

ULTRASSONOGRAFIA TORÁCICA - SJPOCUS

Luís Henrique Coletto

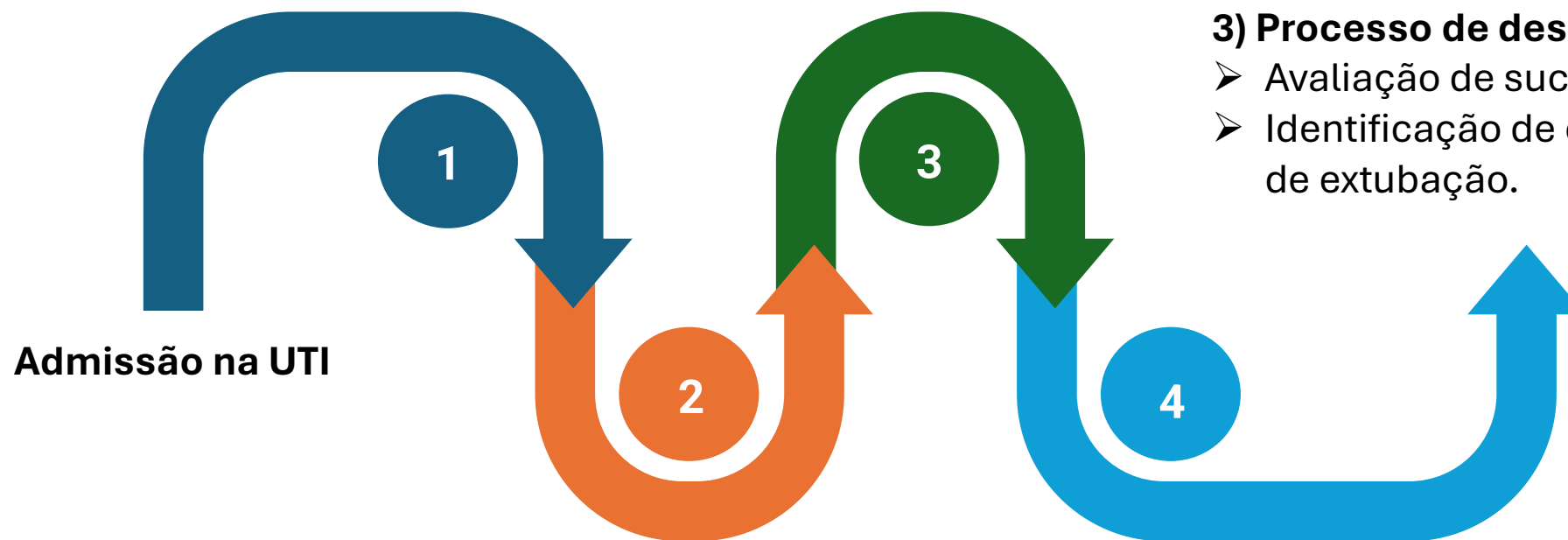
- Clínica Médica HMSJP / Plantonista da UTI Geral do Hospital do Trabalhador
- Professor da pós-graduação UP e graduação FPP – módulos de ultrassonografia focada
- Ultrassonografia Torácica pela European Respiratory Society (ERS) – 2023 e 2024
- Diretor da SJPOCUS e representante nacional da POCUS Certification Academy (PCA)

2) Monitorização durante VM

- Água pulmonar extravascular (APEV);
- Recrutabilidade e reaeração;
- Miopatia diafragmática.

3) Processo de desmame ventilatório

- Avaliação de sucesso no TER;
- Identificação de causadores de falha de extubação.



1) Avaliação inicial

- Abordagem diagnóstica: etiologia da IRpA;
- Definição prognóstica inicial.



BASES – AVALIAÇÃO PULMONAR

PRINCÍPIOS BÁSICOS

1

- Cada transdutor possuirá uma característica particular para o exame torácico;

2

- A caracterização da imagem depende do ajuste básico das principais configurações;

3

- O ultrassom não “vê” estruturas aeradas – exame pulmonar baseado em artefatos;

4

- Não penetra abaixo de estruturas ósseas.



TRANSDUTORES



Microconvexo



Linear



Setorial



Convexo





LINEAR

Análise de estruturas superficiais;

Pneumotórax;

Nódulos pleurais;

Visualização direta de musculatura diafragmática (espessamento e FED);

Procedimentos ecoguiados em tempo real.



CONVEXO

Análise de estruturas mais profundas;

Síndrome intersticial;

Consolidações;

Avaliação da excursão diafragmática;

Caracterização do derrame pleural pré-procedimento.



PASSO A PASSO INICIAL



1

Orientação cefálica;

2

Sinal do morcego – identificar pleura;

3

Deslizamento pleural;

4

Linhas A;

5

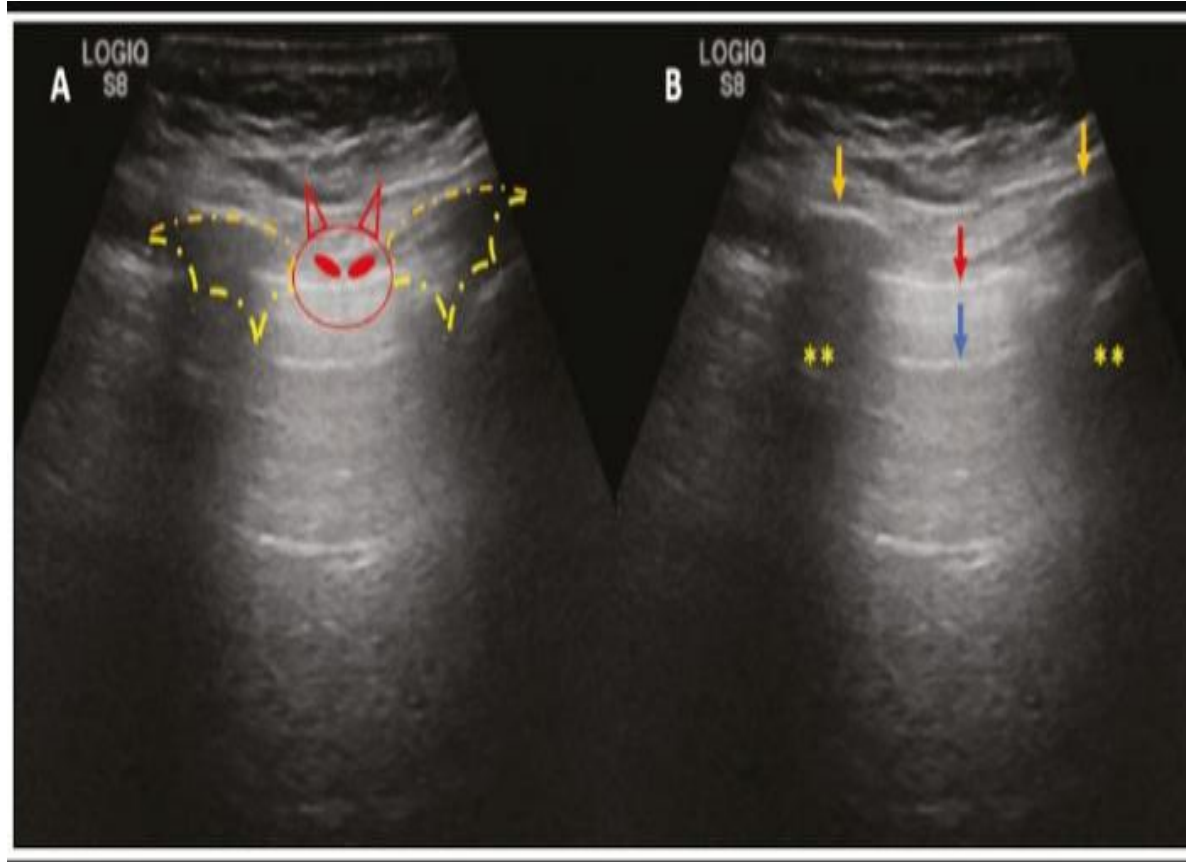
Linha B (até 2);

6

Alterações.



PASSO A PASSO INICIAL



1

Orientação cefálica;

2

Sinal do morcego-identificar pleura;

3

Deslizamento pleural;

4

Linhas A;

5

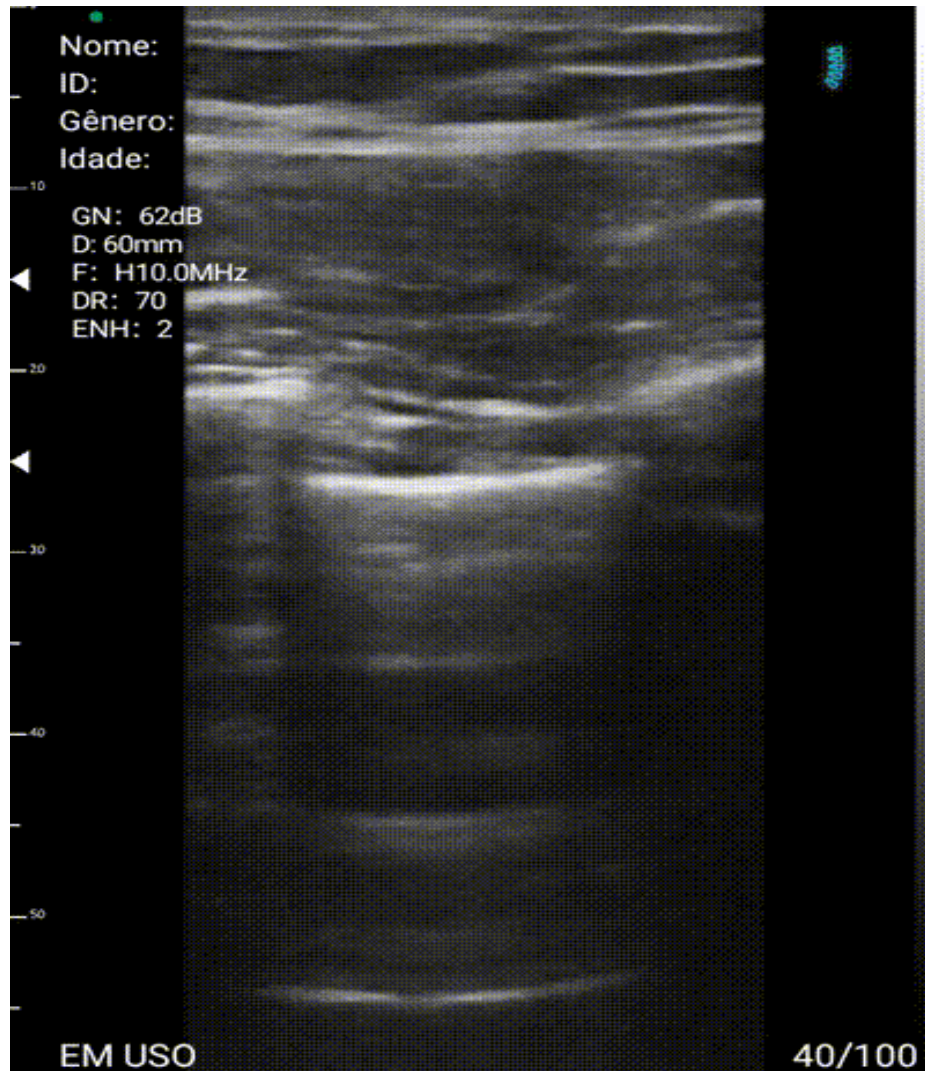
Linha B (até 2);

6

Alterações.



