

## FATORES MECÂNICOS QUE DESENCADEIAM A LESÃO PULMONAR INDUZIDA PELO VENTILADOR MECÂNICO: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

### MECHANICAL FACTORS THAT TRIGGER VENTILATOR-INDUCED LUNG INJURY: AN INTEGRATIVE REVIEW

 <https://doi.org/10.63330/armv1n1-001>

Submetido em: 20/03/2025 e Publicado em: 21/03/2025

**Vitor Sizilio Attademo**

Universidade Estadual da Bahia – UNEB

E-mail: [vitors.fisioterapia@gmail.com](mailto:vitors.fisioterapia@gmail.com)

#### RESUMO

**Introdução:** A ventilação mecânica é uma importante terapia estipulada ao paciente crítico com o objetivo de repousar os músculos respiratórios e proporcionar trocas gasosas adequadas, enquanto se é otimizado a situação clínica propriamente dita, porém acabam expostos a fatores físicos e biológicos que podem contribuir para piora do prognóstico clínico. **Objetivo:** Abranger a sintetização de informações e teorias, com base nas evidências encontrada na literatura, sobre os fatores causais mecânicos que estão envolvidos no mecanismo de lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica. **Metodologia:** Trata-se de um estudo de revisão integrativa da literatura realizado a partir da busca por artigos nas bases de dados da Pubmed e a BVS. **Resultados:** As amostras incluídas nesta revisão integrativa foram compostas por 8 artigos, onde as etapas seguidas para a seleção dos artigos foram organizadas pelo fluxograma tipo PRISMA e as produções científicas selecionadas composta de 6 artigos (75%) são de estudos observacionais e 2 artigos (25%) são de ensaios clínicos randomizados. **Conclusão:** As variáveis mecânicas, como volume corrente, as pressões (pressões inspiratórias e PEEP), frequência respiratória e fluxo inspiratório são parâmetros que, quando configurados sem critérios e de maneira generalista, acabam sendo caracterizadas como forças geradoras de agressão ao parênquima pulmonar. Em conclusão, o estudo demonstrou a necessidade de estratégias que levem o ajuste dessas variáveis mecânicas a níveis mais conservadores de pressão de platô, driving pressure e potência mecânica com base na complacência pulmonar do paciente.

**Palavras-chave:** Lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica; Sobredistensão; Abertura e fechamento cíclico; Biotrauma.

#### ABSTRACT

**Introduction:** Mechanical ventilation is an important therapy prescribed for critically ill patients, with the aim of resting the respiratory muscles and providing adequate gas exchange while optimizing the clinical situation itself, but they end up being exposed to physical and biological factors that can contribute to a worsening of the clinical prognosis. **Objective:** To cover the synthesis of information and theories, based on evidence found in the literature, on the mechanical causal factors that are involved in the mechanism of lung injury induced by mechanical ventilation. **Methodology:** This is an integrative literature review study carried out by searching for articles in the Pubmed and BVS databases. **Results:** The samples included in this integrative review were composed of 8 articles, where the steps followed for the selection of articles were organized by the PRISMA-type flowchart and the selected scientific productions composed of 6 articles (75%) are observational studies and 2 articles (25%) are randomized clinical trials. **Conclusion:** Mechanical variables such as tidal volume, pressures (inspiratory pressures and PEEP), respiratory rate and inspiratory flow are parameters that, when configured without criteria and in a generalist manner, end up being characterized as forces that generate aggression to the lung parenchyma. In conclusion, the study



demonstrated the need for strategies that lead to the adjustment of these mechanical variables to more conservative levels of plateau pressure, driving pressure and mechanical power based on the patient's lung compliance.

**Keywords:** Ventilator-induced lung injury; Overdistension; Cyclic opening and closing; Biotrauma.

#### **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

Sigla	Termo em Português
BVS	Biblioteca Virtual de Saúde
DAS	Dano Alveolar Severo
LPA	Lesão Pulmonar Aguda
LPIMV	Lesão Pulmonar Induzida pela Ventilação Mecânica
MESH	Descritores em Ciências da Saúde
PEEP	Pressão Positiva Expiratória Final
PUBMED	Public/Publisher MEDLINE
RASS	Richmond Agitation-Sedation Scale
SDRA	Síndrome da Angústia Respiratória
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
VCV	Ventilação Controlada Volume



## 1 INTRODUÇÃO

As formas de ventilar o paciente crítico, a partir das próteses ventilatórias, evoluíram ao longo dos anos tendo como equipamentos que simulavam a expansão torácica e negativação da pressão transpulmonar, sendo nos dias atuais, mais requisitados e utilizados ventiladores que ofertam fluxo de ar comprimido e oxigênio em direção as vias áreas por meio da pressão positiva. (Slutsky, 2014)

