QUEBRANDO BLOQUEIOS EM RESPIRATÓRIA

Amanda Rodrigues da Cunha

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Amanda Rodrigues da Cunha

QUEBRANDO BLOQUEIOS EM RESPIRATÓRIA

1ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

1ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Cunha, Amanda Rodrigues da
C972Q QUEBRANDO BLOQUEIOS EM RESPIRATÓRIA

/ Amanda Rodrigues da Cunha. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2021

43 f.: il

DOI: 10.37423/2021.edcl276

ISBN: 978-65-89955-14-6

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. sistema-respiratório 2. ventilação-mecânica 3. fenômenos-fisiológicos-respiratórios 4.
anormalidades-do-sistema-respiratório I. Cunha, Amanda Rodrigues da II. Título

CDU: 370

<https://doi.org/10.37423/2021.edcl276>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto

Dr. Anderson Reis de Sousa

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2021

10.37423/2021.edcl276

1 % que você precisa saber

QUEBRANDO BLOQUEIOS EM RESPIRATÓRIA

vamos aprender juntos, anatômico (a)!

VAMOS COMEÇAR

QUEBRANDO BLOQUEIOS EM RESPIRATÓRIA

RESUMO

O e-book “Quebrando Bloqueios em Respiratória” surgiu para facilitar a aprendizagem sobre os modos ventilatórios convencionais. Este trabalho aborda desde as funções do sistema respiratório a ventilação mecânica invasiva básica, o objetivo é despertar o raciocínio em cima das bases que são fundamentais para a realização da prática clínica. Temas relevantes da disciplina de anatomia e fisiologia são, deste modo, discutidos aqui com o intuito de contribuir para o conhecimento de discentes e de todo público da área de saúde interessado.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema respiratório, Ventilação Mecânica, Fenômenos Fisiológicos Respiratórios, Anormalidades do Sistema Respiratório.

BREAKING RESPIRATORY BLOCKAGES

ABSTRACT

The e- book “Breaking Respiratory Blockages” was created to facilitate the learning about the conventional modes of mechanical ventilation This work includes from the functions of the respiratory system until the basic invasive mechanical ventilation, the purpose is to awaken the reasoning over the bases that are fundamental for the accomplishment of the clinical practice. Relevant topics of anatomy and physiology are discussed here in order to contribute to the knowledge of students and all interested health care public.

KEY WORDS: Respiratory System, Mechanical Ventilation, Respiratory Physiological Phenomena, Respiratory System Abnormalities.

Avisos Legais

Redistribuição

Você concorda que não irá copiar, redistribuir ou explorar comercialmente qualquer parte deste documento sem a permissão expressa do autor.

Autora

Amanda Rodrigues da Cunha, Maceió-AL, 2021

Olá, anatômico (a)

Meu nome é Amanda Rodrigues, sou acadêmica de fisioterapia e ao longo da minha vida na universidade percebi que, as vezes, alguns padrões adotados nos estudos como forma de aprendizado geram bloqueios, por isso surgiu a ideia do e-book e coloquei o nome desse projeto de **quebrando bloqueios em respiratória**.

Pensando na dificuldade que alguns acadêmicos relataram em aprender sobre os modos ventilatórios, resolvi facilitar a aprendizagem atrelando ao sistema respiratório. Então, esse e-book é algo que eu gostaria de ter quando eu ainda estava no primeiro semestre estudando a respeito desse sistema (continuo aprendendo, mas seria algo que me ajudaria).

O meu objetivo não é falar da prática clínica, principalmente porque ainda sou acadêmica, mas o meu objetivo é despertar o raciocínio em cima das bases que são fundamentais para a realização da prática clínica.

VEJAMOS UM PROBLEMA

Problema 1

A ventilação mecânica visa reverter o quadro que levou o paciente a insuficiência respiratória, mas cada paciente tem o seu diagnóstico clínico e uma resposta diferente dada pelo seu organismo frente ao tratamento, por isso a "receita de bolo" não dá certo. Beleza ?

Problema 2

Imagine o quanto a "receita de bolo" afeta negativamente os pacientes que estão por seus cuidados ou até mesmo os parentes e amigos desse paciente. E a sua posição profissional como fica?

Problema 3

Já parou para pensar que esse problema tem uma dimensão enorme? Essa "receita de bolo" não seria um fator que leva muitos alunos da área de saúde a frustração?

A UTOPIA

Mas está tudo perfeito,
não é só comigo que isso acontece...

Solução 1

Tudo tem uma base, então nesse e-book iremos inicialmente revisar as funções do sistema respiratório e um pouco sobre a mecânica ventilatória, porque precisamos entender o que é normal para compreender o anormal.

Solução 2

Depois iremos falar um pouco sobre os ciclos ventilatórios. Imagine que inspirar e expirar com o auxílio de uma máquina vai ser bem diferente, não é mesmo?

Solução 3

Ah, e o que falar dos tipos de insuficiência respiratória? No vídeo eu te explico e depois partimos para uma introdução dos modos ventilatórios convencionais.

A HORA CERTA É AGORA

Razão 1

Dando esses passos você estará mais confiante para seguir aprendendo assuntos mais complexos, como Patient Self-Inflicted Lung Injury (P-SILI), Ventilator-induced lung injury (VILI), recrutamento alveolar, e por aí vai...

Razão 2

O conhecimento agrega ao seu crescimento

E aí, você está preparado?

clique no ícone ou faça a leitura do QR Code e você será direcionado a aula.

Aula 1 funções do sistema respiratório

Aula 2 mecânica ventilatória

Aula 3 ciclos ventilatórios

Aula 4 introdução da insuficiência respiratória

Aula 5 insuficiência respiratória

Aula 6 oferta de oxigênio ao tecido

Aula 7 introdução do modo VCV

Aula 8 introdução dos modos PCV e PSV

Aula 9 Considerações finais

SUMÁRIO

RESUMO DO SISTEMA RESPIRATÓRIO	10
FUNÇÕES DO SISTEMA RESPIRATÓRIO	15
RESUMO DA MECÂNICA VENTILATÓRIA	17
MECÂNICA VENTILATÓRIA	18
COMPLACÊNCIA PULMONAR	21
CICLOS VENTILATÓRIOS	22
INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA	25
OFERTA DE OXIGÊNIO AO TECIDO	28
INTRODUÇÃO DO MODO VCV	29
INTRODUÇÃO DO MODO PCV E MODO PSV	31
O QUE É STRESS INDEX E DRIVING PRESSURE?	33
BÔNUS DO PROFESSOR DANIEL – WEBSÉRIE UTI	34
AGRADECIMENTOS	35
REFERÊNCIAS	36

Resumo do sistema respiratório

Funções do sistema respiratório

- Filtrar, aquecer e umidificar o ar inspirado
- Defesa contra os agentes agressores
- Prover oxigênio e remover o dióxido de carbono
- Ajudar no equilíbrio ácido-básico
- participa da vocalização
- participa da olfação¹¹

Respiração

- **Ventilação pulmonar** - refere-se a entrada e a saída de ar dos pulmões.
- **Respiração pulmonar** (hematose) - ocorre a troca gasosa entre o alvéolo e o sangue contido no capilar.
- **Respiração interna** - ocorre a troca gasosa entre o sangue e as células dos tecidos.^{10,16}

O sistema respiratório inclui:

- Nariz - Cavidade nasal (dividida pelo septo nasal);
- Seios paranasais;
- Faringe e suas subdivisões (nasofaringe, orofaringe e laringofaringe);
- Laringe (tubo cartilaginoso que contém várias cartilagens e as pregas vocais);
- Traqueia (contém anéis cartilagosos e ligamentos anulares);
- Brônquios, bronquíolos, ductos alveolares, sacos alveolares, alvéolos;
- Pulmões (um pulmão direito e um pulmão esquerdo)^{5,11}

Obs.: o **brônquio principal direito é mais curto, mais vertical e de calibre mais grosso quando comparado ao brônquio principal esquerdo, por isso a probabilidade de corpos estranhos aspirados entrarem no brônquio direito é maior.** E os brônquios principais (primeira ordem) se ramificam em brônquios lobares (segunda ordem), estes por sua vez se ramificam em brônquios segmentares (terceira ordem), mas os brônquios se ramificam mais ainda, dando origem aos bronquíolos.^{5,11}

Fonte: adaptada de WEST, John B, Fisiologia Respiratória: princípios básicos, 8ª ed. Artmed, 2010

Fonte: adaptada de stockphoto, ID da ilustração: 1144136014

- O diafragma é um importante músculo que possui três "aberturas": o forame da veia cava, o hiato aórtico e o hiato esofágico. Esse músculo se contrai durante a inspiração (**empurra as vísceras abdominais para baixo, aumentando o diâmetro da caixa torácica**) e relaxa durante a expiração (**processo passivo**).

