à redução de qualquer um dos seus componentes), deverá diminuir a probabilidade de lesão pulmonar induzida pelo ventilador.

O estudo de Gattinoni, 2023 identificou que para aumentar a homogeneidade pulmonar e diminuir a taxa de energia mecânica na SDRA não apenas com alteração dos parâmetros do ventilador, mas também um simples posicionamento do paciente no leito pode ajudar. A melhor manobra disponível para aumentar a homogeneidade pulmonar (sem causar qualquer aumento na potência mecânica) é o posicionamento em decúbito ventral. Isto está claramente indicado em pacientes com SDRA moderada a grave, que apresentam o mais alto grau de heterogeneidade pulmonar.

Conforme o estudo de Gattinoni *et al.*, 2016 que incluiu 30 pacientes com pulmões normais (19 cirúrgicos e 11 controles médicos) sem Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA) e 50 pacientes com SDRA (leve = 26, moderado = 16, grave = 8). Primeiro,

explica a extrema importância de Volume Corrente (VC) e Pressão Motriz (ΔP) na indução de Lesão Pulmonar Induzida pelo Ventilador (LPIV), conforme amplamente reconhecido na comunidade científica. Em segundo lugar, pode ser responsável pelo efeito ambíguo da Pressão Expiratória Final Positiva (PEEP). Na verdade, a potência mecânica aumenta linearmente com a PEEP, podendo contribuir para a incidência da LPIV. Por outro lado, a PEEP pode diminuir as causas de LPIV dependentes da não homogeneidade do pulmão do paciente. Assim, o efeito final (positivo ou negativo) dependerá de qual das duas ações prevalecer e em quais pacientes. Em terceiro lugar, a potência mecânica sublinha o efeito normalmente negligenciado, mas potencialmente relevante na incidência da Lesão Pulmonar que é a da frequência respiratória, uma vez que a potência mecânica aumenta exponencialmente quando a FR aumenta. Portanto, essa variável enfatiza a importância de sua mensuração para uma ventilação protetora pulmonar, a fim de diminuir a LPIV (Gattinoni, 2017).

Colaborando, o estudo de Dianti *et al.*, 2021, relatou que o volume corrente (VC) e a pressão motriz (ΔP) também desempenharam um papel fundamental no desenvolvimento de lesão pulmonar induzida pelo ventilador (LPIV), mas componentes adicionais da respiração mecânica, como a frequência respiratória que é analisada na fórmula da potência mecânica, também podem contribuir para danos nos tecidos. Assim, tanto o VC quanto a DP podem negligenciar o efeito da frequência respiratória no desenvolvimento da LPIV.

Além disso, embora o conceito de Potência Mecânica (PM) na mecânica respiratória não seja novo, sua associação com Lesão Pulmonar Induzida pelo Ventilador (LPIV) foi descrita pela primeira vez por Protti e Andreis em um estudo suíno, sugerindo que a LPIV se desenvolveu apenas quando a PM transpulmonar administrada excedeu 12,1 J/minuto. Este estudo foi seguido por vários outros estudos em animais e humanos sugerindo associação de PM com LPIV e resultados clínicos. Um estudo realizado por Araos indicou que a lesão pulmonar histológica e os escores de fibroproliferação correlacionaram-se com a alta PM. Além disso, mostrou uma correlação significativa entre PM e fator de crescimento transformador sérico- $\beta 1$ (TGF-1) e fator de crescimento do tecido conjuntivo (CTGF) em pacientes com SDRA em ventilação mecânica (Paudel, 2021).

Além disso, um estudo histológico de Xie *et al.*, 2022 demonstrou que quanto maior é a sobrecarga de Potência Mecânica ao sistema respiratório, mais grave é a lesão pulmonar causada pelo ventilador e maior é a expressão das proteínas CXCL10/CXCR3 que participam da migração e residência de células imunes. Assim, CXCL10 / CXCR3 pode participar da lesão biológica energética do LPIV mediando a quimiotaxia dos mastócitos.