A ventilação mecânica invasiva é uma importante terapia estipulada ao paciente crítico, com objetivo de repousar os músculos respiratórios e proporcionar trocas gasosas adequadas enquanto se é otimizado a situação clínica propriamente dita. Pacientes submetidos a ventilação mecânica expõem-se a fatores físicos e biológicos que podem contribuir para piora do seu prognóstico clínico. O controle das variáveis mecânicas da ventilação utilizadas sem nenhum critério logico ou objetivando somente otimização das trocas gasosas podem acarretar em aumento dos riscos lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica, tendo como consequência o aumento do stress/strain pulmonar e aumento da sinalização de mediadores inflamatórios, além de inflamação e edema tecidual. (Tonetti, 2019; Gaver, 2020)

As forças mecânicas que se originam da prótese ventilatória e que são configuradas pelo operador, podem gerar alterações no nível de tensão e deformações, sendo algumas variáveis controladas e outras apresentando-se como consequência ventilatórias com valor prognóstico, levando impactos a níveis de parênquima pulmonar e induzindo a uma cascata inflamatória. Durante a ventilação mecânica é importante a observação sobre as alterações da mecânica respiratória. Para entender os mecanismos que possam levar a elevação da pressão transpulmonar, abertura cíclica de unidades alveolares, sobredistensão alveolar e aumento da absorção de energia pelo parênquima pulmonar, principalmente em pulmões previamente danificados, com áreas heterogêneas de aeração, podem induzir a distorções não fisiológica do tecido pulmonar, acarretando em maior risco de LPVIM (Slutsky, 2014; Katira, 2019; Silva, 2022).

Diante da complexidade do processo fisiológico e dos mecanismos causais envolvidos no processo de lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica, o estudo tem como objetivo abranger a sintetização de informações e teorias, com base nas evidências encontrada na literatura, sobre os fatores causais mecânicos que estão envolvidos no mecanismo de lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica, com a justificativa de definir os conceitos, teorias e experimentos sobre os fatores etiológicos que desencadeiam a lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica que possam promover a difusão do entendimento, incentivando a discussão sobre gerenciamento da ventilação, em busca de mitigar os riscos de lesão aos pulmões por indução da mesma, tornando-se muito importante para eficiência no desenvolvimento do cuidado em saúde



## 2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Trata-se de um estudo de revisão integrativa da literatura, que tem como finalidade explorar e sintetizar o conhecimento já descrito sobre o tema de estudo, afim de definir conceitos e teorias e estimular a difusão do conhecimento, a partir da pergunta norteadora do estudo: “Quais os fatores mecânicos descritos na literatura que desencadeiam a lesão pulmonar induzida pelo ventilador mecânico?”, sendo realizado a partir da busca por artigos nas bases de dados da Pubmed (US National Library of Medicine National Institutes of Health) e a BVS (Biblioteca Virtual em Saúde). As publicações foram identificadas pelos descritores *Medical Subject Headings (Mesh)*, sendo eles: Ventilator-induced lung injury, positive end-expiratory pressure, overdistension, tidal volume e pulmonary edema, onde foram utilizados cruzamentos com os descritores em associação com os operadores booleanos AND e OR.

Os critérios de inclusão definidos para seleção dos artigos foram: artigos publicados em inglês que abordassem os fatores mecânicos que desencadeiam os mecanismos de lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica, onde os textos estejam disponíveis para leitura gratuitamente, sem distinção do ano de publicação, abrangendo estudos de revisão sistemáticas, ensaios clínicos randomizados e observacionais em adultos críticos enfermos. Os critérios de exclusão são artigos que estão indexados repetidamente nas bases de dados, estudos conduzidos em população pediátrica, os que não fazem parte do eixo temático abordado e não respondem à questão problema da pesquisa, assim como os objetivos do estudo, não abordando a interrelação entre fatores mecânicos da ventilação mecânica e lesão pulmonar.

Os estudos foram selecionados a partir da leitura do título, observando a correlação entre fatores mecânicos e lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica, logo após o resumo e leitura na íntegra. Para extração de dados foi confeccionado uma tabela para a organização das características e informações evidenciados nos artigos incluídos.

## 3 RESULTADOS

Para obtenção dos resultados foram identificados 139 artigos a partir da base de dados Pubmed e BVS, onde inicialmente foram identificados e excluídos 5 artigos após observação de duplicata. Desses artigos, 134 foram para o registro de triagem, sendo excluídos 121 artigos após a leitura do título e resumo, julgando-os e aplicando aos critérios de exclusão e inclusão pré-estabelecidos, por serem estudos conduzidos em população pediátrica e que não contemplarem o eixo temático, restando 13 artigos para leitura na íntegra. Dos artigos selecionados para a leitura na íntegra, 5 artigos foram excluídos, por não responder à pergunta problema do escopo do estudo e não abordar inter-relação entre ventilação mecânica e lesão pulmonar.