PASSO A PASSO INICIAL



1

Orientação cefálica;

2

Sinal do morcego – identificar pleura;

3

Deslizamento pleural – modo B;

4

Linhas A;

5

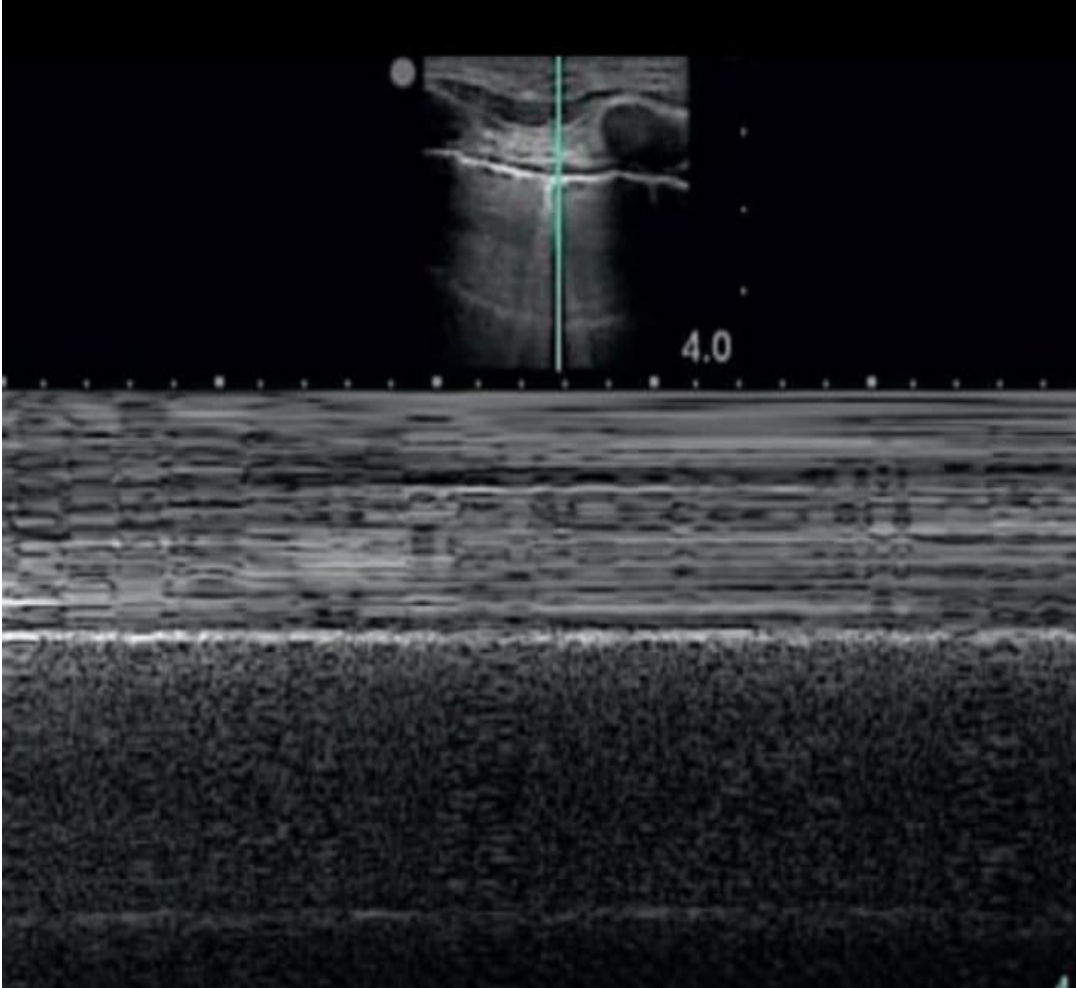
Linha B (até 2);

6

Alterações.



PASSO A PASSO INICIAL



1

Orientação cefálica;

2

Sinal do morcego – identificar pleura;

3

Deslizamento pleural – modo M;

4

Linhas A;

5

Linha B (até 2);

6

Alterações.



PASSO A PASSO INICIAL



1

Orientação cefálica.

2

Sinal do morcego – identificar pleura;

3

Deslizamento pleural;

4

Linhas A;

5

Linha B (até 2);

6

Alterações.



PASSO A PASSO INICIAL



1

Orientação cefálica.

2

Sinal do morcego – identificar pleura;

3

Deslizamento pleural;

4

Linhas A;

5

Linha B (até 2);

6

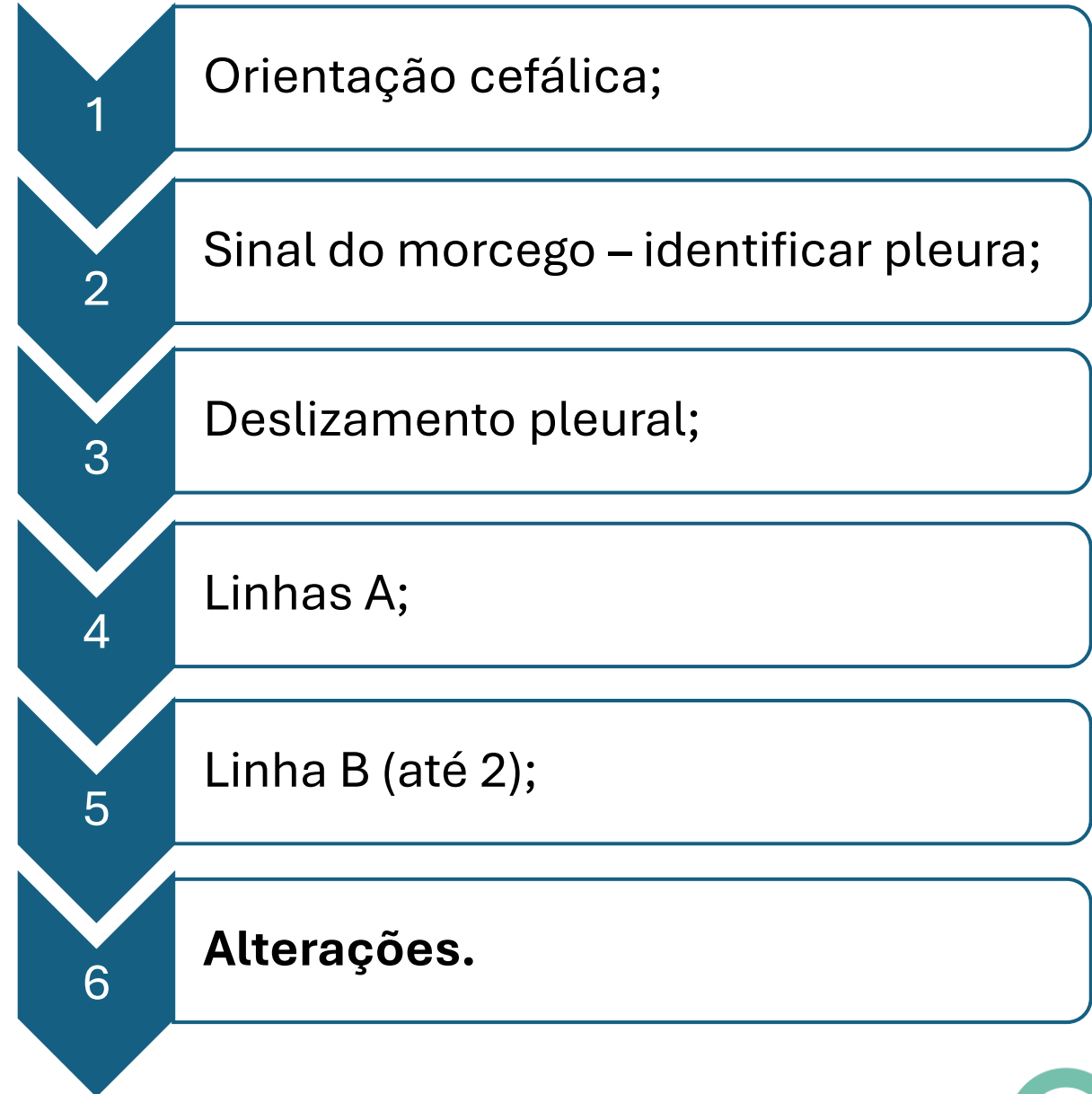
Alterações.



PASSO A PASSO INICIAL

ALTERAÇÕES PRINCIPAIS

- Ausência de deslizamento pleural e lung point;
- Deslizamento ausente + linha B;
- Linhas B patológicas;
- Consolidações;
- Derrame pleural.





1

EXAME NORMAL

- Deslizamento pleural modo B;
- Deslizamento modo M (areia da praia);
- Linhas A;
- Linhas B normal.

2

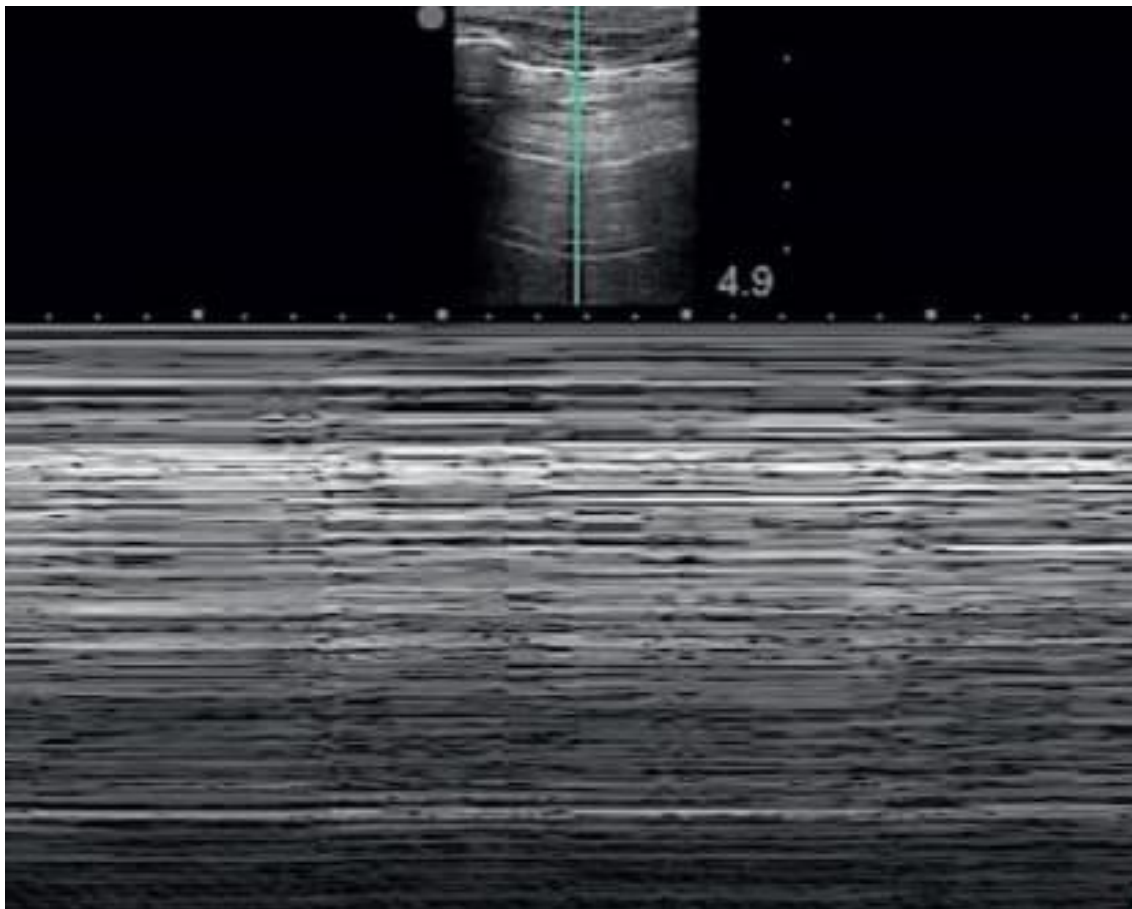
ALTERAÇÕES

- **Ausência de deslizamento modo B**
- Ausência no modo M (código de barras);
- Lung point;
- Linhas B patológicas;
- Linhas B + ausência de deslizamento;
- “Ver o pulmão”: consolidações.