Obs.: a inspiração é um processo ativo, e os músculos **intercostais externos** também são usados, pois tracionam as costelas para cima e para frente, aumentando os diâmetros lateral e anteroposterior da região torácica. Os músculos acessórios da inspiração incluem os escalenos, o esternocleidomastóideo, o peitoral menor, o serrátil anterior. Já a **expiração é passiva**, mas durante a respiração vigorosa, temos a expiração ativa, onde os músculos **intercostais internos** tracionam as costelas (para dentro e para baixo) e **os músculos da região abdominal se contraem, e com o aumento da pressão intra-abdominal, o diafragma é empurrado para cima.** Lembrando que o diafragma separa a cavidade torácica da cavidade abdominal.^{18,24}

Observação: O diafragma é innervado pelo nervo FRÊNICO (C3–C5)

Resumo do sistema respiratório

Ambos pulmões são revestidos pela pleura parietal (mais externa) e pleura visceral (mais interna); o pulmão direito é constituído por 3 lobos e 2 fissuras (fissura oblíqua e fissura horizontal), já o pulmão esquerdo é constituído por 2 lobos e 1 fissura (fissura oblíqua). A incisura cardíaca e a língua são características peculiares do pulmão esquerdo.¹¹

Por fim, temos os alvéolos que possuem células chamadas de pneumócitos. Os pneumócitos tipo I formam a maior parte da parede alveolar e **os pneumócitos tipo II secretam o surfactante, um fosfolípideo que ajuda a reduzir a tensão superficial nos alvéolos.**^{11,16}

pressões durante o ciclo ventilatório

Diante da contração muscular durante a inspiração, temos o aumento do volume, então a pressão cai (queda da pressão alveolar) e a pressão intrapleural fica mais negativa, até que a pressão alveolar se iguale à pressão atmosférica. Já durante a expiração, com o relaxamento do músculo e o recuo elástico, ocorre a diminuição do volume, e a pressão aumenta (pressão alveolar positiva) e a pressão intrapleural fica menos negativa.^{16,24}

Resumo do sistema respiratório

Centros de controle central

O processo respiratório automático é gerado por impulsos do tronco encefálico (neurônios localizados na ponte e no bulbo) que se localiza entre o diencéfalo e a medula espinhal, já o controle voluntário é originado pelo córtex.^{5, 24}

Obs: diante do processo respiratório voluntário, o córtex pode prevalecer sobre a função do tronco encefálico, mas de forma limitada.²⁴

É importante ressaltar que o sistema do controle respiratório inclui 3 componentes básicos:

- os **sensores** (quimiorreceptores centrais, quimiorreceptores periféricos, outros receptores) são responsáveis por transmitir as informações aos centros de controle;
- os **centros de controle** por sua vez coordenam essas informações recebidas e transmitem impulsos;
- os **músculos respiratórios** são os efetores.²⁴

fonte: adaptado de WEST, John B, Fisiologia Respiratória: princípios básicos, 8ª ed. Artmed, 2010

Espaço morto

Denomina-se espaço morto as regiões do sistema respiratório que contém ar, mas não ocorrem trocas gasosas (hematose).

- **Espaço morto anatômico:** refere-se às vias aéreas condutoras, pois não participam da troca gasosa. Ex: a laringe faz parte do sistema respiratório, conduz o ar, mas não participa da troca gasosa.
- **Espaço morto alveolar:** região alveolar em que o ar chega, mas não tem o fluxo sanguíneo, ou seja, não é útil para a troca gasosa.²⁴

Alguns padrões anormais da respiração

Cheyne-Stokes

Depois da apnéia, o ritmo respiratório aumenta gradativamente e logo em seguida vai diminuindo até uma nova apnéia. (Ex.: insuficiência cardíaca, AVE, TCE, Hipertensão Intracraniana).

Biot

Apnéia seguida de inspiração e expiração irregulares. (Ex.: lesão no sistema nervoso central).¹⁹

Obs: outro padrão muito conhecido é o kussmaul, Ex.: acidose diabética.

Algumas terminologias

- **eupneia:** respiração normal
- **apneia:** ausência de respiração
- **taquipneia:** aumento da FR
- **bradipneia:** redução da FR
- **dispneia:** dificuldade para respirar
- **dispneia paroxística noturna:** sono interrompido por sensação súbita de falta de ar
- **ortopneia:** dispneia em decúbito dorsal
- **trepopneia:** dispneia em decúbito lateral
- **platipneia:** dispneia em posição ereta

zonas de west - Ventilação e perfusão

Fonte: adaptado de WEST, John B, Fisiologia Respiratória: princípios básicos, 8ª ed. Artmed, 2010

No pulmão existe desigualdade na distribuição do fluxo sanguíneo, observe na imagem que há diferença entre as pressões alveolar, arterial e venosa (imagem 2); Veja também que a pressão intrapleural é mais negativa no ápice, o que é diferente da base, onde a pressão intrapleural é menos negativa (imagem 1), então a ventilação vai ser diferenciada (imagem 3).²⁴

Clique aqui ou faça a leitura do QR Code

Fonte: adaptada de WEST, John B, Fisiologia Respiratória: princípios básicos, 8ª ed. Artmed, 2010

A posição influencia

sentado ou em pé, a região mais ventilada é a base

Observação: Numa pessoa em posição ortostática, a ventilação é maior na base porque a ventilação representa a variação da entrada e saída do volume de ar, se no ápice os alvéolos estão mais distendidos, irão sofrer menor variação de volume, ou seja, menor ventilação (grosseiramente falando, seria como se você fosse encher uma bola que já está quase toda cheia, você vai utilizar pouco volume para ela ficar cheia, diferente de uma bola um pouco cheia, onde vai entrar maior volume de ar).²⁴

Exemplo em pacientes com Síndrome do desconforto respiratório (SDRA) ventilados mecanicamente:¹³

Posição supina:

O aumento da pressão sobreposta tem um efeito prejudicial nas unidades alveolares dependentes.¹³

- 1- O coração fica sobre os pulmões
- 2- A perfusão é maior na região dorsal
- 3- Existe maior compressão na região dependente

Posição prona:

- 1- O coração se posiciona sobre o esterno, ou seja, a força compressiva do coração nas regiões dorsais do pulmão é eliminada
- 2- A perfusão é maior na região dorsal
- 3- Permite uma melhor ventilação

referência:

Koulouras V, Papathanakos G, Papathanasiou A, Nakos G. Efficacy of prone position in acute respiratory distress syndrome patients: A pathophysiology-based review. World J Crit Care Med. 2016 May; 4(5):121-36. doi: 10.5492/wjccm.v5.i2.121. PMID: 27152255. PMCID: PMC4848155.