Apesar de estudos mostrarem relevância da Potência Mecânica para a geração de

LPIV, raramente é medida durante a ventilação de pacientes com Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo. Em vez disso, os terapeutas respiratórios determinam rotineiramente PEEP e Pressão Motriz (Fan *et al.*, 2017).

MORTALIDADE RELACIONADA A POTÊNCIA MECÂNICA

Nossos principais achados são que dentre as variáveis do ventilador utilizadas no cálculo da potência mecânica, apenas o Pressão Motriz (ΔP) e a Frequência respiratória (FR) foram independentemente associados à sobrevida, e o efeito do ΔP não foi modificado pela FR. Essas duas variáveis juntas (ou seja, ΔP e FR), prontamente disponíveis à beira do leito, foram comparáveis à potência mecânica em termos de predição de mortalidade. a potência mecânica esteve independentemente associada à mortalidade, mas isso se deveu principalmente ao seu componente dinâmico-elástico. E o maior impacto do ΔP na mortalidade (quando comparado com o FR) pode ter implicações práticas: estratégias ventilatórias com FR mais elevados, associadas a um VC mais baixo, podem ser benéficas para pacientes muito doentes.

Além disso, Costa *et al.*, 2021 testou se variáveis de ventilador único (frequência respiratória (FR), Volume Corrente (VC), pressão motriz (ΔP), pressão expiratória final positiva (PEEP) e pressão de platô se estavam significativamente associadas à mortalidade. Observou que o ΔP e a FR foram as únicas variáveis do ventilador significativamente associadas à mortalidade. Conclui-se, que embora a potência mecânica tenha sido associada à mortalidade em pacientes com SDRA, a ΔP e o FR foram igualmente informativos e mais fáceis de avaliar. Modelo mediacional mostraram a contribuição da pressão motriz (ΔP) e da frequência respiratória (FR) para a mortalidade. No entanto, a potência mecânica foi associada à mortalidade durante ventilação mecânica controlada na SDRA (Costa *et al.*, 2021)

Em comparação com uma ventilação convencional guiada por Peso corporal predito (PCP) em pacientes com SDRA moderada a grave, uma estratégia de ventilação guiada pela pressão Motriz (ΔP) visando uma ΔP entre 12 e 14 cmH₂O exigiu alteração do volume corrente em 90% dos pacientes. Essa ventilação guiada pela ΔP reduziu significativamente a potência mecânica. Se esta observação fisiológica pode estar associada a benefícios clínicos, deve ser avaliada em ensaios clínicos (Haudebourg *et al.*, 2022).

O estudo de Bhalla, 2022 relatou que a maior potência mecânica está associada a menos dias sem ventilação mecânica por 28 dias em crianças com síndrome do desconforto respiratório agudo pediátrico. Esta associação foi mais relevante em crianças menores de 2 anos de idade, nas quais existem diferenças notáveis no manejo da ventilação mecânica.

Ademais, a potência mecânica também tem um bom desempenho na previsão dos

resultados dos pacientes. Vários grandes estudos retrospectivos revelaram uma estreita relação entre potência mecânica e mortalidade em pacientes de unidade de terapia intensiva. Num ensaio randomizado envolvendo 1.010 pacientes com SDRA, o uso de PEEP mais elevada foi associado a um maior risco de mortalidade em 28 dias, apesar da pressão motriz semelhante entre os grupos. Outro estudo descobriu que o aumento da PEEP sem redução significativa da pressão motriz foi associado a um aumento significativo na potência mecânica, o que sugeriu que a potência mecânica pode ser a ligação entre a pressão motriz e a mortalidade (Chi, 2020)