3

PADRÕES DE ALTERAÇÃO





1

EXAME NORMAL

- Deslizamento pleural modo B;
- Deslizamento modo M (areia da praia);
- Linhas A;
- Linhas B normal.

2

ALTERAÇÕES

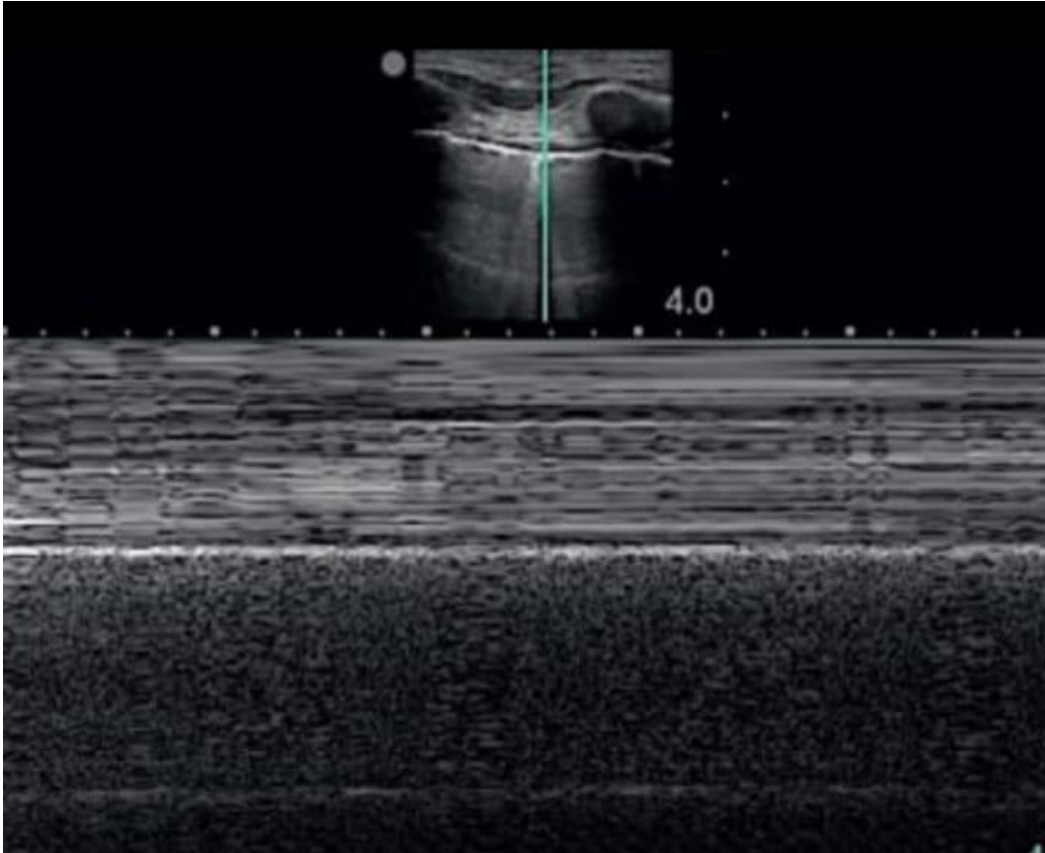
- Ausência de deslizamento modo B;
- **Ausência no modo M (código de barras);**
- Lung point;
- Linhas B patológicas;
- Linhas B + ausência de deslizamento;
- “Ver o pulmão”: consolidações.

3

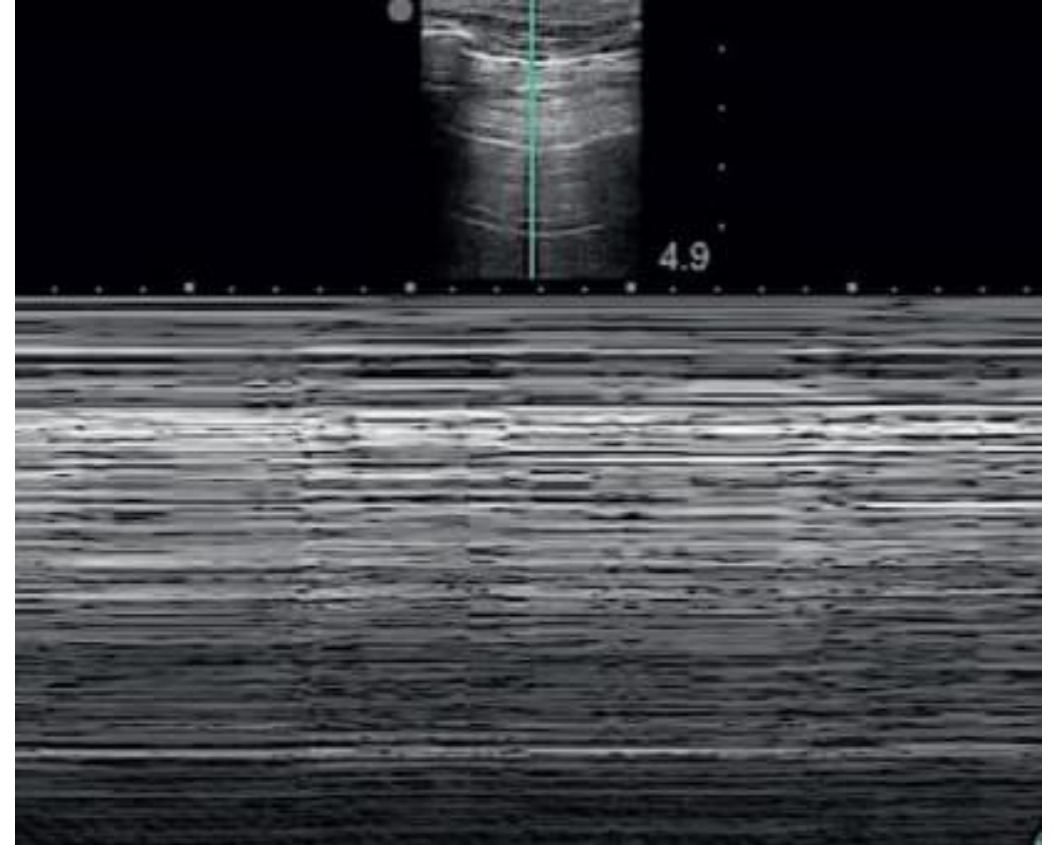
PADRÕES DE ALTERAÇÃO



DESLIZAMENTO NORMAL X AUSENTE NO MODO M

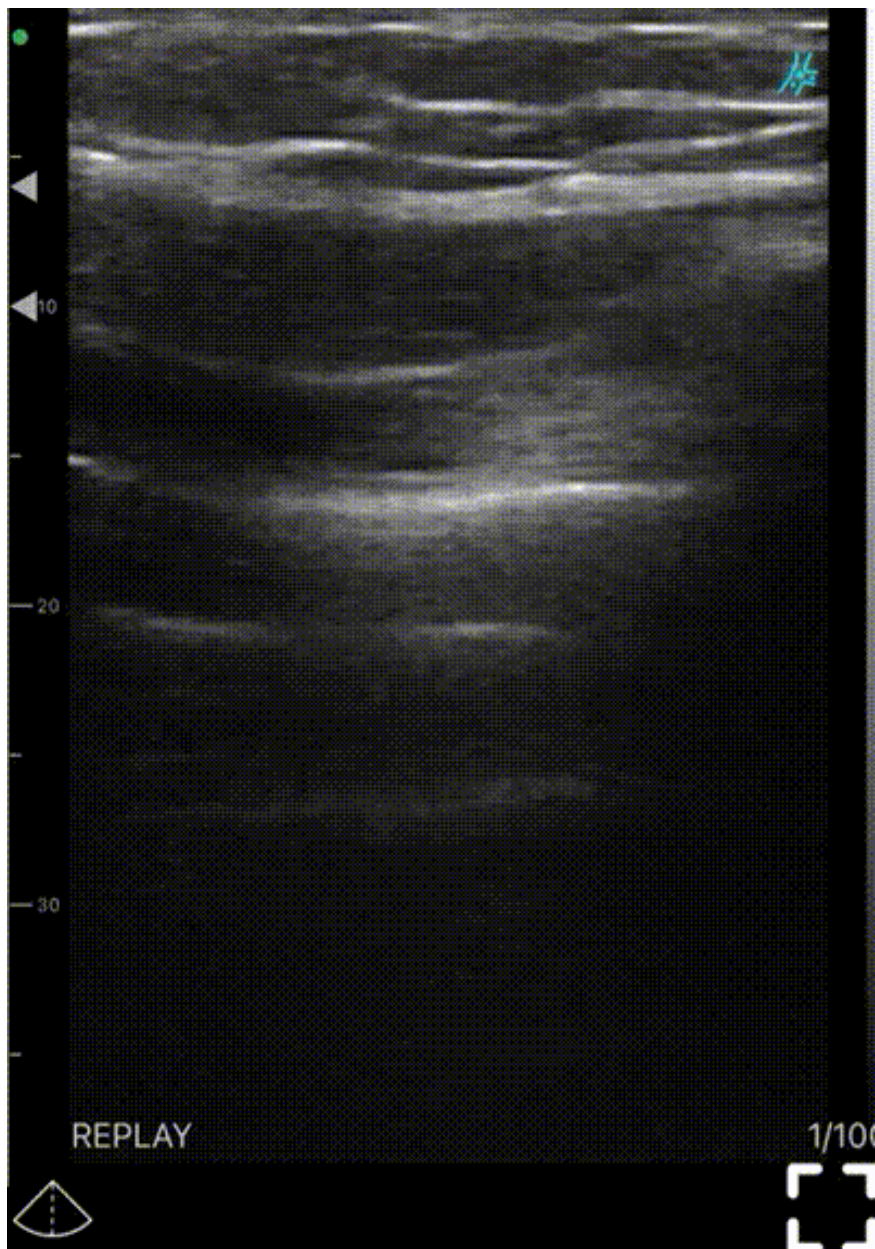


SINAL DA “PRAIA”



SINAL DO “CÓDIGO DE BARRAS”





1

EXAME NORMAL

- Deslizamento pleural modo B;
- Deslizamento modo M (areia da praia);
- Linhas A;
- Linhas B normal.