Volumes e Capacidades pulmonares

Volumes e Capacidades Pulmonares para um Homem Adulto Jovem e Saudável¹⁰

VOLUMES OU CAPACIDADES	VALORES DE REFERÊNCIA (ml)	DEFINIÇÃO
Volume Corrente (VC)	500	quantidade de ar inspirado ou expirado em cada respiração normal
Volume de Reserva Inspiratório (VRI)	3.000	quantidade de ar que pode ser inspirado após uma inspiração do volume corrente normal
Volume de Reserva Expiratório (VRE)	1.100	é o volume máximo que pode ser expirado após a expiração do volume corrente normal
Volume Residual (VR)	1.200	é o volume de ar que fica nos pulmões após a expiração forçada
Capacidade Inspiratória (CI)	3.500	é a quantidade de ar inspirado a partir da expiração do volume corrente normal ($CI = VC + VRI$)
Capacidade Residual Funcional (CRF)	2.300	é a quantidade de ar que permanece nos pulmões após a expiração do volume corrente normal ($CRF = VRE + VR$)
Capacidade Vital (CV)	4.600	é a quantidade máxima de ar que pode ser expirado após uma inspiração máxima ($CV = VC + VRI + VRE$)
Capacidade Pulmonar Total (CPT)	5.800	é a soma de todos os volumes pulmonares ($CPT = VC + VRI + VRE + VR$)

Fonte: adaptada do livro Guyton & Hall Tratado de Fisiologia Médica, 13. ed.

Descrição do vídeo das Funções do SISTEMA RESPIRATÓRIO

Hoje eu irei começar falando das funções do sistema respiratório de uma forma diferenciada, onde o ar já começa a ser filtrado através dos pelos que nós temos nas narinas, mas também esse ar vai ser filtrado na região interna do nariz que é chamada de cavidade nasal, onde esse ar também vai ser aquecido e umedecido, **é por isso que pacientes com traqueostomia**, com um orifício na região da traqueia por onde ele inspira e expira com o auxílio de uma máquina lá na UTI, o ar não vai passar pela região externa do nariz e nem pela cavidade nasal, aí não é filtrado, aquecido e umedecido, podendo ocasionar infecções, ressecamento ou até mesmo a formação de crostas, é por isso que geralmente o profissional que está cuidando daquele paciente, utiliza um suporte chamado **HMEF**, e esse suporte vai aquecer, filtrar e umedecer o ar ou então eles utilizam o **HME com o HEPA**, o HME ¹⁷ vai aquecer e umidificar, e o hepa vai filtrar.

Mas voltando ao foco, a função primordial do sistema respiratório é promover o oxigênio e remover o dióxido de carbono. Mas como isso acontece? Nós temos a **ventilação pulmonar**, a **hematose** e a **respiração interna**. A ventilação pulmonar se refere a entrada e saída de ar dos pulmões, então

nós temos a inspiração, onde o volume pulmonar vai aumentando porque o ar está entrando nos pulmões, e nós também vamos ter a expiração, onde o volume pulmonar vai diminuindo porque o ar está saindo dos pulmões.^{10,16}

Fonte: adaptada de Kenhub

Já na hematose nós temos a troca gasosa, onde esse ar inspirado, rico em oxigênio, vai passar pelas vias aéreas e chegar lá no pulmão numa estrutura chamada alvéolo, e é justamente entre esse alvéolo e o sangue contido no vaso sanguíneo chamado capilar, que vai ocorrer a troca gasosa, o alvéolo está concentrado de oxigênio e o sangue está concentrado em CO_2 , como no alvéolo temos uma maior concentração de oxigênio, esse oxigênio vai sair do alvéolo para o meio menos concentrado, que é o sangue no capilar.¹⁶

Já no vaso sanguíneo, o sangue tem uma maior concentração de gás carbônico, é por isso que o gás carbônico vai para o alvéolo e posteriormente vai ser colocado para fora através do processo de expiração.¹⁴

E dessa forma, depois que o sangue é oxigenado, vai ser espalhado pelo nosso corpo para oxigenar as outras regiões, lembrando que **grande parte do oxigênio é transportado pela hemoglobina**, vale ressaltar que esse processo envolve o sistema cardiovascular, porque é o coração que vai está bombeando o sangue.^{10,16}

Observe que através dessas informações, podemos afirmar que o sistema respiratório tem grande importância na ventilação pulmonar, na hematose e ainda tem influência na respiração interna.^{10,16}

- O sistema respiratório também está relacionado ao olfato, que é a capacidade de sentirmos o cheiro de algo, porque lá no teto da cavidade nasal, nós temos o osso etmóide que tem uma parte chamada de lâmina cribiforme, também conhecida como lâmina crivosa, e ali vamos ter furinhos (orifícios) para a passagem do nervo olfatório que está relacionado ao olfato.⁵

Fonte: adaptada do livro netter, anatomia para colorir, 1ª ed.

- Outra função do sistema respiratório é a **emissão de som**, porque a laringe participa desse sistema e tem pregas vocais que irão vibrar com a passagem do ar, e daí vamos ter a emissão de som.¹¹
- E por último, não menos importante, o sistema respiratório também está relacionado com a regulação do PH, nós podemos ter um PH normal, um PH ácido ou um PH básico, e isso pode estar relacionado a quantidade de gás carbônico, que pode ser muito elevada, provocando um PH mais ácido ou muito baixa provocando um PH básico.¹⁰

Resumo da mecânica ventilatória

Inspiração e Expiração

Inspiração e Expiração, entrada e saída de ar respectivamente.

Pressões pulmonares

pressão alveolar: é a pressão encontrada dentro dos alvéolos.

pressão intrapleural: é a pressão entre as pleuras, sempre é negativa, sendo que durante a inspiração se torna mais negativa, já durante a expiração é menos negativa.

Elastância e Resistência

elastância é a pressão de retração (grosseiramente é a "tendência do pulmão em não querer se distender")

o sistema respiratório é composto por uma série de tubos de tamanhos diferentes, onde temos uma força de oposição que chamamos de resistência (relacionada ao tipo de fluxo, a viscosa tecidual...) e tudo que aumenta o atrito nas vias aéreas, aumenta a resistência. Ex.: muco...

A complacência se refere a distensibilidade pulmonar

o **pulmão mais complacente** para atingir um determinado volume, por exemplo: um volume de 500ml, ele vai precisar de uma menor pressão quando comparado ao **pulmão menos complacente**, que vai precisar de uma maior pressão para atingir o mesmo volume.

Volumes e capacidades pulmonares

VC = Volume corrente

VRI = Volume de reserva inspiratório

VRE = Volume de reserva expiratório

VR = Volume residual

CI = Capacidade inspiratória

CV = Capacidade vital

CRF = Capacidade residual funcional

CPT = Capacidade pulmonar total

CV = VC + VRI + VRE ou seja: **CV = CI + VRE**

CPT = CV + VR ou **CPT = CI + CRF**, é a soma de todos os volumes VC + VRI + VRE + VR

CRF = VRE + VR

CI = VC + VRI

Relação com a lei de Boyle : numa temperatura constante, a pressão de um gás é inversamente ao seu volume, ou seja, $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$. Ex. diante da contração muscular durante a inspiração, temos o aumento do volume, então a pressão cai (queda da pressão alveolar) e a pressão intrapleural fica mais negativa. Já durante a expiração, com o relaxamento do músculo e o recuo elástico, ocorre a diminuição do volume, a pressão aumenta (pressão alveolar positiva) e a pressão intrapleural fica menos negativa.^{16, 24}

Descrição do vídeo - mecânica ventilatória

Fala galera, hoje iremos falar sobre a mecânica ventilatória, e antes de aprofundar nesse assunto, é necessário relembrar o que é a ventilação pulmonar, e a ventilação pulmonar se refere a entrada e a saída de ar dos pulmões, ou seja, inspiração e expiração, sendo que para esse processo ocorrer de forma adequada, **vai depender de vários fatores**, não é só dos músculos, vai depender das vias aéreas preservadas, vai depender do centro respiratório que fica ali no tronco encefálico, vai depender da medula espinhal que vai conduzir o impulso nervoso, do neurônio motor, da placa motora e do músculo em si, então qualquer problema nessas regiões, consequentemente pode alterar a ventilação pulmonar. Até uma postura pode influenciar, como é o caso do paciente com cifoescoliose severa, podendo ter a diminuição da expansão torácica. Então essa breve explicação só foi para entendermos que não depende só dos músculos, e é importante ter essa visão, porque nós conseguimos associar a ventilação com essas estruturas. (exemplos demonstrados no vídeo)⁹

Fonte: adaptada de Ramos Gómez LA y Benito Vales S. Fundamentos de la Ventilación Mecánica.