As amostras incluídas nesta revisão integrativa foram compostas por 8 artigos, onde as etapas seguidas para a seleção dos artigos serão expressas no fluxograma da Figura 1. Das 8 produções científicas



selecionadas para a revisão, 6 artigos (75%) são de estudos observacionais, sendo 2 desses um coorte retrospectivo, e 2 artigos (25%) são de ensaios clínicos randomizados. Diante a Tabela 1 são apresentadas a síntese das informações das pesquisas bibliográficas e suas características, enfatizando os desfechos primários e os secundários, sendo organizada conforme o autor, ano de publicação, tipo de estudo e idioma.

Figura 1. Fluxograma das etapas de seleção dos artigos

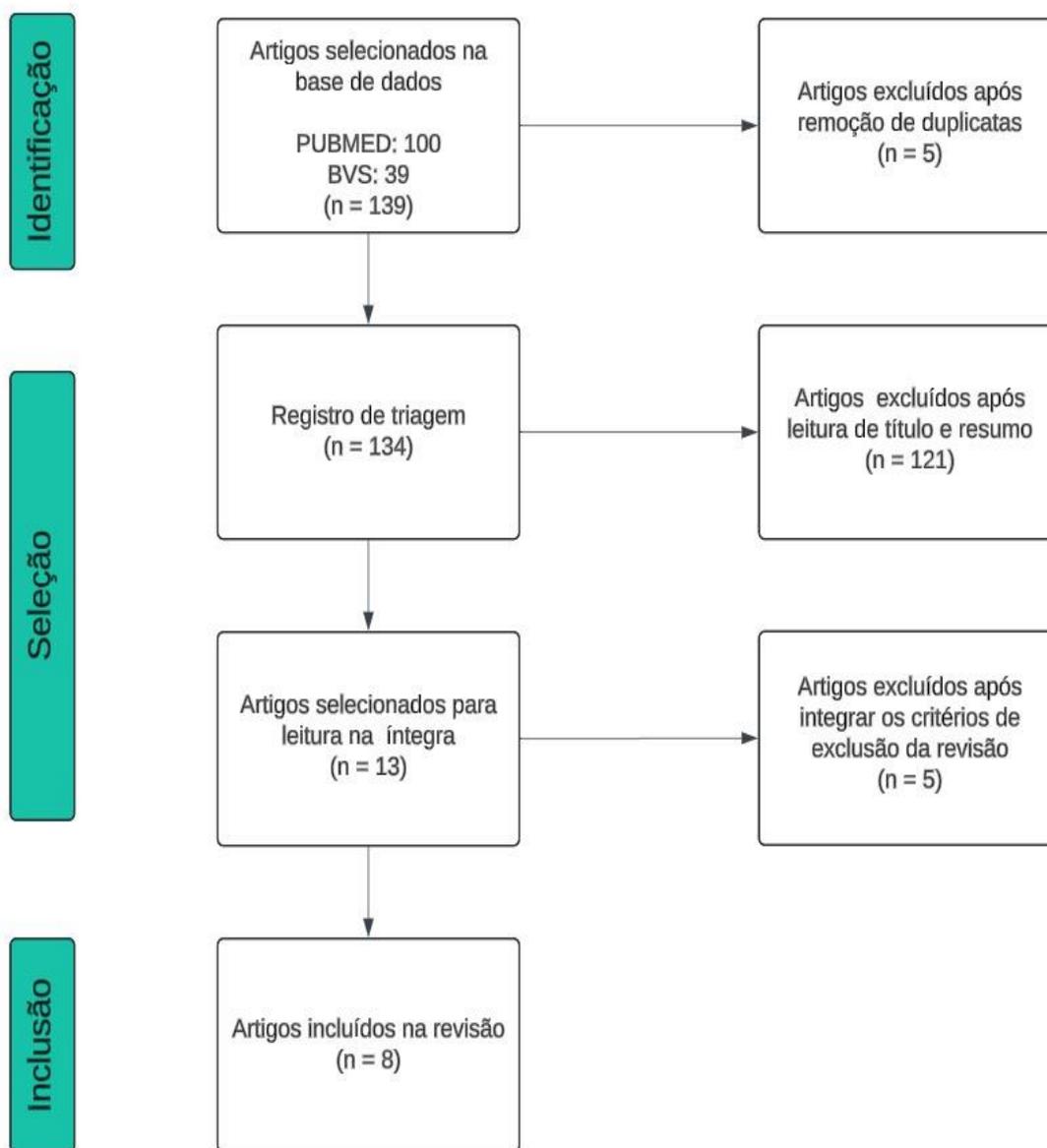




Tabela 1. Características dos estudos incluídos.