2

ALTERAÇÕES

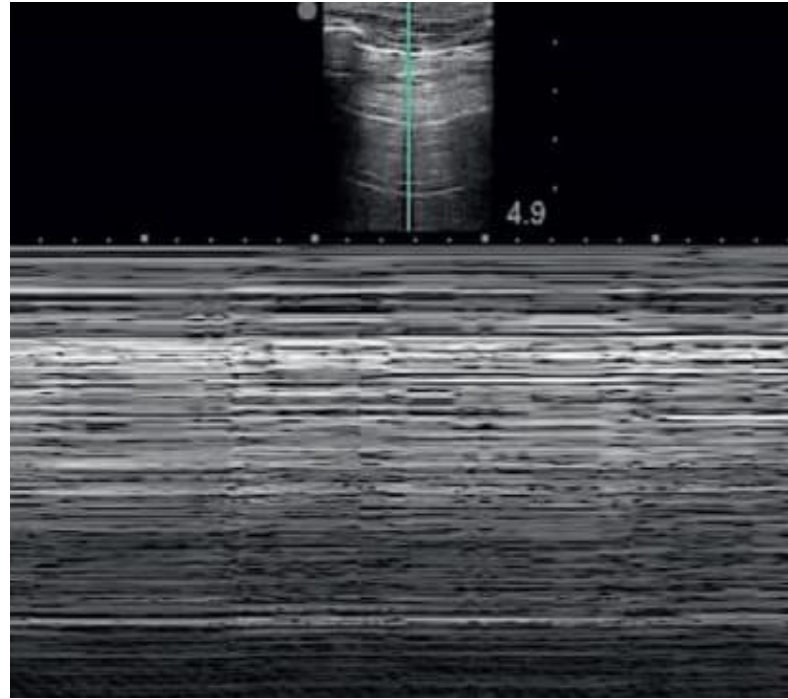
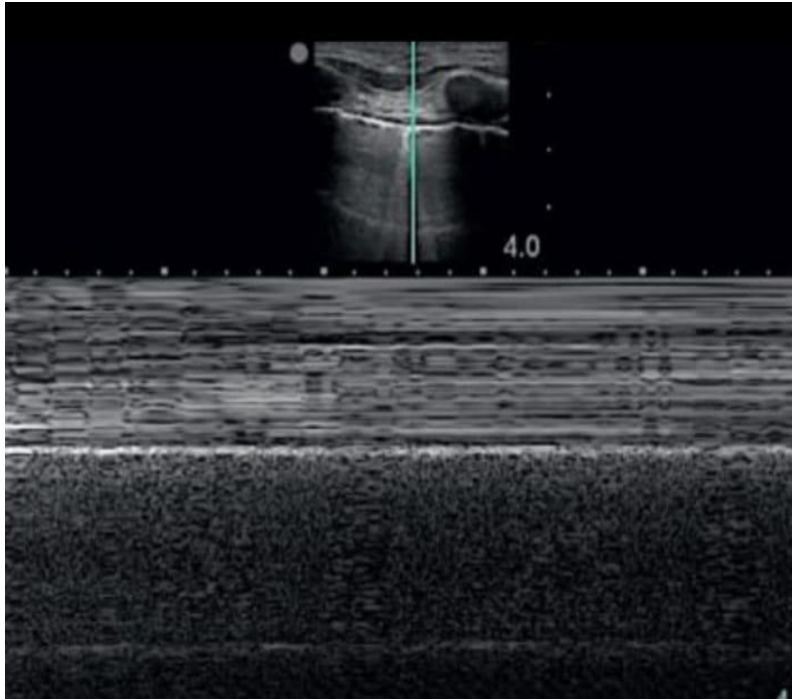
- Ausência de deslizamento modo B;
- Ausência no modo M (código de barras);
- **Lung point;**
- Linhas B patológicas;
- Linhas B + ausência de deslizamento;
- “Ver o pulmão”: consolidações.

3

PADRÕES DE ALTERAÇÃO



NORMAL X AUSENTE X LUNG POINT





1

EXAME NORMAL

- Deslizamento pleural modo B;
- Deslizamento modo M (areia da praia);
- Linhas A;
- Linhas B normal.

2

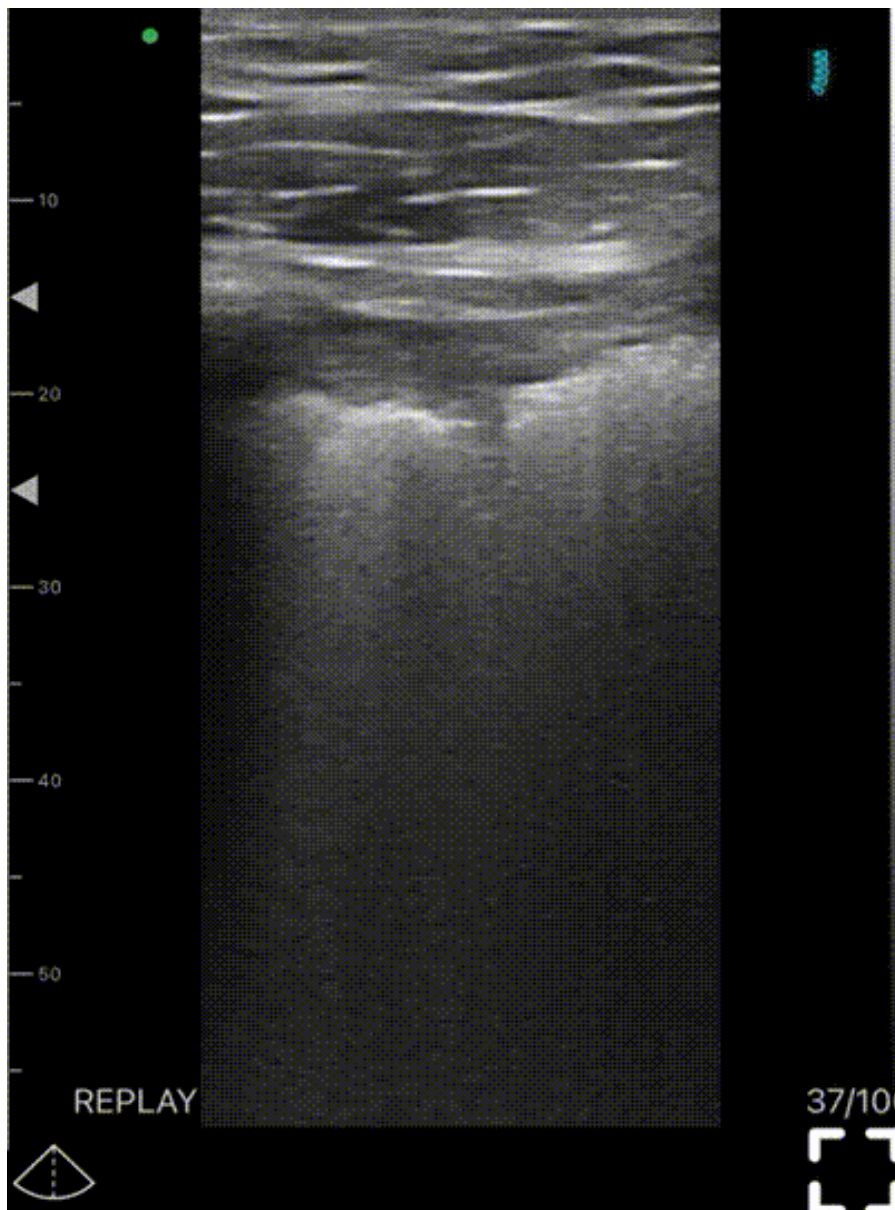
ALTERAÇÕES

- Ausência de deslizamento modo B;
- Ausência no modo M (código de barras);
- Lung point;
- **Linhas B patológicas;**
- Linhas B + ausência de deslizamento;
- “Ver o pulmão”: consolidações.

3

PADRÕES DE ALTERAÇÃO





1

EXAME NORMAL

- Deslizamento pleural modo B;
- Deslizamento modo M (areia da praia);
- Linhas A;
- Linhas B normal.

2

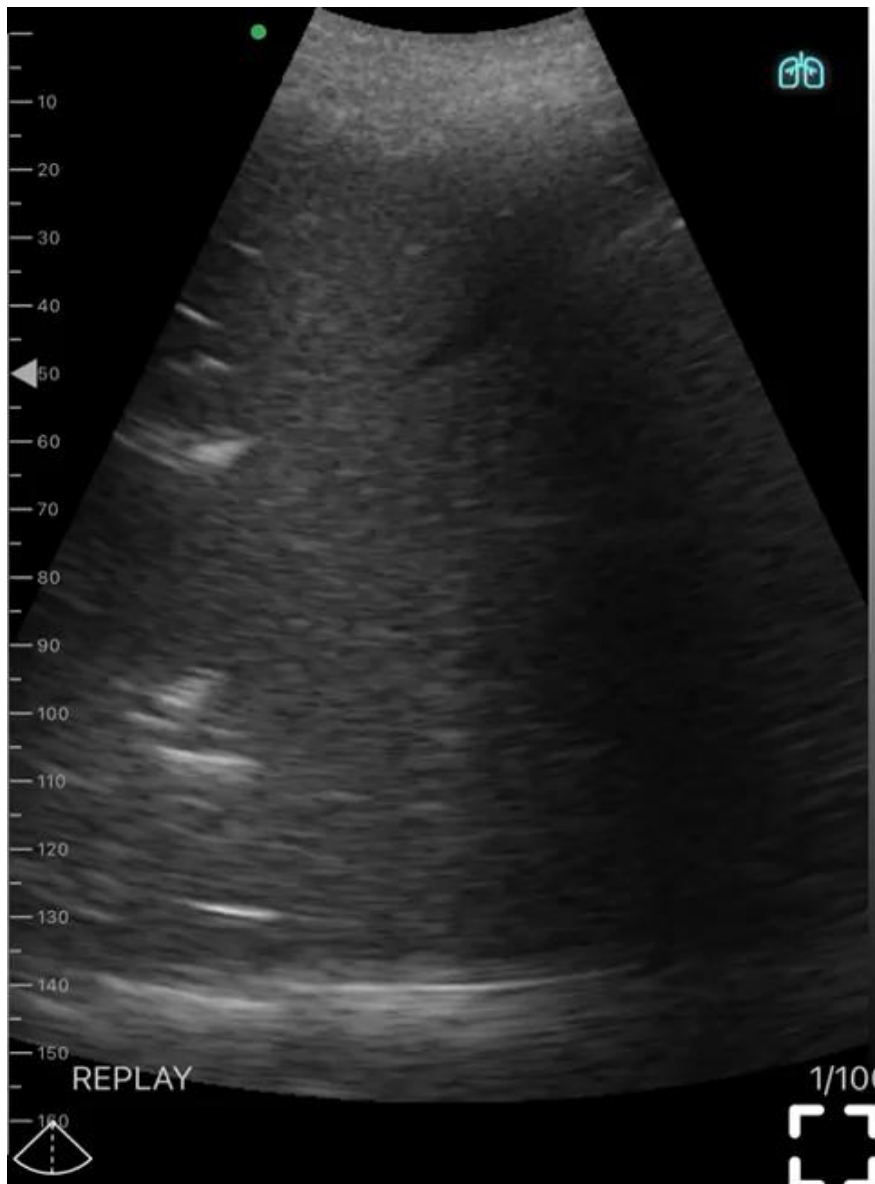
ALTERAÇÕES

- Ausência de deslizamento modo B;
- Ausência no modo M (código de barras);
- Lung point;
- Linhas B patológicas;
- **Linhas B + ausência de deslizamento;**
- “Ver o pulmão”: consolidações.