Onde na inspiração, o diafragma tem grande participação, esse músculo tem o formato de cúpula, e quando o diafragma se contrai, vai empurrando as vísceras abdominais para baixo e aumentando o diâmetro da caixa torácica, isso é importante porque o ar vai passar pelas vias aéreas, alcançar os pulmões e vamos ter o aumento do volume pulmonar nesta região, **então eu preciso do aumento desse diâmetro**; também vamos ter a participação dos intercostais externos porque eles vão elevar as costelas, aumentando o diâmetro na região torácica. Agora se o indivíduo estiver realizando uma atividade de grande esforço como uma corrida, daí só a contração do diafragma e dos intercostais externos não vão ser suficientes, vamos precisar dos músculos que chamamos de músculos acessórios da inspiração, que são: **esternocleidomastóideo, escalenos, peitoral menor e serrátil anterior**. Embora tenham origens e inserções diferentes, quando se trata de ventilação, todos vão atuar aumentando o diâmetro da caixa torácica.^{18,24}

Já na expiração, o diafragma relaxa, vai retornando ao seu formato inicial e vai subindo, outra coisa que contribui é a retração elástica dos próprios pulmões, grosseiramente falando é como se o pulmão fosse um "elástico", quando você estica o elástico, ele tende a "retrair". Note que é algo passivo, não é necessária a contração muscular, agora se o indivíduo estiver realizando um exercício, como uma corrida na esteira, só o relaxamento do diafragma e a retração elástica não vão ser suficientes, vamos precisar dos músculos da região abdominal e os intercostais internos.

Fonte: adaptada de Kenhub

- Agora atenção, esse processo de inspiração e expiração estão relacionados a diferença de pressão, que também é chamada de **gradiente pressórico**, o que isso significa? Significa simplesmente que para ter movimento do gás, para dentro ou para fora do nosso corpo, a pressão interna tem que ser diferente da pressão externa. Quem é a pressão interna? é a pressão alveolar. E quem é pressão externa? é a pressão atmosférica.^{14,16}

VENTILAÇÃO

- pressão intrapleural mais negativa;
- maior gradiente de pressão transmural;
- alvéolos maiores e menos complacentes;
- menos ventilação.

- pressão intrapleural menos negativa;
- menor gradiente de pressão transmural;
- alvéolos menores e mais complacentes;
- maior ventilação.

PERFUSÃO

- menor pressão intravascular;
- menor recrutamento e distensão;
- maior resistência;
- maior fluxo sanguíneo.

- maior pressão vascular;
- maior recrutamento e distensão;
- menor resistência;
- maior fluxo sanguíneo.

resumo das diferenças regionais na ventilação e perfusão no indivíduo em posição ortostática

Fonte: adaptada de Lange Physiology series, Pulmonary Physiology, Michael G. Levitzky, 7 ed, © 2007

Então podemos concluir dizendo que: para gerar volume é necessário um **gradiente pressórico**. Um gradiente que vença o componente resistivo e o componente elástico. A resistência do tecido normalmente contribui com cerca de 20% da resistência pulmonar, e a resistência das vias aéreas é responsável pelos outros 80%.¹⁴

- **Gradiente de pressão transrespiratória**- É a diferença entre a pressão alveolar e a pressão na abertura das vias aéreas. $P_{rs} = P_{alv} - P_{ao}$.
- **Gradiente de pressão transpulmonar** - É a diferença entre a pressão alveolar e a pressão intrapleural. $P_{tp} = P_{alv} - P_{pl}$.
- **Gradiente de pressão transtorácica** - É a diferença entre as pressões intrapleural e superfície corporal. $P_w = P_{pl} - P_{sc}$.

Para o volume ser gerado precisa de fluxo, mas também de tempo:⁷

$$V = F \times T$$

A diferença de pressão gera fluxo de gás, mas esse fluxo precisa de tempo para atingir os alvéolos:¹⁶

$$F = \frac{P_{atm} - P_{alv}}{R}$$

o fluxo é proporcional a diferença de pressão
o fluxo é inversamente a resistência

E na ventilação mecânica ?

A lógica é que se tem o aumento da pressão, espera-se também que o volume aumente, é por isso que quando se trata da ventilação mecânica, alguns profissionais pensam em aumentar a pressão para que o pulmão do paciente tenha maior volume, NO ENTANTO, o fluxo precisa de tempo para atingir os alvéolos, se o tempo inspiratório é muito curto, a pressão com finalidade de gerar volume pode estar sendo desperdiçada... e claro, há casos e casos...

Obs. quanto maior for a pressão transpulmonar ($P_{tp} = P_{alv} - P_{pl}$) mais distendido está o alvéolo. Veja abaixo um estudo interessante:

Fonte: adaptada de Jeremy R. Beitler, MD, MPH e colaboradores (2016)

Então o indivíduo com obesidade severa por ter uma pressão intrapleural maior, gera uma tensão transpulmonar menor e os pulmões estão submetidos a um stress menor, seria um fator de proteção pulmonar? E por falar de pressão, olhando para a curva volume-pressão, devemos recordar que a pressão excessiva pode provocar inflamação no alvéolo devido ao stress, em caso extremo o barotrauma (ruptura alveolar por excesso de pressão), então observe abaixo:

Fonte: adaptada de M. Vargas e colaboradores (2014)

Note que com o aumento da pressão, tem-se o aumento do volume, onde acima do segundo ponto de inflexão, nós temos a sobredistensão (distensão em excesso), determinando um menor ou nenhum aumento no volume pulmonar. O que é diferente do primeiro ponto de inflexão, representando a pressão necessária para que os alvéolos não fiquem colapsados.²³

E na ventilação mecânica, a pressão que está relacionada a pressão alveolar é chamada de pressão de platô, então veja que na figura ao lado direito tem duas pressões: uma chamada de pico e a outra de platô, não vamos detalhar isso agora, mas pela lógica já podemos entender que o barotrauma está relacionado ao aumento excessivo da pressão de platô.⁴

Fonte: adaptada de Carvalho e colaboradores (2007)

Descomplicando a complacência pulmonar

- esse vídeo não é o mais belo
- o local gravado não foi o mais apropriado

Foram mais de 20 tentativas na casa da minha avó e um dos motivos para ter dado errado no início foi porque o carro de frutas e legumes estavam passando na rua kkkkk

**Até quando você vai se limitar ?
chegou a hora de dar o primeiro passo**

clique no ícone ou faça a leitura do QR Code e você será direcionado ao vídeo

Descrição do vídeo dos ciclos ventilatórios

Fala galera, hoje iremos falar sobre os ciclos ventilatórios, que se refere a repetição regular do processo de inspiração e expiração, pois a todo momento estamos inspirando e expirando, sendo que nós temos 3 tipos de ciclos ventilatórios: o espontâneo, o controlado (mandatório) e o assistido.⁴

- O espontâneo é gerado pela atividade do centro respiratório;
- Já no ciclo controlado, o paciente não tem condições de realizar esse processo, geralmente são pessoas que estão sedadas e precisam do auxílio de uma máquina chamada de ventilador mecânico;
- No ciclo assistido o paciente até tem atividade neuromuscular, inicia o ciclo ventilatório, mas também vai precisar do auxílio do ventilador mecânico.