No estudo de Anapu, 2019 analisou três índices LPIV: tensão dinâmica, potência mecânica e recrutamento alveolar, e evidenciou uma forte correlação com o risco relativo de morte relatado em todas as faixas de pressões motrizes e PEEP. Outras variáveis, como pressão alveolar, fornecimento de oxigênio e complacência pulmonar, correlacionaram-se fracamente com os dados sobre risco relativo de morte. Os resultados sugerem uma explicação mecanicista confiável para a associação proposta entre pressão motriz e risco relativo de morte. Embora a tensão dinâmica e o recrutamento alveolar sejam difíceis de medir rotineiramente em pacientes, o indicador LPIV, de fácil cálculo, conhecido como potência mecânica, também mostrou uma forte correlação com o risco de mortalidade, destacando sua potencial utilidade no desenvolvimento de estratégias de ventilação mais protetoras para esse grupo de pacientes (Anapu, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Potência Mecânica (PM) é um conceito novo que se mostra promissor como indicador da Lesão Pulmonar Induzida pelo Ventilador. No entanto, na ausência de ensaios clínicos randomizados, são necessárias mais pesquisas para definir como esse parâmetro pode ser usado para identificar estratégias de proteção pulmonar. Mais estudos prospectivos randomizados são necessários antes que os profissionais responsáveis possam incorporar rotineiramente o conceito da PM na administração de ventilação protetora pulmonar.

Existe relação entre a potência mecânica e a mortalidade em pacientes hospitalares, altos valores de PM estão associados com maior taxa de mortalidade hospitalar. Adicionalmente, a potência mecânica é o principal determinante da ativação de marcadores de inflamação e estresse alveolar em Síndrome do Desconforto respiratório agudo.

Portanto, reconhecer que a Potência Mecânica pode refletir uma conjunção de parâmetros que podem predispor à LPIV e a maior taxa de mortalidade é um passo importante para otimizar a ventilação mecânica em pacientes gravemente enfermos. Contudo, mais estudos são necessários para esclarecer como a potência mecânica deve ser levada em consideração na escolha das configurações do ventilador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PHAM, T.; BROCHARD, L. J.; SLUTSKY, A. S. Mechanical Ventilation: State of the Art. **Mayo Clinic Proceedings**, v. 92, n. 9, p. 1382–1400, set. 2017.

DREYFUSS, D. et al. High Inflation Pressure Pulmonary Edema: Respective Effects of High Airway Pressure, High Tidal Volume, and Positive End-expiratory Pressure. **American Review of Respiratory Disease**, v. 137, n. 5, p. 1159–1164, maio 1988.

ALESSANDRO PROTTI et al. Role of Strain Rate in the Pathogenesis of Ventilator-Induced Lung Edema*. **Critical Care Medicine** v. 44, n. 9, p. e838–e845, 1 set. 2016.

HOTCHKISS, JOHN R. et al. Effects of Decreased Respiratory Frequency on Ventilator-induced Lung Injury. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 161, n. 2, p. 463–468, fev. 2000.

CRESSONI, M. et al. Mechanical Power and Development of Ventilator-induced Lung Injury. **Anesthesiology**, v. 124, n. 5, p. 1100–1108, 1 maio 2016.

COSTA, E. L. V. et al. Ventilatory Variables and Mechanical Power in Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 204, n. 3, p. 303–311, 1 ago. 2021.

VAPORIDI, K. et al. Effects of respiratory rate on ventilator-induced lung injury at a constant Paco₂ in a mouse model of normal lung. **Critical Care Medicine**, v. 36, n. 4, p. 1277–1283, abr. 2008.

GATTINONI, L. et al. Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. **Intensive care medicine**, v. 42, n. 10, p. 1567–1575, 2016.

PAUDEL, R. et al. Mechanical Power: A New Concept in Mechanical Ventilation. **The American Journal of the Medical Sciences**, v. 362, n. 6, p. 537–545, 28 set. 2021.

MARINI, J. J. et al. Practical assessment of risk of VILI from ventilating power: a conceptual model. **Critical Care**, v. 27, n. 1, 20 abr. 2023.