<b>Autor, Ano</b>	<b>Tipo de Estudo</b>	<b>Amostra</b>	<b>Idioma</b>	<b>Característica</b>
Gattinoni et al, 2016	Observacional	68 pacientes	Inglês	Pacientes com SDRA ou pneumonia foram submetidos a tomografia computadorizada de pulmão durante sessões de apneia (pausa inspiratória/pausa expiratória) com PEEP 5, 15, 45 cmh <sup>2</sup> o e avaliado a porcentagem do pulmão potencialmente recrutável a partir da proporção de tecido pulmonar em que houve aumento de aeração.
Mauri et al, 2016	Observacional	20 pacientes	Inglês	Pacientes em ventilação mecânica, internados na UTI na Itália, com média de idade de 62 anos, foram submetidos a ventilação mecânica em modo VCV, com volume corrente de 6-8ml/kg de peso predito, Spo <sub>2</sub> >90%, frequência respiratória ajustada para um Ph 7,35-7,45, consistindo em duas etapas cruzadas e randomizadas com duração de 20 minutos cada fase: 1º) PEEP clínica e 2º) PEEP clínica+5cmh <sup>2</sup> o, sendo avaliado alterações de volume pulmonar relacionados à PEEP por tomografia de impedância elétrica e pela técnica de diluição de gás hélio.
Pistillo et al, 2023	Observacional	18 pacientes	Inglês	Pacientes com SDRA, faixa etária de 34 anos, foram ventilados temporariamente na sala de tomografia sob sedação profunda (RASS -5), utilizando modo VCV com volume corrente 6ml/kg peso predito, pressão de platô de 30cmh <sup>2</sup> o, frequência respiratória de 15 incursões por minuto e PEEP ajustada para pressão de platô alvo. Caso necessário, o volume corrente foi diminuído abaixo de 6ml/kg peso predito para manter pressão de platô em 30cmh <sup>2</sup> o, sendo realizado duas imagens tomográficas completa de tórax, avaliando nível de strain, estresse e atelectrauma com potencia mecânica normalizada para complacência estática.
Tongyoo et al, 2024	Ensaio clínico randomizado	126 pacientes	Inglês	Pacientes com insuficiência respiratória aguda submetidos a intubação e ventilação mecânica, randomizados em uma alocação em dois grupos: Driving pressure limitada (<15cmh <sup>2</sup> o) e baixos volumes correntes (Volume corrente < 8ml/kg peso predito), sendo avaliado como desfechos primários a pontuação na escala de lesão pulmonar aguda (LPA) e desfechos secundários mortalidade e início da SDRA em 28 dias.
Brower et al, 2000	Ensaio clínico randomizado	861 pacientes	Inglês	Pacientes, de ambos os sexos, com média de idade 51 anos que foram intubados e receberam ventilação mecânica por DAS, diagnosticado a partir dos critérios de Berlim. Os indivíduos foram designados aleatoriamente em dois grupos: ventilados com volume corrente tradicional, 12ml/kg peso predito, pressão de platô <50cmh <sup>2</sup> o e ventilados com volume corrente tradicional,



				6ml/kg peso predito, pressão de platô <30cmh <sup>2</sup> o, ambos em modo VCV. Caso necessário, diminuir gradativamente 1ml/kg de peso predito para manter uma pressão de platô pré-determinada, monitorados durante período de 28 dias, sendo desfechos primários mortalidade e dias sem ventilação mecânica e desfechos secundários número de dias sem apresentar falência múltiplas dos órgãos e níveis de interleucina-6.
Amato et al, 2015	Observacional	3562 pacientes	Inglês	Analisados dados individuais de 3562 paciente ventilados mecanicamente com diagnostico de SDRA, inscritos em nove ensaios clínicos randomizados relatados anteriormente, examinando a driving pressure e seus efeitos isolados consequentes a configuração aleatória do ventilador e sua associação com a sobrevida.
Gattinoni et al, 2016	Observacional	80 pacientes	Inglês	Foram coletados dados retrospectivos de um estudo anterior com 30 pacientes com pulmões normais sem SDRA e 50 pacientes com SDRA. Cada paciente, com e sem SDRA, foi testado com 04(quatro) volume corrente (6,8,10,12ml/kg peso predito) e dois níveis de PEEP (5 e 10cmh <sup>2</sup> o), sendo calculado potência mecânica, através da equação da potência mecânica, com objetivo de quantificar energia mecânica e dissipada nos pulmões e suas repercussões.
Tonna et al, 2021	Observacional	2452 pacientes	Inglês	Pacientes inscritos em três ensaios clínicos randomizados (ARMA, ALVEOLI e FACTT), sendo analisados a associação relativa da driving pressure e da potência mecânica com a mortalidade hospitalar a partir das definições da PEEP, frequência respiratória e fluxo.