É comum as pessoas chamarem de modo espontâneo, o modo PSV, onde o ciclo ventilatório depende do paciente, mesmo estando ainda na UTI com o ventilador mecânico, porque ele tem atividade do centro respiratório, mas isso nós vamos ver detalhadamente na aula de modos ventilatórios.⁴

Note que a diferença desses ciclos nos pacientes que estão na UTI comparada a mim, é o ventilador mecânico, e isso vai fazer com que o ciclo se torne especial, então temos a fase inspiratória e a fase expiratória, mas também temos o disparo e a ciclagem. O disparo marca o início do ciclo ventilatório, e a ciclagem marca a mudança da fase inspiratória para a fase expiratória, então basicamente é isso, sendo que esse processo precisa estar registrado em gráfico no monitor do ventilador mecânico, que é para o profissional saber como se encontra este ciclo ventilatório, e agora eu quero fazer uma comparação simples para clarear as coisas:⁴

- quando tem vestibular, o ENEM por exemplo. Todos os participantes têm o propósito de realizarem as provas e essas pessoas podem ir ao local de bicicleta, carro, andando... de diferentes formas, mas o propósito é chegar antes que o portão se feche e realizarem as provas, assim é no ciclo ventilatório, o disparo tem o propósito de marcar o início do ciclo, **mas esse disparo pode ser a tempo, a fluxo ou a pressão, vai depender do estado de cada paciente e do modo ventilatório.** E a ciclagem? Na ciclagem também, a ciclagem pode ser a tempo, a fluxo, a volume. (a pressão em ventilador antigo, ex.: bird Mark 7).⁴

Fonte: adaptada de Carvalho e colaboradores (2007)

Então vamos lá, primeira pergunta:

- **Como ocorre o disparo no ciclo controlado?** ocorre a tempo, porque o ventilador vai disparar se baseando na frequência respiratória preestabelecida.¹²

– como assim? o profissional vai predeterminar uma FR, por exemplo: 15 ipm, isso significa que o ventilador vai disparar a cada 4 segundos, ou seja, a cada 4 segundos temos um ciclo ventilatório, como é que eu sei? Lembre-se que 1 min tem 60 segundos, e a FR é de 15 ipm, fazendo o cálculo: $60/15 = 4$ segundos, concluindo que em 1 min temos 15 ciclos de 4 segundos.⁷

Fonte: adaptada de Carvalho e colaboradores (2007)

- **E como ocorre o disparo no ciclo assistido ou espontâneo?** nesses ciclos o disparo vai ser a fluxo ou a pressão, e isso está relacionado ao limiar de sensibilidade.¹²

O limiar de sensibilidade está relacionado ao esforço do paciente para ter o início do ciclo ventilatório. No disparo a pressão, o paciente faz o esforço e temos a queda da pressão, se esse esforço é o suficiente, atinge o limiar de sensibilidade e o ventilador detecta, então vamos ter o ciclo ventilatório. Já no disparo a fluxo, temos um fluxo contínuo partindo da válvula inspiratória para a válvula expiratória, se o paciente desvia esse fluxo e o ventilador detecta, vai ter o ciclo ventilatório.¹²

Fonte: adaptada de Carvalho e colaboradores (2007)

Fonte: adaptada de Carvalho e colaboradores (2007)

Observação: se o esforço do paciente for insuficiente para atingir o limiar de sensibilidade, o disparo vai ser a tempo, baseando-se na FR.⁴

DISPARO A PRESSÃO

Partindo para a ciclagem, lembrando que a ciclagem é a mudança da fase inspiratória para a fase expiratória, podendo ser:

- Ciclagem a tempo: ocorre quando o tempo predeterminado for atingindo.
- Ciclagem a volume: ocorre quando o volume predeterminado for atingido.
- Ciclagem a fluxo: ocorre quando o fluxo inspiratório cai atingindo níveis predeterminados.
- Ciclagem a pressão: utilizada em ventilador antigo como o Bird Mark 7, ocorre quando a pressão predeterminada é atingida.⁷

CICLO VENTILATÓRIO

Descrição do vídeo da insuficiência respiratória

Olá anatômicos, hoje iremos revisar sobre a insuficiência respiratória, que é a incapacidade de realizar trocas gasosas normais, e **essa troca gasosa ocorre entre o alvéolo e o sangue; e a ventilação pulmonar é simplesmente a entrada e saída de ar dos alvéolos**, e é importante saber disso porque um problema na ventilação pulmonar pode levar a insuficiência respiratória, mas nem toda insuficiência respiratória é provocada por alteração da ventilação pulmonar. No paciente que tem tromboembolismo pulmonar (TEP) por exemplo, supondo que temos um trombo obstruindo o vaso sanguíneo, isso prejudica o fluxo sanguíneo e consequentemente a troca gasosa entre o alvéolo e o sangue, podendo levar esse paciente a insuficiência respiratória, e ainda digo mais, **as vezes o paciente tem adequada ventilação, adequada troca gasosa, mas tem o comprometimento na oferta de oxigênio ao tecido**.

Lembre que o sangue vai ser espalhado pelo corpo para oxigenar os tecidos e esse **transporte de oxigênio ao tecido é feito em grande parte pela hemoglobina**, se o paciente tem baixa concentração de hemoglobina, ele pode ter o que chamamos de hipóxia anêmica, que é a baixa concentração de oxigênio no tecido por causa da baixa concentração de hemoglobina. Aí o profissional pode achar que vai resolver fornecendo simplesmente oxigênio, mas o maior problema é a baixa concentração de hemoglobina.

- então fica a DICA: fornecer oxigênio **não significa que o oxigênio vai passar do alvéolo para o sangue** e ainda chegar no tecido.

Aí você pode se perguntar:

– como eu vou saber se o problema é de ventilação, troca gasosa ou na oferta de oxigênio ao tecido? É para isso que existe o gradiente alvéolo–arterial, a SpO_2 , a oferta de oxigênio ao tecido, e logo após aprenderemos um pouco mais porque envolve cálculo.

Dando continuidade, a insuficiência respiratória pode ser classificada em insuficiência respiratória tipo 1, também chamada de hipoxêmica, porque é caracterizada pela diminuição da pressão arterial parcial de oxigênio (PaO_2) e a insuficiência respiratória tipo 2, também chamada de hipercápica, porque é caracterizada pela elevação da pressão arterial parcial de dióxido de carbono ($PaCO_2$). E o paciente ainda pode ter a insuficiência respiratória mista, acompanhada tanto da hipoxemia quanto da hipercapnia.²⁴

Eu vou começar falando das causas que levam a hipoxemia e no decorrer irei relacionar com a hipercapnia, por que ? porque tem coisas que estão interligadas. A hipoxemia pode ser ocasionada por 4 :²⁴

- shunt
- limitação da difusão
- hipoventilação
- desequilíbrio V/Q

Sendo que a hipoventilação está ligada tanto a hipoxemia quanto a hipercapnia e o desequilíbrio V/Q pode ser acompanhado pela hipercapnia.

Vamos iniciar pelo shunt onde iremos fazer uma observação importante. O que é o shunt? o shunt é quando o sangue passa por uma região pulmonar não ventilada. DESCOMPLICANDO:²⁴

- Vamos supor que o paciente tem atelectasia com colapso total do alvéolo, falando grosseiramente, o alvéolo está “fechado”, deixou de ter ar, deixou de ser ventilado, assim quando o sangue passa por essa região, não é oxigenado porque o alvéolo está colapsado, isso é o shunt, **o fluxo sanguíneo passa por uma região não ventilada**. É só na atelectasia que isso acontece? –não, pode ser que esse alvéolo em vez de estar colapsado, esteja cheio de secreção, ou seja, também sem ventilação, mas com a presença do fluxo sanguíneo, isso também é shunt. Uma observação muito importante sobre shunt é que é **a única causa de hipoxemia em que mesmo se for fornecido 100% de O_2 ao paciente, a PaO_2 não se eleva ao nível esperado**.²⁴