3

PADRÕES DE ALTERAÇÃO





1

EXAME NORMAL

- Deslizamento pleural modo B;
- Deslizamento modo M (areia da praia);
- Linhas A;
- Linhas B normal.

2

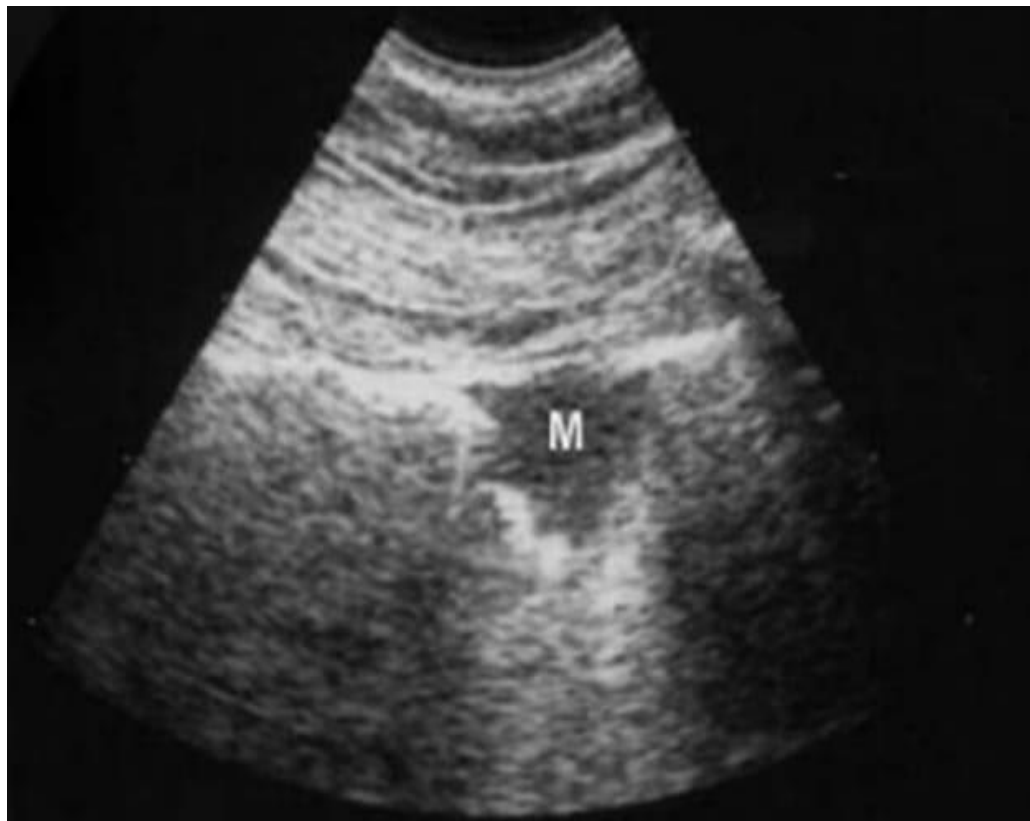
ALTERAÇÕES

- Ausência de deslizamento modo B;
- Ausência no modo M (código de barras);
- Lung point;
- Linhas B patológicas;
- Linhas B + ausência de deslizamento;
- **“Ver o pulmão”: consolidações.**

3

PADRÕES DE ALTERAÇÃO





1

EXAME NORMAL

- Deslizamento pleural modo B;
- Deslizamento modo M (areia da praia);
- Linhas A;
- Linhas B normal.

2

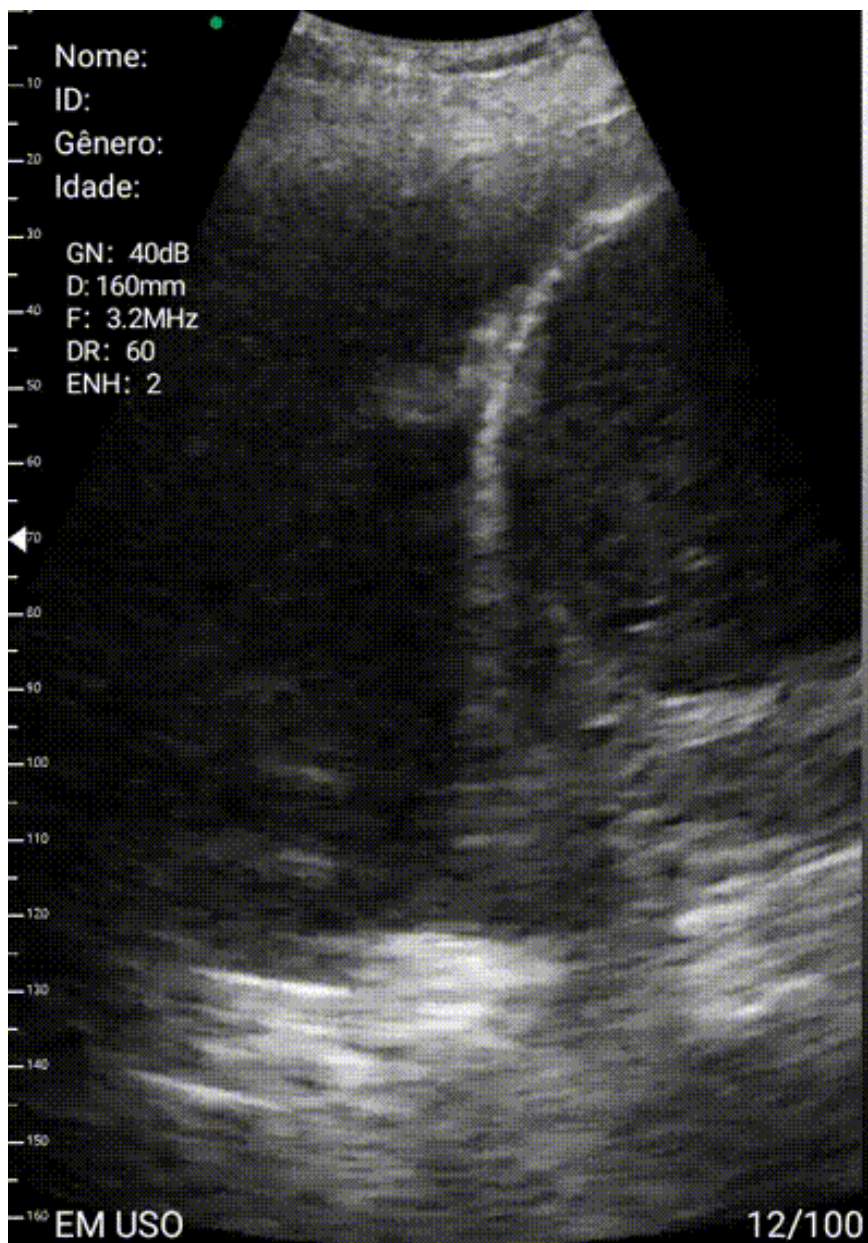
ALTERAÇÕES

- Ausência de deslizamento modo B;
- Ausência no modo M (código de barras);
- Lung point;
- Linhas B patológicas;
- Linhas B + ausência de deslizamento;
- **“Ver o pulmão”: consolidações.**

3

PADRÕES DE ALTERAÇÃO





1

EXAME NORMAL

- Deslizamento pleural modo B;
- Deslizamento modo M (areia da praia);
- Linhas A;
- Linhas B normal.

2

ALTERAÇÕES

- Ausência de deslizamento modo B;
- Ausência no modo M (código de barras);
- Lung point;
- Linhas B patológicas;
- Linhas B + ausência de deslizamento;
- **Ver o pulmão: derrame pleural .**