#### 4 DISCUSSÃO

Os pulmões com suas propriedades elásticas, distende-se, expandindo os alvéolos, com a finalidade de transportar o ar ao longo do sistema ramificado das vias aéreas até encontrar a superfície alvéolo-capilar, sendo necessário para desempenhar sua funcionalidade, contemplando muitas informações uteis sobre as condições do parênquima pulmonar, modelando as tensões prejudiciais aplicadas sobre ele (Neiman *et al.*, 2017; Bates, Smith., 2018).

A princípio, durante a década de 1970, as complicações mais temidas da ventilação mecânica estavam relacionadas aos excessos de pressões impostas sobre os alvéolos, ocasionado ruptura tecidual pela sobredistensão do parênquima pulmonar, conceituado como barotrauma. Com o passar dos anos, em 1988, foram observados a importância do volume quando comparados com as pressões impostas nas vias aéreas na ocorrência da ruptura alveolar diante da mudança de volume pulmonar após as variações de pressão transpulmonar, se apresentando como variável fundamental para sobredistensão alveolar, sendo denominado de volutrauma. (Tonetti, 2019; Slutsky, 2014).



Logo após, no ano de 1997, estudos mostraram novos mecanismos de LPIMV abordado a partir do recrutamento corrente de unidades alveolares em colapso, causando abertura e fechamento cíclico, induzindo a lesão pulmonar através da má distribuição de tensões e deformações ao longo do parênquima pulmonar em um sistema heterogêneo, entre duas estruturas alveolares adjacentes apresentando elasticidades distintas, caracterizando o atelectrauma. (Tonetti, 2019).

Em seguida, estudos mais contemporâneos, realizados a partir do ano de 2016, começaram a expressar um conceito de LPIVM que se aparta do contexto molecular e aponta para uma abordagem pautada na quantidade de energia mecânica, ofertada do ventilador mecânico e que acaba sendo dissipada no parênquima pulmonar ao longo do tempo, definido como ergotrauma. (Tonetti, 2019; Slutsky, 2014).

A carga de energia corrente excessiva que está sendo ofertada pela ventilação mecânica e é absorvida pelo parênquima pulmonar, leva a um maior poder danoso e conseqüentemente, maiores riscos de LPIVM, sendo caracterizada como potência mecânica (Gattinoni *et al.*, 2018). Essa variável assume os fatores mecânicos estáticos mensuráveis que levam a LPIVM, sendo elas: as pressões, o volume corrente, o fluxo e a frequência respiratória; reconhecendo como causa das tensões, não fisiológica, de maneira cíclica (Gattinoni *et al.*, 2016).

O valor relativo da potência mecânica aumenta a nível regional dependendo da gravidade da lesão pulmonar, onde a entrega de energia ao pulmão varia de acordo com níveis de complacência pulmonar, mesmo com indivíduos submetidos a cargas ventilatórias semelhantes, correlacionando-se positivamente com os mecanismos da LPIMV quando normalizado para complacência pulmonar (Pistilio *et al.*, 2023).

No estudo de Gattinoni *et al.* (2016), a variação de percentual de volume corrente, driving pressure e fluxo inspiratório, produz variações na potência mecânica de maneira exponencialmente linear, trazendo à tona a consequência, negligenciada, porém, relevante da frequência respiratória e do fluxo inspiratório com seus respectivos aumentos de valores subsequentemente.

O efeito isolado da driving pressure mostrou associação com a sobrevida em paciente que apresentavam síndrome da angústia respiratória no adulto (SDRA), sem a presença de esforços ventilatórios, identificando correlações entre o volume corrente com o barotrauma e a sobrevida quando o mesmo era ajustado para valores individualizados de complacência pulmonar, onde torna-se extremamente variável em paciente com SDRA, aumentando a associação entre LPIMV e as sobrecargas geradas às unidades alveolares preservadas com as deformações e estiramento cíclicos (Amato *et al.*, 2015).

O estudo de Tonna *et al.* (2021), analisa a associação da driving pressure e potência mecânica com mortalidade hospitalar a partir das definições de PEEP, frequência respiratória e fluxo inspiratório, porém com pacientes que estavam ventilados mecanicamente que apresentavam esforços respiratórios, onde pacientes que apresentavam frequência respiratória mais baixas, somente a potência mecânica foi associado a mortalidade, ocorrendo associação da driving pressure com mortalidade apenas quando pacientes passaram



a apresentar frequências respiratórias mais elevadas (maior de 26 incursões por minutos), corroborando com o estudo de Gattinoni *et al.*, (2016), onde mostrou que a relação da potência mecânica com mortalidade é modificada pela frequência respiratória, sendo mais incisiva quando comparado a driving pressure quando associadas para identificar níveis de LPIMV.