DIANTI, J. et al. Comparing the Effects of Tidal Volume, Driving Pressure, and Mechanical Power on Mortality in Trials of Lung-Protective Mechanical Ventilation. **Respiratory Care**, v. 66, n. 2, p. 221–227, 25 ago. 2020.

MARINI, J. J. Evolving concepts for safer ventilation. **Critical Care**, v. 23, n. S1, jun. 2019.

EMMANUEL, N. Mortalidad asociada a valores del poder mecánico en pacientes con SARS-CoV-2 que reciben ventilación mecánica invasiva en la sala de urgencias de la unidad médica de alta especialidad #14, Veracruz, Veracruz. **Cdigital.uv.mx**, 2021.

GATTINONI, L.; TONETTI, T.; QUINTEL, M. Regional physiology of ARDS. **Critical Care**, v. 21, n. S3, dez. 2017.

XIE, Y. et al. High Expression of CXCL10/CXCR3 in Ventilator-Induced Lung Injury Caused by High Mechanical Power. **BioMed Research International**, v. 2022, p. 1–9, 7 jan. 2022.

BHALLA, A. K. et al. Mechanical power in pediatric acute respiratory distress syndrome: a PARDIE study. **Critical Care (London, England)**, v. 26, n. 1, p. 2, 3 jan. 2022.

CHI, Y.; HE, H.-W.; LONG, Y. Progress of mechanical power in the intensive care unit. **Chinese Medical Journal**, v. 133, n. 18, p. 2197–2204, 20 set. 2020.

XIE, Y. et al. Correlation analysis between mechanical power, transforming growth factor- β 1, and connective tissue growth factor levels in acute respiratory distress syndrome patients and their clinical significance in pulmonary structural remodeling. **Medicine**, v. 98, n. 29, p. e16531, 1 jul. 2019.

BURŠA, F. et al. The Impact of Mechanical Energy Assessment on Mechanical Ventilation: A Comprehensive Review and Practical Application. **Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research**, v. 29, p. e941287, 5 set. 2023.

ANNE-FLEUR HAUDEBOURG et al. Driving pressure-guided ventilation decreases the mechanical power compared to predicted body weight-guided ventilation in the Acute Respiratory Distress Syndrome. **Critical Care**, v. 26, n. 1, 20 jun. 2022.

DAS, A. et al. What links ventilator driving pressure with survival in the acute respiratory distress syndrome? A computational study. **Respiratory Research**, v. 20, n. 1, 11 fev. 2019.

GATTINONI, L. et al. Prone position: how understanding and clinical application of a technique progress with time. **Anesthesiology and Perioperative Science**, v. 1, n. 1, 9 mar. 2023.

PROTTI, A. et al. Lung anatomy, energy load, and ventilator-induced lung injury. **Intensive Care Medicine Experimental**, v. 3, n. 1, dez. 2015.

ARAOS, J. et al. Near-Apneic Ventilation Decreases Lung Injury and Fibroproliferation in an Acute Respiratory Distress Syndrome Model with Extracorporeal Membrane Oxygenation. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 199, n. 5, p. 603–612, 1 mar. 2019.

CAPÍTULO 69 - A importância da aplicação recorrente de normas de Segurança do Paciente em simulações realísticas de cenários clínicos para a formação de profissionais da saúde

Gabriela Santos Silva¹, Giulia Carvalho de Freitas², Helena Maria Eugênio Moreira³, Claudirene Milagres Araújo⁴.

¹Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG – Brasil, ²Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG – Brasil, ³Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG – Brasil, ⁴Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG – Brasil.