Na próxima causa de hipoxemia temos a **limitação de difusão**, onde como o nome diz, vamos ter algo limitando a difusão, como a fibrose pulmonar, o edema intersticial decorrente de insuficiência cardíaca, Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA) e quando falamos de difusão lembramos da **lei de fick**, que afirma que a transferência de um gás de uma região para outra região, é proporcional a área, a diferença de pressão e inversamente a espessura. Isso quer dizer primeiramente que **a diminuição da área alveolar afeta a difusão**. O segundo ponto é que **a diferença de pressão de gás facilita a difusão**, pois no alvéolo temos uma maior concentração de oxigênio, em contrapartida, no sangue temos uma maior concentração de gás carbônico, então temos maior quantidade de gás de um lado e menor quantidade de gás do outro, mas se houver o distanciamento entre o alvéolo e o capilar decorrente de um edema intersticial, a difusão é prejudicada. **E o terceiro ponto é que a difusão é inversamente a espessura**, pois se temos uma maior espessura entre o alvéolo e o capilar, a difusão vai ser prejudicada, um exemplo é a fibrose pulmonar.²⁴

Então falamos do shunt e da limitação da difusão, vamos partir para hipoventilação, que é uma ventilação muito baixa (lembrando que a ventilação alveolar pode ser aumentada ao elevar o volume de ar corrente e/ou a FR – ou ambos) onde a PaO_2 cai e a $PaCO_2$ se eleva, isso pode ser resultante de uma paralisia dos músculos que atuam na ventilação, danos na parede torácica, drogas como a morfina que deprimem o estímulo central aos músculos. E a observação que fazemos aqui é que a hipoventilação está relacionada tanto com a hipoxemia quanto com a hipercapnia.²⁴

Fonte: adaptada de American Nurse Today (2014)

Depois temos o desequilíbrio V/Q, observem que na imagem acima, no número 1 temos o ar chegando e saindo do alvéolo (ventilação) e o vaso sanguíneo simbolizando a presença do fluxo de sangue que é distribuído no pulmão (perfusão). Já na segunda imagem, temos algo obstruindo parcialmente a via aérea, pode ser um muco por exemplo, e isso daí já está prejudicando a ventilação, provocando um desequilíbrio entre a ventilação e a perfusão, que é o chamado desequilíbrio V/Q. Já no outro exemplo, temos um colapso total, esse daí é o shunt, que já falamos.^{8,24}

Fonte: adaptada de WEST, John B, Fisiologia Respiratória: princípios básicos, 8ª ed. Artmed, 2010

E por último temos o espaço morto que é diferente do shunt, porque enquanto no shunt o sangue passa pela área não ventilada, no espaço morto tem a chegada de ar, mas por alguma razão não tem o fluxo sanguíneo naquela região, por exemplo: obstrução completa do vaso sanguíneo decorrente do TEP (tromboembolismo pulmonar).²⁴

Já a insuficiência respiratória tipo 2, pode ser causada por duas coisas: o desequilíbrio V/Q e a hipoventilação. Onde já falamos de ambas. (explicação no vídeo)

oferta de oxigênio ao tecido

A oferta de oxigênio ao tecido depende do débito cardíaco e do conteúdo arterial de oxigênio. Onde o débito cardíaco é resultante do volume sistólico multiplicado pela frequência cardíaca, ou seja, é o volume de sangue bombeado em 1 min. Já o conteúdo arterial de oxigênio tem uma parte relacionada à saturação e outra a PaO_2 .

Cerca de 98% do oxigênio é transportado pela hemoglobina, isso significa que a saturação é muito importante.

DO_2 = oferta de oxigênio ao tecido

$$DO_2 = DC \times CaO_2$$

VS x FC

$$CaO_2 = 1,34 \times Hb \times SaO_2 + 0,0031 \times PaO_2$$

Fonte: adaptada de WEST, John B, Fisiologia Respiratória: princípios básicos, 8ª ed. Artmed, 2010

Já que estamos falando da oferta de oxigênio ao tecido, não podemos nos esquecer da curva de dissociação oxigênio-hemoglobina. Quando a curva se desloca para a direita, a hemoglobina perde a afinidade pelo oxigênio (lembre-se da analogia, o anel na mão direita significa noivado), por que lembrar disso? Porque quando a curva se desloca para a esquerda, ocorre o aumento da afinidade da hemoglobina pelo oxigênio (mão esquerda é a do casamento, maior afinidade).²⁴

Para uma mesma PaO_2 , a saturação pode não ser a mesma

Fonte: adaptada de WEST, John B, Fisiologia Respiratória: princípios básicos, 8ª ed. Artmed, 2010

obs.: na ventilação não-invasiva (VNI), não requer cirurgia ou tubo inserido nas vias aéreas. Mas um dos assuntos escolhidos para ser abordado foi os modos ventilatórios na ventilação mecânica invasiva, é o que iremos focar.

Descrição do vídeo de modos ventilatórios

Olá anatômicos, hoje iremos falar sobre os modos ventilatórios.

E o que são esses modos ventilatórios ?

Sabe quando uma pessoa não tem condições de inspirar e expirar sozinha? ou seja, ela não consegue realizar a ventilação, e **daí uma máquina vai realizar esse trabalho por ela, seja totalmente ou parcialmente**. Essa máquina é o ventilador mecânico, e através dele podemos fornecer essa ventilação de modos diferentes. Daí vem o que chamamos de modos ventilatórios.

Então os modos ventilatórios são recursos importantes encontrados no ventilador mecânico, porque é justamente esses modos que irão definir como os ciclos ventilatórios vão ser iniciados, mantidos e finalizados, onde na aula passada vimos que o ciclo pode ser espontâneo, assistido ou controlado.⁷

Temos aí 3 modos ventilatórios básicos:

- ventilação com controle de volume assistido/controlado (**VCV A/C**)
- ventilação com controle de pressão assistido/controlado (**PCV A/C**)
- ventilação com pressão de suporte (**PSV**)

Esse **A/C** que estamos vendo é porque o ciclo pode ser assistido ou controlado, que foi o que vimos na aula passada.

CICLO VENTILATÓRIO

Vamos começar pelo modo VCV, onde a ciclagem é a volume. Isso quer dizer que nesse modo ventilatório, o profissional vai predeterminar no ventilador mecânico um volume, quando esse volume for atingido, vai ocorrer a ciclagem, que é a mudança da fase inspiratória para a fase expiratória. E o que tem a ver o volume com a mudança da fase inspiratória para a fase expiratória? Lembre-se que **quando inspiramos, temos um aumento do volume pulmonar e logo em seguida vem a expiração com a diminuição do volume pulmonar**, essa é a relação das fases com o volume. Sendo que no caso do paciente que não está inspirando e expirando sozinho, mas com auxílio do ventilador, o volume vai ser predeterminado no ventilador mecânico, e não é um volume aleatório ou uma receita de bolo, o volume é baseado no que chamamos de peso predito.

Onde temos o cálculo para homens e outro para mulheres. Depois que fazemos o cálculo, multiplicamos entre 6–8 ml/kg, no ajuste inicial é recomendado 6 ml/kg. Em injúria pulmonar grave, esse VT 6 ml/kg pode ser menor, **lembre-se que a complacência do pulmão também depende do seu tamanho. Ex.: paciente com “baby lung”.**

Cálculo para saber o peso predito:³

Homens: $50 + 0,91 \times (\text{altura em cm} - 152,4)$

Mulheres: $45,5 + 0,91 \times (\text{altura em cm} - 152,4)$

PROTEÇÃO:

É importante considerar a pressão de platô $\leq 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ e o limite especulativo da driving pressure $\leq 15 \text{ cmH}_2\text{O}$

supondo que o peso predito deu 60, multiplicando por 6ml/kg, o volume predeterminado no ventilador seria: **360 ml**

Já que nesse modo VCV, o ciclo pode ser assistido ou controlado, significa dizer que o ciclo pode ser iniciado pelo paciente ou pelo ventilador mecânico. Se o esforço do paciente atinge o limiar de sensibilidade, ocorre o disparo e tem o início do ciclo ventilatório. Caso o esforço do paciente seja insuficiente, o ventilador vai iniciar o ciclo de acordo com a FR preestabelecida.^{4,7}