A potência mecânica e a driving pressure foram associadas a mortalidade em paciente que foram ventilados a altos padrões de fluxo inspiratórios mostrando que abranger medidas protetivas ao paciente em ventilação mecânica enfatizando variáveis de maneira isolada pode subestimar o poder para discernir os maiores riscos de LPIMV (Tonna *et al.*, 2021).

Em seu estudo, Brower *et al.* (2000), demonstrou redução na mortalidade em 22% e maior número de dias sem ventilação mecânica em pacientes com SDRA ventilados a baixos volumes correntes (6ml/kg de peso predito e pressão de platô menor que 30 cmh<sup>20</sup>), apesar da necessidade de utilizar frações inspiradas de oxigênio (FiO<sub>2</sub>) e PEEP mais elevadas durante a fase aguda da lesão em paciente que apresentavam trocas gasosas comprometida, associando-se com reduções significativas das concentrações de interleucina-6, sugerindo menor processo inflamatório pulmonar e menor resposta inflamatória sistêmica, priorizando a prevenção do estiramento excessivo pulmonar durante o ajuste do volume corrente.

Outro estudo corroborou com resultados mencionados no estudo anterior, quando, indivíduos ventilados mecanicamente, tem a potência mecânica normalizada para a complacência pulmonar mantendo o volume pré-fixado em 6ml/kg de peso predito, observou-se sobredistensão alveolar dinâmica em pacientes com SDRA grave e lesão pulmonar pré-existente (Pistilio *et al.*, 2023). Todavia, indivíduos ventilados com volume corrente baixos e que estão passivos a prótese ventilatória, na tentativa de compensar a hipercapnia e conseqüentemente a acidose respiratória, acabam sendo submetidos a frequências respiratórias elevadas (Brower *et al.*, 2000), abrindo margem para maior transmissão de energia ao parênquima pulmonar, sendo de acordo com o que foi observado por Gattinoni *et al.* (2016), onde a potência mecânica aumentou à medida que houve aumento da frequência respiratória.

Tongyoo *et al.*, (2024), mostrou em seu estudo que paciente com insuficiência respiratória, sem SDRA, e com necessidade de suporte ventilatório invasivo ventilados com baixos volumes correntes (menor que 8 ml/kg por peso predito), não apresentaram diferenças significativas no escore de lesão pulmonar aguda quando comparados a estratégias com driving pressure limitada (menor que 15 cmh<sup>20</sup>), sendo a amostra caracterizadas por indivíduos com moderada repercussão em suas trocas gasosas sem apresentar uma complacência pulmonar com sinais de acometimento severo.

A abordagem com estratégia de manter uma driving pressure limitada pode apresentar maior congruência para mitigar LPIVM por conseguir tolerar níveis de volume corrente para uma driving pressure que venha inibir a distensão excessiva aos alvéolos preservados quando comparados a estratégias que sejam pautadas apenas na redução do volume corrente para níveis de pressão de platô constante (Tongyoo *et al.*,



2024). Essa explanação apoia-se no que foi observado no estudo de Amato *et al.* (2015), onde níveis de PEEP e pressão de platô elevados correlacionam-se com maiores taxas de mortalidade em pacientes que apresentaram driving pressure elevada, abrangendo o volume corrente, com pressão de platô em níveis constantes, como um forte preditor de distensão excessiva alveolar e sobrevida quando normalizado para driving pressure dentro dos valores de referência.

Segundo Mauri *et al.* (2016), a utilização da pressão expiratório positiva final (PEEP) em níveis mais elevados induziu a redistribuição do volume corrente das regiões pulmonar não-dependentes para as regiões dependentes, apresentando diminuição da heterogeneidade pulmonar ao longo da inspiração, no entanto, em regiões não-dependentes, observou-se redução na complacência pulmonar além de maior hiperinsuflação vista pela tomografia de impedância elétrica, caracterizando aumento do risco de hiperinsuflação cíclica e maior possibilidades de volutrauma. Em pacientes com SDRA que apresentam menor acometimento da região pulmonar dependente, o aumento da PEEP pode sugerir recrutamento marginal à medida que houve aumento do volume corrente regional, trazendo consigo maior estresse alveolar nessas regiões.