Resumo: O treinamento de estudantes de Medicina em cenários de simulação realística favorece a formação de profissionais preparados para lidar com adversidades. Nesse sentido, a aplicação das medidas segurança do paciente na educação médica é crucial para garantir a oferta de um cuidado de qualidade, evitando eventos adversos durante o atendimento. Assim, tem-se que a prática dos protocolos nesse contexto contribui para um manejo mais integralizado e eficiente por parte dos trabalhadores da saúde. **Objetivo:** Avaliar a importância do treinamento contínuo das medidas de segurança do paciente em cenários controlados de simulação realística voltados para prática médica hospitalar. **Métodos:** Foi realizada uma revisão da literatura a partir de estudos selecionados publicados em inglês e português nas bases de dados PubMed e Biblioteca Virtual de Saúde, utilizando os operadores booleanos AND e OR e os descritores “Segurança do Paciente”; “Treinamento com Simulação de Alta Fidelidade”; “Educação Médica”; “Check List de Segurança do Paciente”, “Atendimento de Emergência”. **Resultados:** Foi observado que a retomada constante dos aspectos da segurança do paciente possibilitou a compreensão da importância da prática, como também a sua inclusão na futura rotina profissional. Dessa forma, tem-se a consolidação do aprendizado de medidas que garantem que o bem-estar do paciente seja priorizado, culminando no tratamento adequado do paciente, na prevenção de eventos adversos, na normatização de simulações realísticas e na redução de custos. **Conclusão:** A abordagem recorrente de técnicas e condutas de segurança do paciente é uma prática imprescindível aos estudantes, que, incorporaram à formação acadêmica um hábito crucial para a prática médica íntegra e completa. Destarte, a aplicação contínua de normas de segurança do paciente na simulação de cenários clínicos se mostrou benéfica para os discentes, que aprendem uma conduta segura, integralizada e eficiente, e para sua futura prática médica, que recebe em sua formação conteúdos de ampla relevância.

Palavras-chave: Educação Médica; Segurança do Paciente; Treinamento com Simulação de Alta Fidelidade.

Área temática: Educação em Saúde.

Abstract: Training medical students in realistic simulation scenarios favors the training of professionals prepared to deal with adversity. In this sense, the application of patient safety measures in medical education is crucial to guarantee the provision of quality care, avoiding adverse events during care. Therefore, the practice of protocols in this context contributes to more integrated and efficient management by health workers. **Objective:** To evaluate the importance of continuous training on patient safety measures in controlled realistic simulation scenarios aimed at hospital medical practice. **Methods:** A literature review was carried out based on selected studies published in English and Portuguese in the PubMed and Virtual Health Library databases, using the Boolean operators AND and OR and the descriptors “Patient Safety”; “Training with High Fidelity Simulation”; “Medical Education”; “Patient Safety”.

Check List”, “Emergency Care”. **Results:** It was observed that the constant review of patient safety aspects made it possible to understand the importance of the practice, as well as its inclusion in the future professional routine. In this way, there is a consolidation of the learning of measures that ensure that the patient's well-being is prioritized, culminating in adequate patient treatment, the prevention of adverse events, the standardization of realistic simulations and the reduction of costs. **Conclusion:** The recurring approach to patient safety techniques and conduct is an essential practice for students, who have incorporated into their academic training a crucial habit for integral and complete medical practice. Therefore, the continuous application of patient safety standards in the simulation of clinical scenarios proved to be beneficial for students, who learn safe, comprehensive and efficient conduct, and for their future medical practice, which receives highly relevant content in their training.

Keywords: Medical Education; Patient safety; Training with High Fidelity Simulation.

Thematic area: Health Education.

INTRODUÇÃO

A atenção à saúde é essencial para a manutenção da vida e da longevidade. Entretanto, desde o período hipocrático, na segunda metade do século V A.C. já era abordado que o cuidado pode causar dano. Nesta perspectiva, de acordo com o Código de Ética da Medicina, erro médico ou evento adverso é um ato ilícito cometido pelo médico, no exercício de sua função, em uma das modalidades de culpa previstas no Código Civil, sendo elas, imprudência, negligência e imperícia. Destarte, esses eventos são evitáveis e podem causar danos significativos aos pacientes, como prolongar o tempo de internação, aumentar os custos do tratamento e até levá-los ao óbito. Ressalta-se que a maioria dos eventos adversos na área da saúde advém de falhas na comunicação interpessoal, na coordenação de equipes de assistência e no manejo de fatores humanos, como fadiga, desatenção, estresse e cultura (Pacheco et al, 2023).