Então o que podemos ajustar? FR, VT, fluxo inspiratório, PEEP, fração inspirada de oxigênio (FiO_2) e sensibilidade inspiratória⁷

Vamos lembrar o que é esse fluxo? é o deslocamento do volume de um ponto para outro, ou seja, do ventilador para o paciente, onde esse volume vai ser entregue em um determinado tempo. É muito importante também saber que aumentando o pico de fluxo, diminuímos o tempo inspiratório, porque eles são inversamente proporcionais.⁷

O fluxo tem algo que chamamos de formas de ondas, temos a onda quadrada, descendente, ascendente e sinusóide.⁴

Fonte: adaptada de Carvalho e colaboradores (2007)

Na prática clínica, é dada a preferência da forma quadrada e descendente, pois a quadrada permite a monitorização da mecânica respiratória, e a descendente proporciona melhor distribuição do ar inspirado.⁴

Algumas considerações:

Já que não controlamos a pressão no modo VCV, é importante ter a monitorização das pressões de pico e platô.⁷

Também é importante verificar a diferença entre o volume inspiratório e expiratório, pois pode ser que o balonete ou cuff esteja desinsuflado, pouco insuflado ou roto, a cânula traqueal pode estar mal posicionada, deixando o cuff em região glótica, pode ter vazamentos pelo circuito, devido a peças mal-encaixadas, roturas ou rachaduras, fístulas broncopleurais²²

Descrição do vídeo dos modos PCV e PSU

Fala galera, dando continuidade ao assunto de modos ventilatórios, vamos falar agora do modo PCV, que é a ventilação com controle da pressão. Diferente do modo VCV, que controlamos o volume, o fluxo é fixo e a pressão é variável, aqui vai ser ao contrário, vamos controlar a pressão, pois o volume e o fluxo não são controlados.⁴

É por isso que o profissional vai predeterminar a pressão no ventilador mecânico, e essa pressão vai ser atingida em um determinado tempo inspiratório, sendo assim, nesse modo vamos ter o ajuste do tempo inspiratório ou a relação entre tempo inspiratório e expiratório, vamos ter também o ajuste da FR, da PEEP, a FiO_2 , sensibilidade e o limite da pressão inspiratória. Algo interessante nesse modo ventilatório, é que nós temos uma coisa a mais para ajustar, que é o tempo de subida, também chamado de rise time, refere-se ao tempo de subida da pressão até ao limite pressórico (a pressão que foi predeterminada no ventilador mecânico).⁷

- Obs.: o tempo de inspiração tem influência na retenção de gás carbônico. Por exemplo: Tempo inspiratório longo = Tempo expiratório curto = pode ocasionar retenção de CO_2 e auto-PEEP = acidose respiratória, MAS devemos dar uma atenção especial ao volume minuto.

O aumento do volume minuto tende a reduzir a $PaCO_2$, por outro lado, qualquer coisa que diminua o volume minuto tende a aumentar a $PaCO_2$. Lembre-se: o paciente pode estar retendo CO_2 por causa da hipoventilação, onde a "parte expiratória" pode estar tocando a linha de base normalmente; e mesmo assim ter retenção de CO_2 devido ao volume minuto baixo por consequência, por exemplo, de um volume corrente "protetor", então a $PaCO_2$ não é algo que está relacionado só ao tempo de expiração, mas ao volume minuto, a questão metabólica (ex.: febre) e até o espaço morto (mais espaço morto = mais CO_2).

MAS já que o volume nesse modo é variável, ele vai depender de quê ?

– Vai depender:

- pressão inspiratória preestabelecida
- impedância do sistema respiratório
- tempo inspiratório
- E ainda se o ciclo for assistido, também vamos ter a influência do esforço do paciente, ou seja, o volume também é influenciado pela pressão muscular gerada pelo paciente⁴

A ventilação com pressão de suporte (PSV) é um modo de ventilação considerado espontâneo, em que o ventilador mecânico assiste o esforço inspiratório do paciente através da pressão positiva preestabelecida.⁴

Diante da inspiração ocorre o aumento do volume pulmonar, e logo após vamos tendo queda do fluxo inspiratório até um determinado percentual, geralmente 25% do seu valor máximo atingido (pico de fluxo inspiratório), determinando o início da expiração, ou seja, a ciclagem (mudança da fase inspiratória para a fase expiratória). Obs.: em alguns ventiladores mais modernos o percentual de ciclagem pode ser regulado de 5 a 80%.^{7, 6}

No modo PSV, os ciclos ventilatórios são disparados pela detecção do esforço do paciente, ou seja, depende do seu drive respiratório.⁴

E vamos ter o ajuste da pressão de suporte, FiO_2 , PEEP e rise time, porque o VT, a FR, o tempo inspiratório, o tempo expiratório e o fluxo inspiratório vão ser dependentes do esforço do paciente, estando diretamente relacionado com a impedância do sistema respiratório. Os níveis de PS devem ser ajustados de modo que se atinja um VT em torno de 6 mL/Kg de peso predito.⁷

Deve-se ter cuidado com a ocorrência de pico de fluxo excessivo (overshoot).³

Atenção:

níveis excessivos de pressão de suporte podem gerar atrofia muscular semelhante a modos controlados

Deve-se evitar a superassistência e subassistência

Apesar de usar o volume para ajuste da pressão de suporte, você pode concordar comigo que o paciente pode ter um volume ideal a custo de muito suporte ou até mesmo a custo de esforço excessivo? O problema é que níveis excessivos de pressão de suporte podem gerar atrofia muscular semelhante a modos controlados.

Sendo assim, alguns estudos apontam também que é importante verificar a FR e a $P_{0.1}$ para evitar a superassistência ou subassistência.²¹

Bônus: VCV vs PCV ciclos controlados

demonstração no Xlung

The image shows a screenshot of the Xlung 2.0 software interface. On the left, there are three graphs: 'Mecânica Respiratória' (Respiratory Mechanics) showing pressure and volume over time, 'Curvas' (Curves) showing flow over time, and 'Ventilador' (Ventilator) showing various parameters. A text overlay on the graphs reads 'xlung 2.0 VCV vs PCV'. On the right, there is a large QR code. Below the QR code, there is a button labeled 'ON' and a small icon of a person.

Clique na imagem ou faça a leitura do QR Code e você será direcionado ao vídeo

Stress Index e Driving Pressure

Podemos analisar a curva pressão-tempo no ventilador mecânico em modo VCV com o fluxo quadrado (**fluxo constante**) e ausência do esforço do paciente. O SI serve para poder identificar a presença de sobredistensão, para evitar o colapso e reabertura cíclica dos alvéolos. Isso é importante para nos dar informações sobre modificar parâmetros no ventilador mecânico e evitar complicações.

Quando o SI = 1 ideal

Quando o SI > 1 sugere-se distensão excessiva, recomenda-se diminuir PEEP, VT ou ambos

Quando o SI < 1 sugere-se aumentar PEEP, pois há potencial de recrutamento¹²

Fonte: adaptada de Respiratory mechanics in mechanically ventilated patients

Bônus: O que é Driving pressure ?

$$DP = P_{plat} - PEEP \quad \text{ou} \quad DP = \frac{VT}{C_{sr}}$$

$\swarrow$ volume corrente
 $\nwarrow$ complacência

Quanto menor a complacência, diante de um mesmo volume, maior é a driving pressure. Onde a variação desse volume também pode influenciar na Driving pressure.

É a pressão de platô menos a PEEP total, isso SÓ PODE SER FEITO quando ocorre o equilíbrio de pressões entre a pressão de abertura das vias aéreas e os alvéolos. Onde o fluxo inspiratório cessa, atingindo o zero no eixo do fluxo. Em modo PCV, se o fluxo inspiratório não retorna ao zero, não podemos considerar que a pressão de pico é igual a pressão de platô, ou seja, quando o fluxo inspiratório atinge o ZERO = não há diferença entre Ppico e Pplatô.