O estudo de Gattinoni *et al.* (2006), mostrou os efeitos da PEEP no recrutamento das unidades alveolares estão intimamente associados à porcentagem do potencial de recrutamento pulmonar, sendo altamente relacionado com a gravidade da lesão do parênquima pulmonar. Ainda sobre o estudo mesmo estudos, níveis mais elevados de PEEP em paciente com menor porcentagem de potencial de recrutamento pulmonar proporciona pouco ou nenhum benefício e ainda podem ser prejudiciais, expondo áreas pulmonares já abertas à maiores níveis de estresse e tensão, sendo correlacionado com os resultados de Pistilio *et al.* (2023), onde o ajuste da PEEP para atingir uma pressão de platô de 30 cmh<sub>2</sub>o, as custas da sua elevação, resultou em distensão alveolar em paciente com complacência pulmonar comprometidas.

Alguns estudos nos mostram que a PEEP apresenta uma repercussão, tanto no momento da entrega de energia ao sistema respiratório, quanto nos níveis de deformação e sobredistensão alveolar, resultando em maiores níveis de potência mecânica e driving pressure, porém auxilia na reversibilidade da heterogeneidade pulmonar (Gattinoni *et al.*, 2016; Amato *et al.*, 2015; Mauri *et al.*, 2016).

A compreensão sobre os fatores mecânicos, calculáveis e modificáveis, que podem desencadear uma ventilação não conservadora, nos leva a um caminho de maior otimização no manejo ventilatório, onde o processo de ventilação seja o mais sutil e suave possível, mitigando desfechos negativos correlacionados com as configurações tituladas pelo operador, onde o mesmo saiba as consequências das variáveis, a níveis de LPIVM, para cada situação clínica, de maneira individualizada.



## 5 CONCLUSÃO

Em suma, os fatores mecânicos que desencadeiam a lesão pulmonar são importantes variáveis que devem ser analisadas para evitar iatrogenia no momento da instituição e gerenciamento da ventilação mecânica. As variáveis mecânicas, como volume corrente, pressão inspiratória, PEEP, frequência respiratória e fluxo inspiratório são parâmetros que, quando configurados de maneira indiscriminada, sem critérios clínicos e de maneira generalista, desencadeiam forças geradoras de agressão ao parênquima pulmonar, podendo induzir tanto a hiperdistensão alveolar, quanto o cisalhamento causado pela abertura e fechamento cíclico das unidades alveolares, além de moldar a entrega excessiva de energia mecânica aos pulmões.

As variáveis driving pressure e potência mecânica, quando analisadas, nos mostram fatores preditivos que indicam o estado estrutural e comportamental dos alvéolos quando são expostos aos fatores mecânicos pré-estabelecidos, abrangendo uma relação entre as pressões inspiratórias, PEEP, volume corrente, frequência respiratória e fluxo, sendo importantes para discriminar o níveis de poder danoso gerado pela ventilação mecânica, associando-se com níveis de agravos pulmonares prévios.

Em conclusão, o presente estudo demonstrou a necessidade de estratégias que levem a ajuste da PEEP, volume correntes, frequência respiratória e fluxo que reflitam níveis mais conservadores de pressão de platô, driving pressure e potência mecânica com base na complacência pulmonar do paciente, sendo necessário mais ensaios clínicos e revisões sistemáticas para elucidar essa temática.



## REFERÊNCIAS

AMATO, Marcelo, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *The New England Journal of Medicine*. São Paulo, Brasil. Fev, 2015. Disponível em: Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome - PubMed (nih.gov). Acesso em: 18 jan. 2024.

AMATO, Marcelo, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *The New England Journal of Medicine*. São Paulo, Brasil. Fev, 1998. Disponível em: Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome - PubMed (nih.gov). Acesso em: 21 mar. 2024.

BATES, Jason, SMITH, Bradford. Ventilator-induced lung injury and lung mechanics. *Annals of Translational Medicine*. Colorado, Denver. Jun, 2018. Disponível em: Ventilator-induced lung injury and lung mechanics - PubMed (nih.gov). Acesso em: 5 jan. 2024.

BROWER, Roy, et al. Ventilation with Lower Tidal Volumes as Compared with Traditional Tidal Volumes for Acute Lung Injury and the Acute Respiratory Distress Syndrome. *The New England Journal of Medicine*. São Francisco, California. Maio, 2000. Disponível em: Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. | *N Engl J Med*;342(18): 1301-8, 2000 05 04. | MEDLINE (bvscsalud.org). Acesso em: 25 jun. 2024.

GATTINONI, Luciano, et al. Lung recruitment in patients with the acute respiratory distress syndrome. *The New England Journal of Medicine*. Milão, Itália. Abril, 2006. Disponível em: Lung recruitment in patients with the acute respiratory distress syndrome - PubMed (nih.gov). Acesso em: 10 jun. 2024.