3

PADRÕES DE ALTERAÇÃO

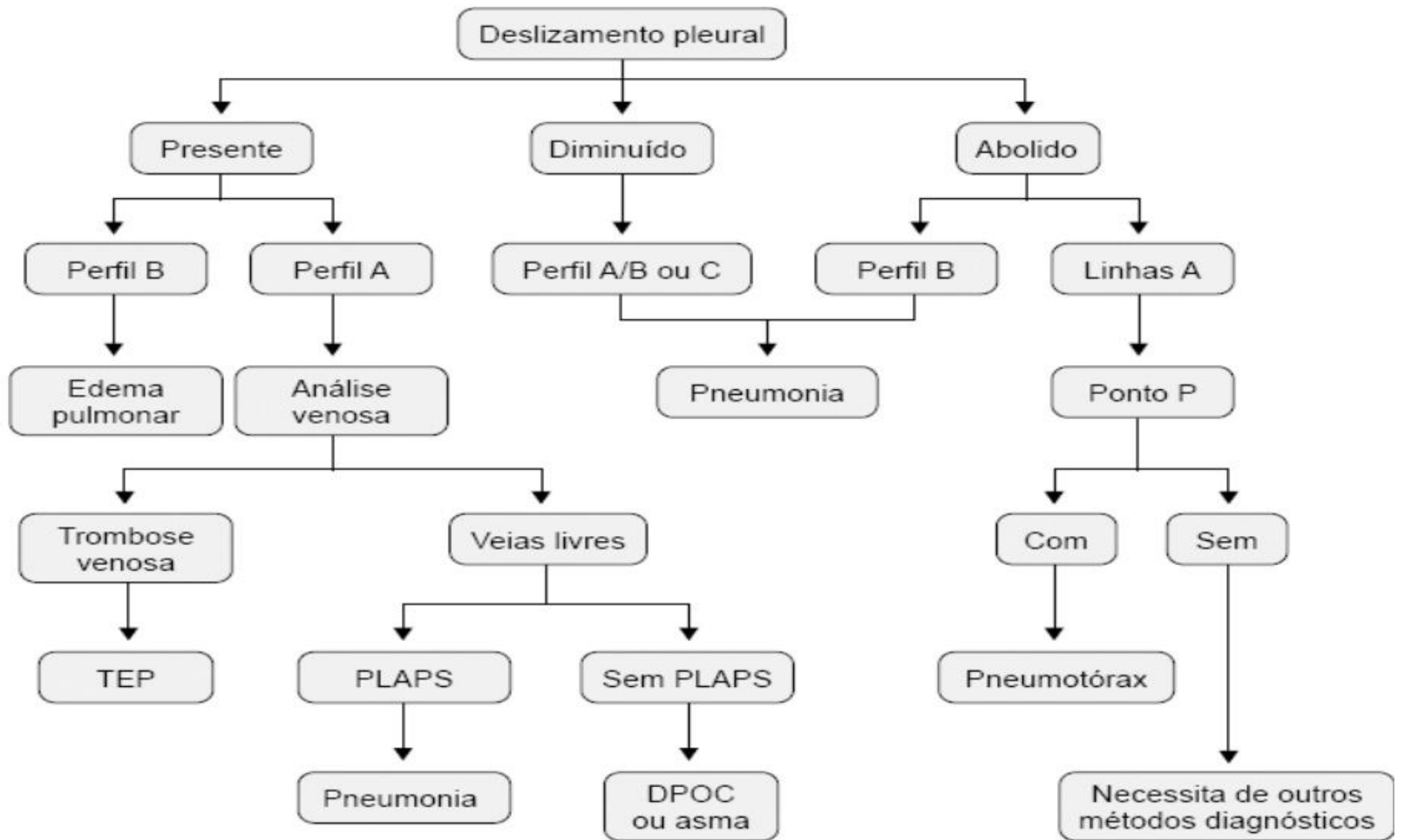


AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

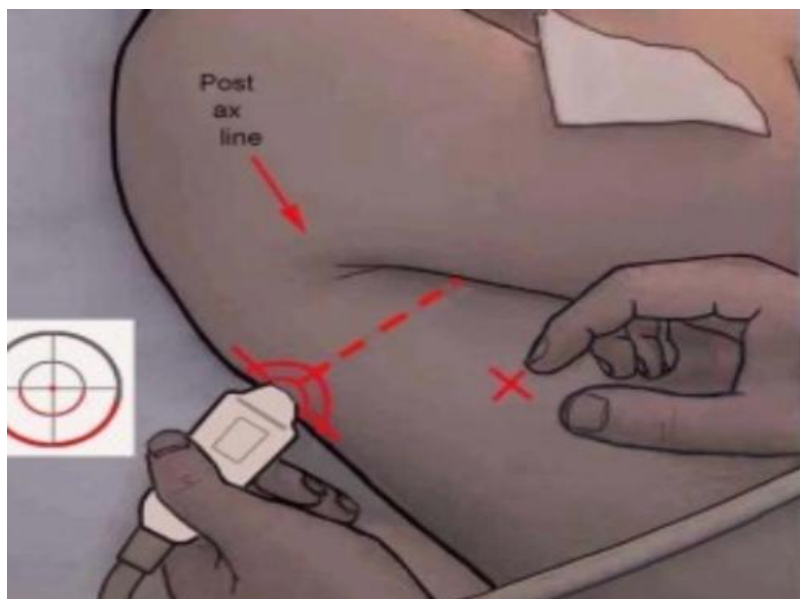
EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY STATEMENT TUS - 2021

PNEUMOTÓRAX	SÍNDROME INTERSTICIAL	PNEUMONIA	DERRAME PLEURAL
Meta-análises: sensibilidade de 78-90% e especificidade >98%.	Sensibilidade 88% e especificidade de 90% na IC aguda.	Sensibilidade 92% e especificidade 94% para diagnóstico no setor de emergência.	Sensibilidade 93% e especificidade de 96%.
Superior ao raio X de tórax em sensibilidade.	Superior a radiografia de tórax E RX + BNP.	Integrado à avaliação clínica: melhor acurácia geral.	Capacidade de identificar menores quantidades líquidos.

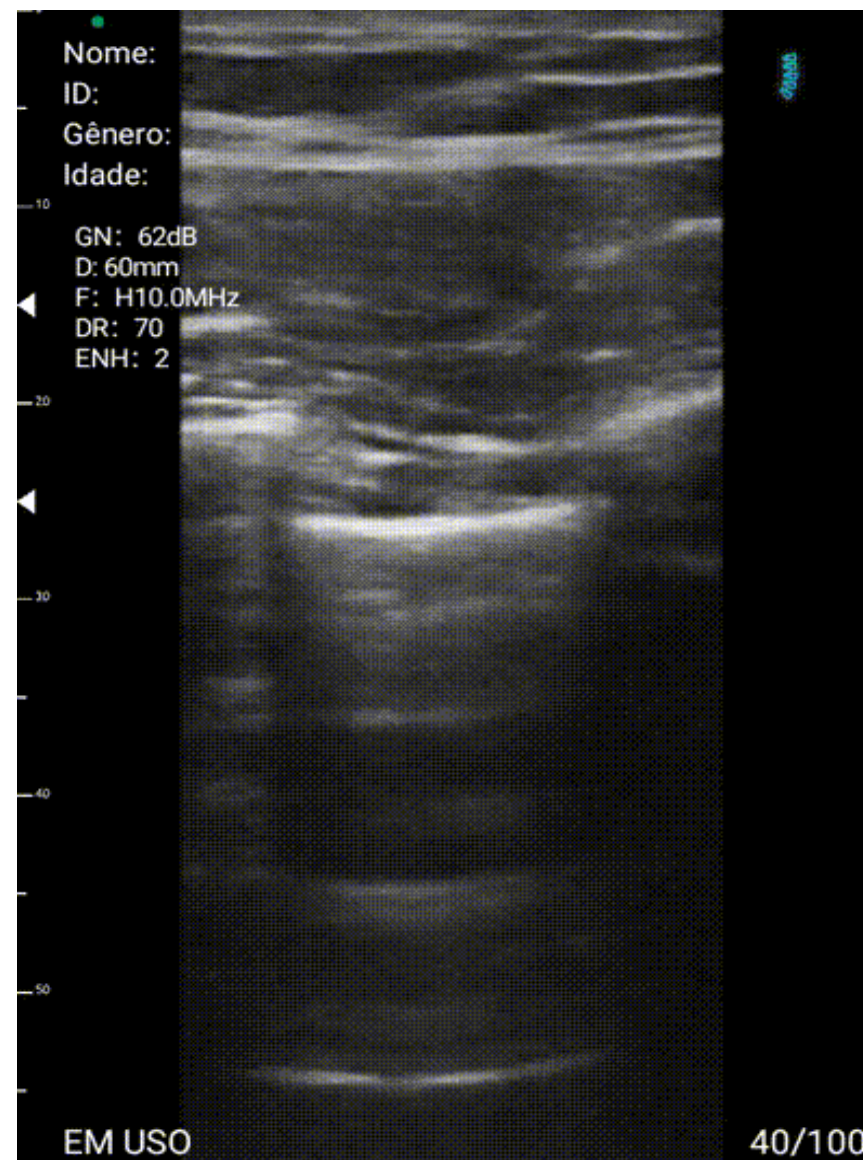




PULMÃO A



Deslizamento normal + linhas A



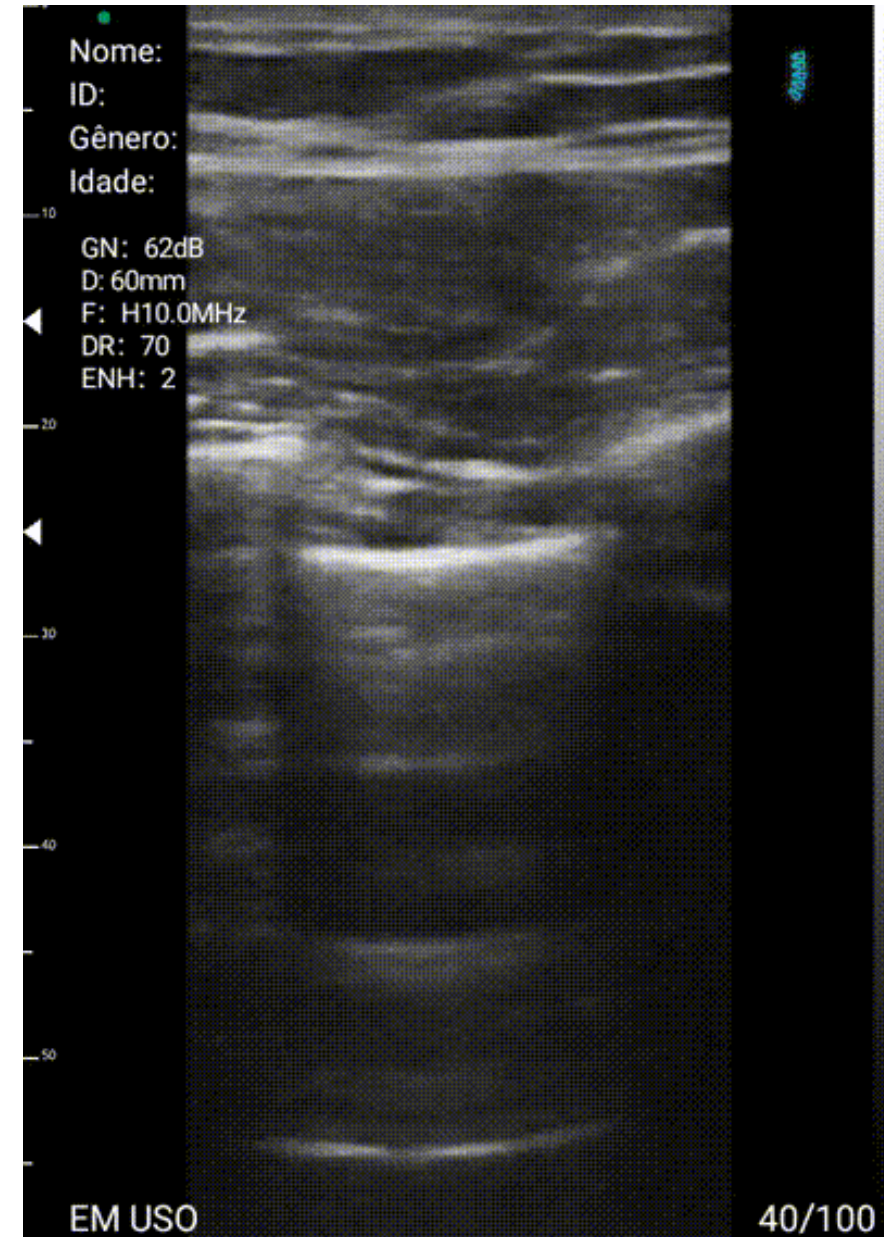
IRpA COM PULMÃO A – TEP, DPOC E ASMA

TEP – Possíveis alterações no US

- Consolidações subpleurais;
- Alterações de câmaras direitas;
- Presença de TVP.

DPOC ou ASMA

- Alterações de diafragma (excursão diafragmática).