A driving pressure representa a pressão de distensão, visa uma ventilação mecânica protetora.

clique na imagem ou faça a leitura do QR Code e você será direcionado ao vídeo

Bônus do prof. Daniel

Web série - UTI

Avaliação fisioterapêutica em UTI

clique no ícone ou faça a leitura do QR Code e você será direcionado a aula

Aula 1

Função mental

Aula 2

Função cardiovascular

Aula 3

Função respiratória

Aula 4

Função neuromioarticular

Agradecimentos

Desejo expressar minha gratidão a Deus, a minha família e também as minhas professoras por todos os seus ensinamentos, vocês são incríveis.

Livia Dantas

Fisioterapeuta intensivista

Nathalia Toledo

Fisioterapeuta intensivista

Evelin Batista

Fisioterapeuta intensivista

Sou grata ao professor Daniel Lago que disponibilizou os seus vídeos sobre a avaliação do paciente na UTI. Agradeço também ao professor Marcelo Alcantara que disponibilizou o vídeo VCV vs PCV para facilitar a aprendizagem e ao professor Ângelo Roncalli que disponibilizou o vídeo sobre a driving pressure.

Daniel Lago

Fisioterapeuta intensivista

Marcelo Alcantara

Médico intensivista e CEO da Klung

Ângelo Roncalli

Fisioterapeuta intensivista

Referências:

- 1- Amato, Marcelo B P et al. **"Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome."** The New England journal of medicine vol. 372,8 (2015): 747-55. doi:10.1056/NEJMsa1410639. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25693014/> Acesso em: 13/05/2021.
- 2- BEITLER, Jeremy R, MALHOTRA, Atul, THOMPSON, B. Taylor, **Ventilator-induced Lung Injury**, Clin Chest Med, Volume 37, edição 4, P. 633-646, Dezembro, 2016, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ccm.2016.07.004> Acesso em: 11/05/2021.
- 3- BROWER RG et al. **Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome.** The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. N Engl J Med, 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10793162/> Acesso em: 11/05/2021.
- 4- CARVALHO, Carlos Roberto Ribeiro, JUNIOR, Carlos Toufen, FRANCA, Suelene Aires. **III Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica, Ventilação mecânica: princípios, análise gráfica e modalidades ventilatórias**, J Bras Pneumol, p. 56-64, 2007; Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v33s2/ao2v33s2.pdf>.
- 5- DANGELO, José Geraldo, FATTINI, Carlo Américo, **Anatomia Humana Sistêmica e Segmentar**, 3ª ed. São Paulo: Atheneu, 2007.
- 6- **Diretrizes Brasileira de Ventilação Mecânica 2013**, Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT), Associação de Medicina Intensiva Brasileira - (AMIB). Versão Eletrônica Oficial, Disponível em: https://www.amib.org.br/fileadmin/user_upload/amib/2018/junho/15/Diretrizes_Brasileiras_de_Ventilacao_Mecanica_2013_AMIB_SBPT_Arquivo_Eletronico_Oficial.pdf Acesso em: 11/05/2021.
- 7- Faria LM, Gazola NLG, Biscaro RRM. **Modos ventilatórios básicos: Base física e características técnicas.** In: Associação Brasileira de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em terapia Intensiva; Martins JA, Reis LFF, Andrade FMD, organizadores. PROFISIO Programa de Atualização em Fisioterapia em Terapia Intensiva Adulto: Ciclo 7. Porto Alegre: Artmed Panamericana; 2017. P.121/44. (Sistema de Educação Continuada a Distância, v.4).
- 8- FOURNIER, Michelle, **Caring for patients in respiratory failure**, American Nurse Today, Volume 9, Número 11, Novembro, 2014; Disponível em: <https://myamericannurse.com/wp-content/uploads/2014/10/ant11-CE-Respiratory-Failure-1023b.pdf> Acesso em: 11/05/2021.
- 9- GÓMEZ, Luis A. Ramos, VALES, Salvador Benito, **Fundamentos de la Ventilación Mecánica**, 1ª ed. Editora: Marge Médica Books, 2012; Disponível em: https://kupdf.net/download/libro-fundamentos-de-ventilacion-mecanica_59e3fffd908bbc5c349e65cc5_pdf Acesso em: 11/05/2021.
- 10- GUYTON & HALL, **Tratado De Fisiologia Médica**, 12ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- 11- HANSEN, John T, Netter, **Anatomia para Colorir**, 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- 12- HESS, Dean R. **Respiratory mechanics in mechanically ventilated patients.** Respir Care. Novembro, 2014, volume 59, Número 11; Disponível em: <http://rc.rcjournal.com/content/59/11/1773> Acesso em: 11/05/2021.
- 13- KOULOURAS V, PAPATHANAKOS G, PAPATHANASIOU A, NAKOS G. **Efficacy of prone position in acute respiratory distress syndrome patients: A pathophysiology-based review.** World J Crit Care Med. 2016 May 4;5(2):121-36. doi: 10.5492/wjccm.v5.i2.121. PMID: 27152255; PMCID: PMC4848155.
- 14- LEVITZKY, Michael G, **Pulmonary Physiology**, 7ª ed. Editora: McGraw-Hill, 2007
- 15- MACHADO, Angelo B. **Neuroanatomia Funcional**, 2ª ed. Editora: Atheneu.
- 16- MARIEB, Eliane N, HOEHN, KATJA, **Human anatomy & Physiology**, 10ª ed. Editora: PEARSON.
- 17- NOGUEIRA et al. **Comunicação oficial – ASSOBRAFIR, COVID-19, uso de filtros na ventilação mecânica, Posicionamento para Utilização Efetiva e segura de Filtros nos pacientes em Ventilação Mecânica**; Disponível em: https://assobrafir.com.br/wp-content/uploads/2020/05/ASSOBRAFIR_COVID-19_Filtros_2020.05.11.pdf Acesso em: 11/05/2021.
- 18- PAULSEN, Friedrich, WASCHKE, Jens, Sobotta, **Atlas de Anatomia Humana: Quadros de Músculos, Articulações e Nervos**, 2ª ed. Rio de Janeiro: GUANABARA KOOGAN, 2012.
- 19- PORTO, Celmo Celeno, PORTO, Arnaldo Lemos, **Semiologia Médica**, 7ª ed. Rio de Janeiro: GUANABARA KOOGAN, 2014.
- 20- Pelosi P, Ball L. **Should we titrate ventilation based on driving pressure? Maybe not in the way we would expect.** Ann Transl Med. 2018 Oct;6(19):389. doi: 10.21037/atm.2018.09.48. PMID: 30460263; PMCID: PMC6212354. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6212354/> Acesso em: 13/05/2021.
- 21- SCHEPENS, Tom, DIANTI, Jose. **Diaphragm protection: what should we target?** Current Opinion in Critical Care, Fevereiro. Disponível em: https://journals.lww.com/co-criticalcare/Abstract/2020/02000/Diaphragm_protection__what_should_we_target_.7.aspx Acesso em: 11/05/2021.
- 22- Silveira LT, Fu C. **Modos convencionais de ventilação mecânica.** In: Associação Brasileira de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em terapia Intensiva; Guimarães FS, Martins JA, diretores acadêmicos. PROFISIO Programa de Atualização em Fisioterapia em Terapia Intensiva: Ciclo 1. Porto Alegre: Artmed Panamericana; 2010. P. 125/62. (Sistema de Educação Continuada a Distância, v.2).
- 23- VARGAS M et al. **PEEP Role in ICU and Operating Room: From Pathophysiology to Clinical Practice**, The Scientific World Journal. 2014; Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24719580/> Acesso em: 11/05/2021.
- 24- WEST, John B, **Fisiologia Respiratória: princípios básicos**, 8ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

obrigada Anatômico (a)

Amanda Rodrigues

**Autora do E-book e Diretora Business to
business/Businesses to consumer**

Livia Dantas

Fisioterapeuta intensivista/Revisora

FALA AÍ ANATÔMICO (A)

Clique no ícone ou faça
a leitura do QR Code e
você será direcionado:

espacoanatomico@gmail.com