GATTINONI, Luciano, QUINTEL, Michael, MARINI, John. Volutrauma and atelectrauma: which is worse?. *Critical Care*. Göttingen, Alemanha. Set, 2018. Disponível em: Volutrauma and atelectrauma: which is worse? - PubMed (nih.gov). Acesso em: 12 julho. 2024.

GATTINONI, Luciano, et al. Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. *Intensive Care Medicine*. Göttingen, Alemanha. Set, 2016. Disponível em: Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power - PubMed (nih.gov). Acesso em: 16 nov. 2024.

GAVER, Donald, et al. The POOR Get POORer: A Hypothesis for the Pathogenesis of Ventilator-induced Lung Injury. *Critical Care Perspective*. Syracuse, New York. Fev, 2020. Disponível em: The POOR Get POORer: A Hypothesis for the Pathogenesis of Ventilator-induced Lung Injury - PubMed (nih.gov). Acesso em: 8 ago. 2024.

KATIARA, Bushan. Ventilator-Induced Lung Injury: Classic and Novel Concepts. *Respiratory Care*. Toronto, Canada. Jun, 2019; Disponível em: Ventilator-Induced Lung Injury: Classic and Novel Concepts - PubMed (nih.gov). Acesso em: 10 set. 2024.

MAURI, Tommaso, et al. Bedside assessment of the effects of positive end-expiratory pressure on lung inflation and recruitment by the helium dilution technique and electrical impedance tomography. *Intensive Care Medicine*. Milão, Itália. Agosto, 2016. Disponível em: Bedside assessment of the effects of positive end-expiratory pressure on lung inflation and recruitment by the helium dilution technique and electrical impedance tomography - PubMed (nih.gov). Acesso em: 22 out. 2024.

NIEMAN, Gary, et al. Physiology in Medicine: Understanding Dynamic Alveolar & Physiology to Minimize Ventilator Induced Lung Injury (VILI). *Journal of Applied Physiology*. Syracuse, New York.



Abril, 2017. Disponível em: Physiology in Medicine: Understanding dynamic alveolar physiology to minimize ventilator-induced lung injury - PubMed (nih.gov). Acesso em: 27 jan. 2024.

PISTILLO, Néstor, et al. Mechanical Power Correlates With Stress, Strain, and Atelectrauma Only When Normalized to Aerated Lung Size in Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome. *Critical Care Explorations*. Buenos Aires, Argentina. Set, 2023. Disponível em: Mechanical Power Correlates With Stress, Strain, and Atelectrauma Only When Normalized to Aerated Lung Size in Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome. | *Crit Care Explor*;5(10): e0982, 2023 Oct. | MEDLINE (bvsalud.org). Acesso em: 3 jan. 2024.

SILVA, Pedro, et al. Physiological and Pathophysiological Consequences of Mechanical Ventilation. *Semin Respir Crit Care Med*. Genoa, Itália, Fev, 2022. Disponível em: Physiological and Pathophysiological Consequences of Mechanical Ventilation - PubMed (nih.gov). Acesso em: 20 set. 2023.

SLUTSKY, Arthur. Ventilator-Induced Lung Injury. *The new england journal of medicine*. Toronto, Canada. Abril, 2014; Disponível em: Ventilator-Induced Lung Injury (VILI) - StatPearls - NCBI Bookshelf (nih.gov). Acesso em: 10 dez. 2023

TONETTI, Tommaso, et al. Driving pressure and mechanical power: new targets for VILI prevention. *Göttingen, Alemanha*. Jun, 2018; Disponível em: Driving pressure and mechanical power: new targets for VILI prevention - PMC (nih.gov). Acesso em: 13 jan. 2023.

TONGYOO, Surat, et al. Comparison of limited driving pressure ventilation and low tidal volume strategies in adults with acute respiratory failure on mechanical ventilation: a randomized controlled trial. *Therapeutic Advances in respiratory Disease*. Bangkok, Tailândia. Maio, 2024. Disponível em: Comparison of limited driving pressure ventilation and low tidal volume strategies in adults with acute respiratory failure on mechanical ventilation: a randomized controlled trial - PMC (nih.gov). Acesso em: 17 nov. 2024.

TONNA, Joseph, et al. Positive End-Expiratory Pressure and Respiratory Rate Modify the Association of Mechanical Power and Driving Pressure With Mortality Among Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome. *Critical Care Explorations*. Salt Lake City, Utah. Dez, 2021. Disponível em: Positive End-Expiratory Pressure and Respiratory Rate Modify the Association of Mechanical Power and Driving Pressure With Mortality Among Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome. | *Crit Care Explor*;3(12): e0583, 2021 Dec. | MEDLINE (bvsalud.org). Acesso em: 13 ago. 2024.