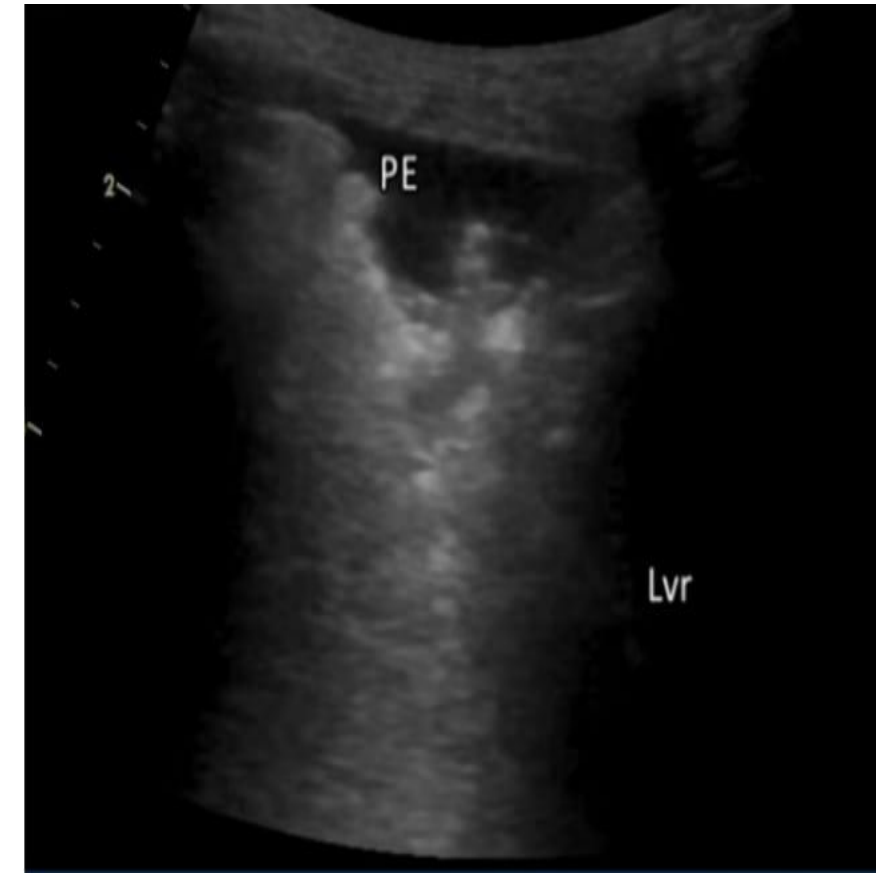


AVALIAÇÃO NO TEP – CONSOLIDAÇÕES SUBPLEURAIS

SENSIBILIDADE 80% E ESPECIFICIDADE
93%

AINDA NÃO INTEGRADO NAS
DIRETRIZES ATUAIS

IMAGEM HIPOECOICA SUBPLEURAL DE
MARGENS BEM DEFINIDAS,
TRIANGULAR OU ARREDONDADA



AVALIAÇÃO NO TEP - TROMBOSE VENOSA PROFUNDA (FEMORAL E POPLÍTEA)

TVP

IMAGEM HIPERECÓICA INTERIOR

NÃO COMPRESSIBILIDADE



AVALIAÇÃO NO TEP – PULMONAR + VENOSO MMII

Academic Emergency Medicine / Volume 24, Issue 3

/ p. 270-280

Original Contribution |  **Free Access**

Diagnostic Performance of Wells Score Combined With Point-of-care Lung and Venous Ultrasound in Suspected Pulmonary Embolism

Peiman Nazerian MD , Giovanni Volpicelli FCCP, Chiara Gigli MD, Cecilia Becattini PhD, Giuseppe Francesco Sferrazza Papa MD, Stefano Grifoni MD, Simone Vanni PhD, on behalf of the Ultrasound Wells Study Group

First published: 12 November 2016

<https://doi.org/10.1111/acem.13130>

Citations: 37



Exame pulmonar e venoso.



Pulmonar: consolidações bem delimitadas, hipoecoicas.



Venoso: avaliou sinais sugestivos de trombose femoral e poplítea.

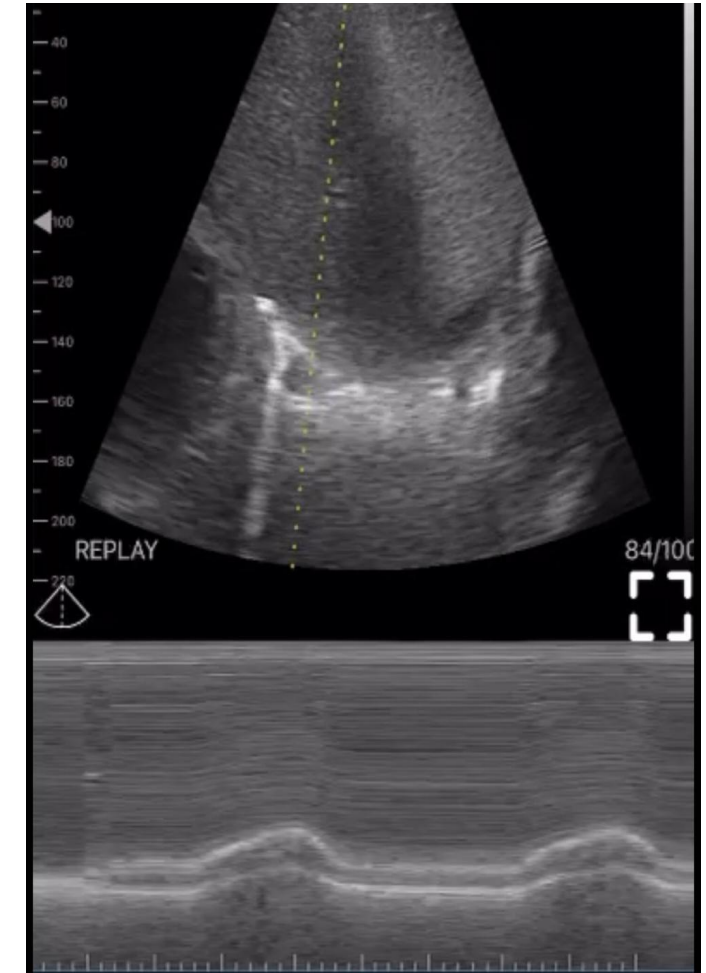


ULTRASOUND ANALYSIS OF DIAPHRAGM KINETICS AND THE DIAGNOSIS OF AIRWAY OBSTRUCTION: THE ROLE OF THE M-MODE INDEX OF OBSTRUCTION¹

ALESSANDRO ZANFORLIN,^{*} ANDREA SMARGIASSI,[†] RICCARDO INCHINGOLO,[†]

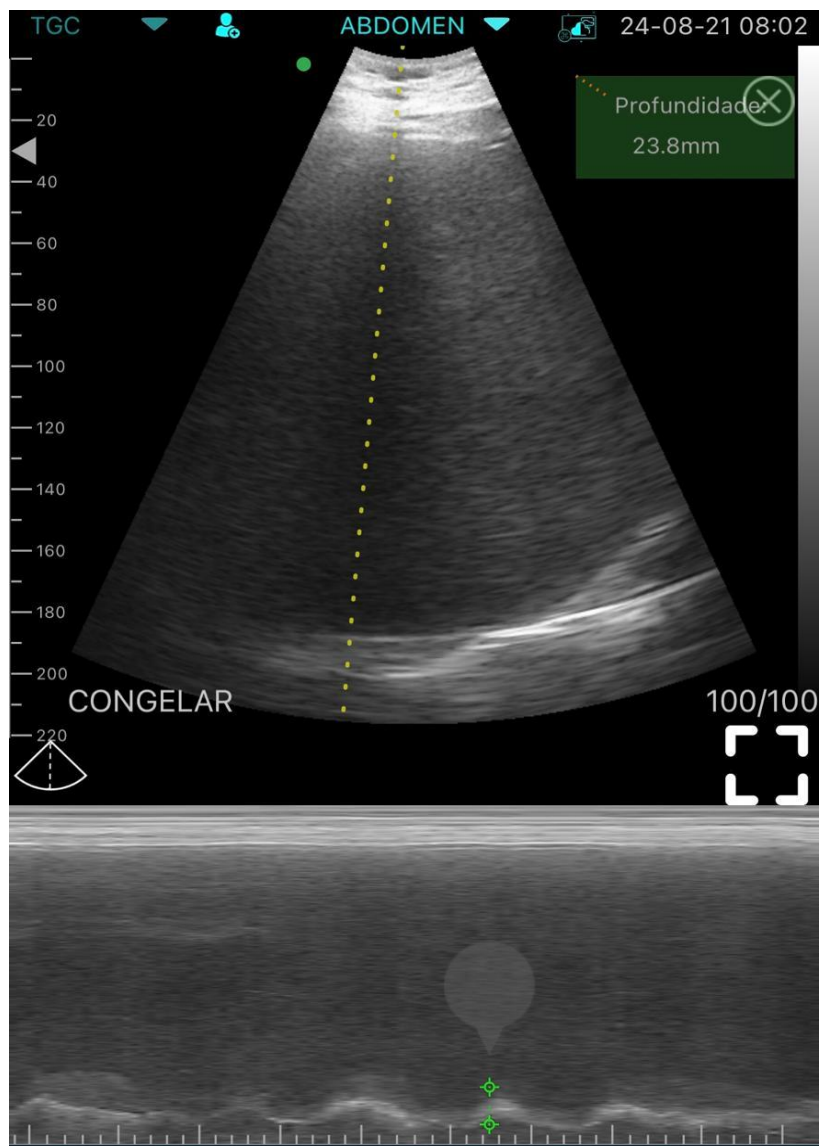
ALESSANDRO DI MARCO BERARDINO,[†] SALVATORE VALENTE,[†] and EMILIO RAMAZZINA^{*}

^{*}Multidisciplinary Medicine Unit, General Hospital “San Luca,” Trecenta (Rovigo), Rovigo, Italy; and [†]Pulmonary Medicine Department, University Hospital “A. Gemelli,” Università Cattolica del Sacro Cuore, Rome, Italy