Medidas de segurança do paciente são práticas, protocolos e políticas implementadas para assegurar que os pacientes recebam cuidado de forma adequada. Em 2006 a Organização Mundial de Saúde definiu seis metas internacionais que são: Meta 1 - Identificar corretamente o paciente, Meta 2 - Melhorar a comunicação entre profissionais da saúde, Meta 3 - Melhorar a segurança na prescrição, no uso e na administração de medicamentos, Meta 4 - Assegurar cirurgia em local de intervenção, procedimento e paciente corretos, Meta 5 - Higienizar as mãos para evitar infecções e Meta 6 - Reduzir o risco de quedas e úlceras por pressão. Deste modo, ela deve ser sempre abordada e realizada como uma prática transversal e multiprofissional que deve ser inserida no conhecimento e na rotina de todos os colaboradores da assistência à saúde.

* A partir disso, é evidente que o treinamento das medidas de segurança do paciente. como comunicação, liderança, coordenação de tarefas em um ambiente simulado é fundamental,

especialmente para intercorrências emergenciais, como traumas e paradas cardíacas, e para manejo do pronto atendimento hospitalar, a administração de suporte respiratório, realização de um eletrocardiograma e de uma glicemia capilar, por exemplo.

Tendo em vista o atual cenário mundial, no qual, segundo a Organização Mundial da Saúde, mais de 3 milhões de pessoas morrem devido a erros no atendimento médico, dar a devida importância à segurança do paciente é um aspecto fundamental na prestação de cuidados à saúde pois, além de mitigar os eventos adversos, garante o acesso da população à assistência de qualidade.

Nota-se que, no atual cenário brasileiro, a abordagem da temática segurança do paciente tem mantido um caráter heterogêneo, já que, em diferentes instituições, o tema é abordado de maneira distinta: enquanto para alguns alunos o assunto é brevemente pontuado durante a graduação, aparecendo de forma secundária na discussão de outros conteúdos e reforçado apenas no início da prática clínica, para outros pode haver o estudo de uma disciplina específica sobre tais protocolos. (Garzin, 2019). Isso contribui para a formação de atuantes da área da saúde cujo saber sobre segurança do paciente tem um potencial extremamente volátil e incerto, o que demanda maiores estudos sobre a maneira mais eficiente de educar os estudantes quanto a esse tema. Nesse sentido, mais do que a abordagem teórica das normas de segurança do paciente durante a jornada acadêmica de futuros profissionais de saúde, é importante que, ao longo de sua formação, esses discentes possam praticá-las em cenários clínicos, para que desenvolvam habilidades de comunicação e identificação precoce de erros que são inerentes à prática clínica.

O Treinamento com Simulação de Alta Fidelidade pode ser definido como uma estratégia de ensino baseada na imitação da experiência clínica, de modo que deve ser fundamentados em objetivos de aprendizagem bem definidos, ferramentas de simulação adequadas e funcionais e na prática de esclarecimento de resultados, eventos adversos e suas causas, além da construção e um ambiente seguro para a retirada de dúvidas e para o surgimento de erros, considerando a correção a evitá-los em cenários reais (Green, 2023).

Assim, a realização de cenários de simulação realística voltados não só para o aprendizado de procedimentos, como também para a consolidação e repetição das medidas de segurança do paciente pelos futuros profissionais da saúde corresponde a uma estratégia de prevenção dos eventos adversos (Hughes, 2022). Além disso, observa-se que a realização de cenários controlados e supervisionados por um trabalhador da saúde é fundamental para a completa formação do médico, já que permite o compartilhamento de experiências de maneira prática e ordenada, uma abordagem educacional mais padronizada, a avaliação de habilidades