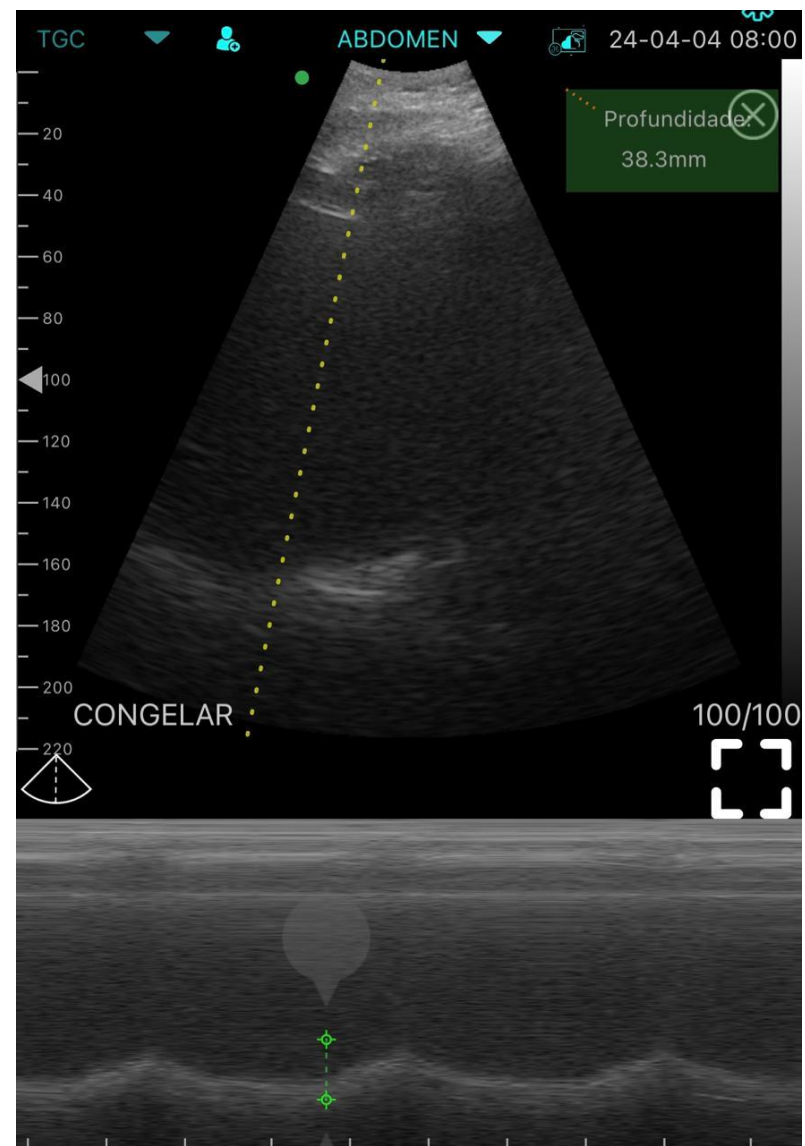


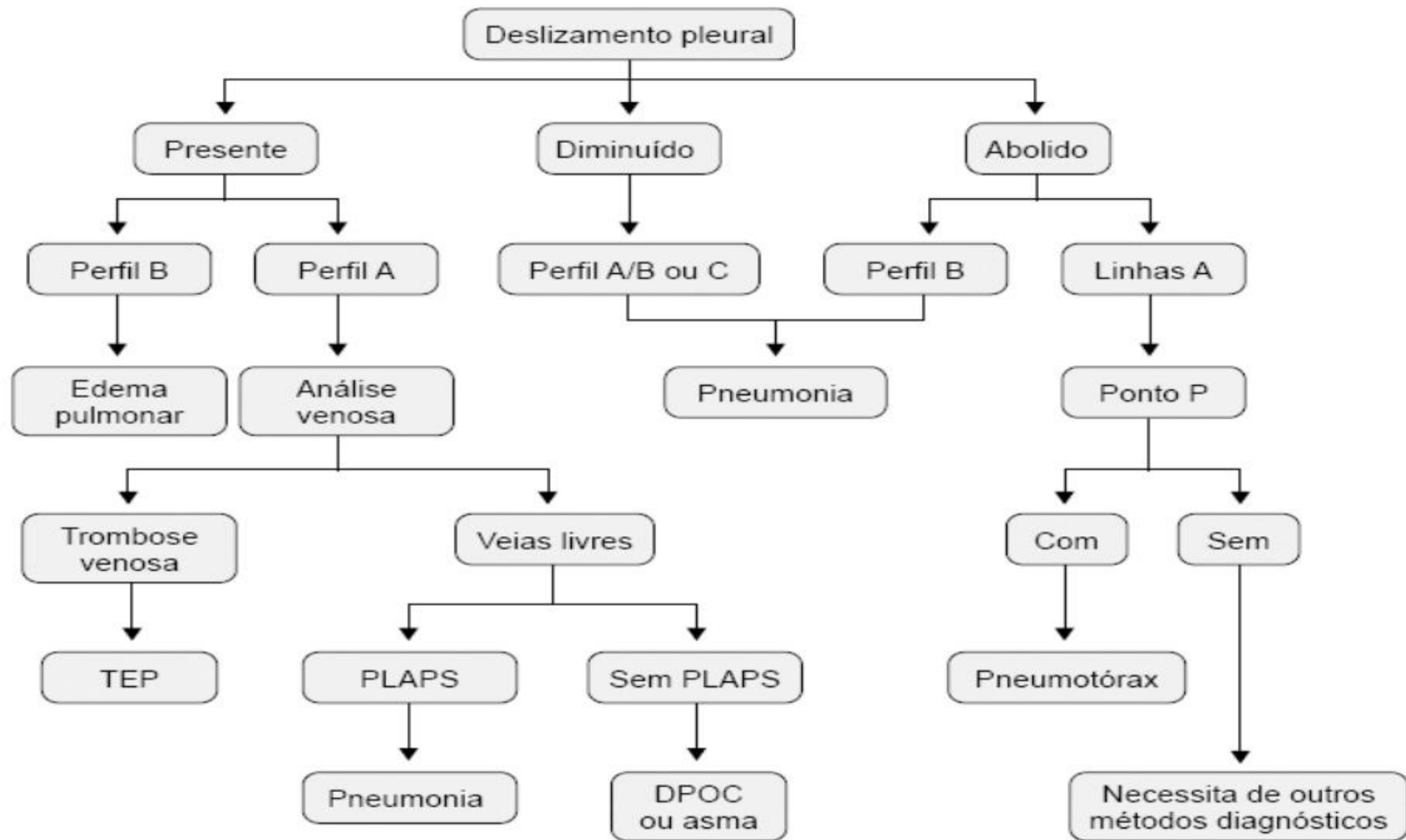
INSUFICIÊNCIA RESPITÓRIA AGUDA COM PULMÃO A – DOENÇAS OBSTRUTIVAS

PRÉ BRONCODILATADOR

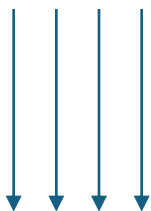


PÓS BRONCODILATADOR





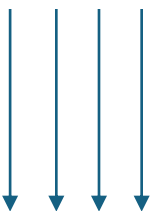
NORMAL



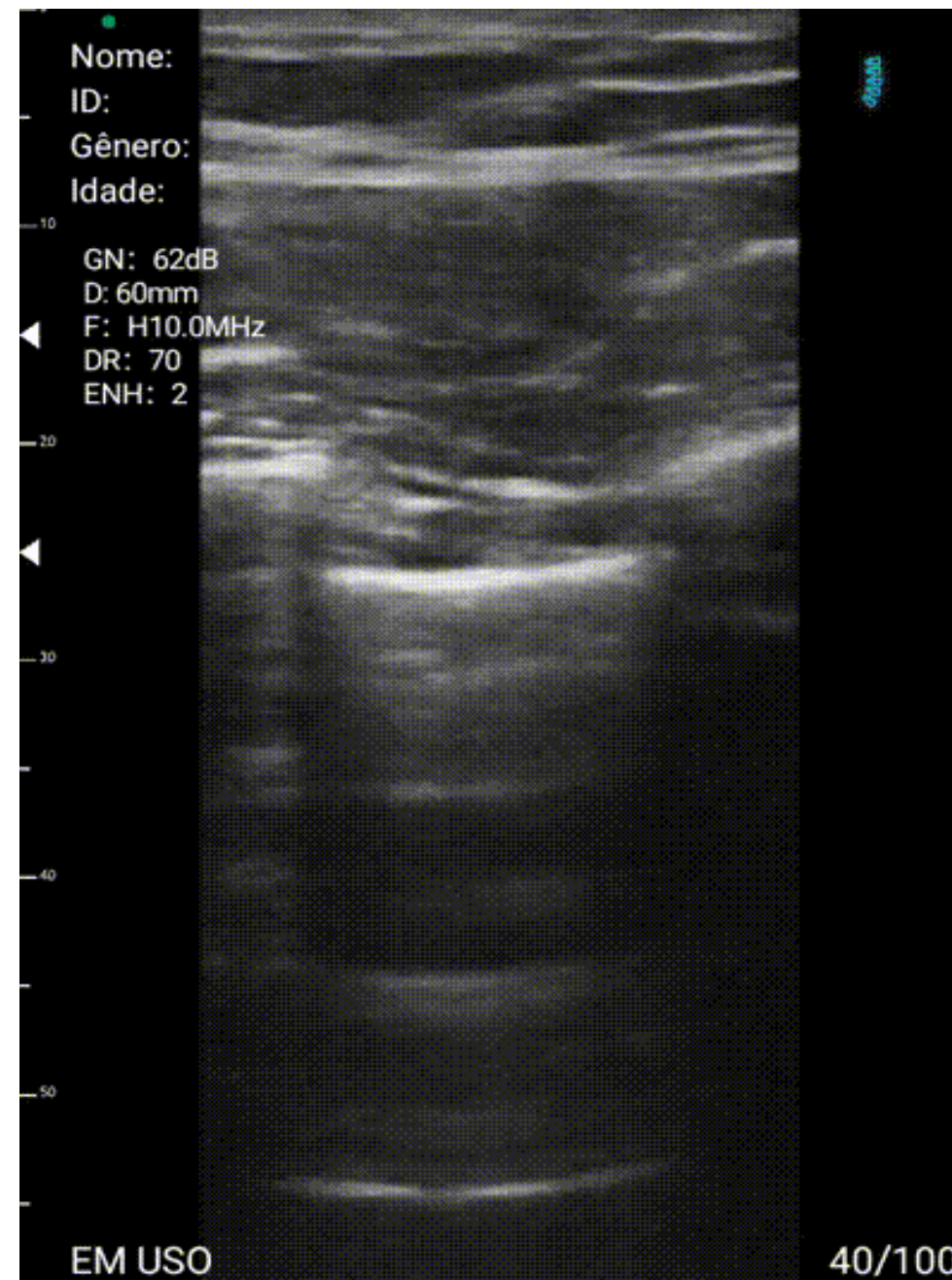
PLEURA PARIETAL



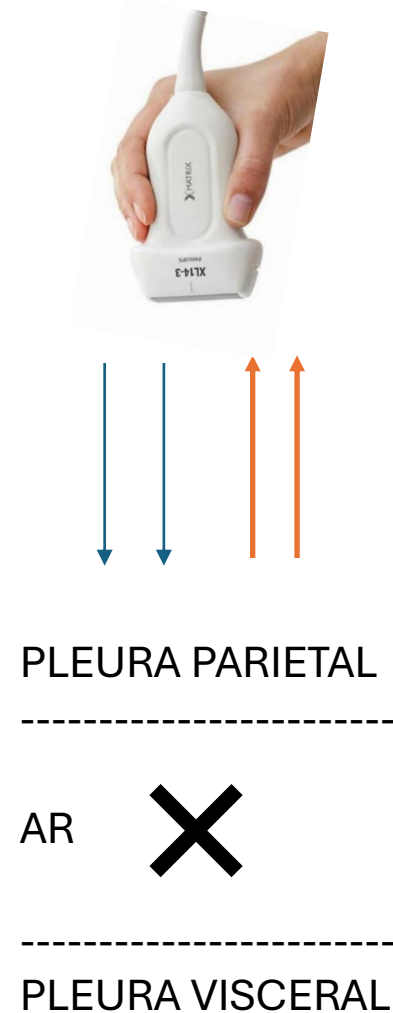
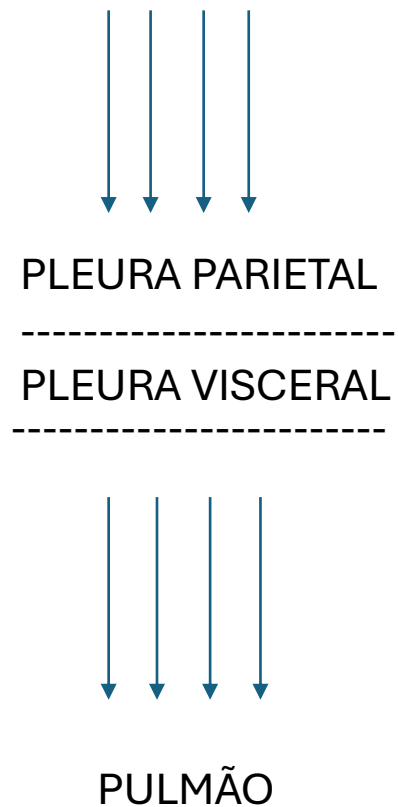
PLEURA VISCERAL



PULMÃO



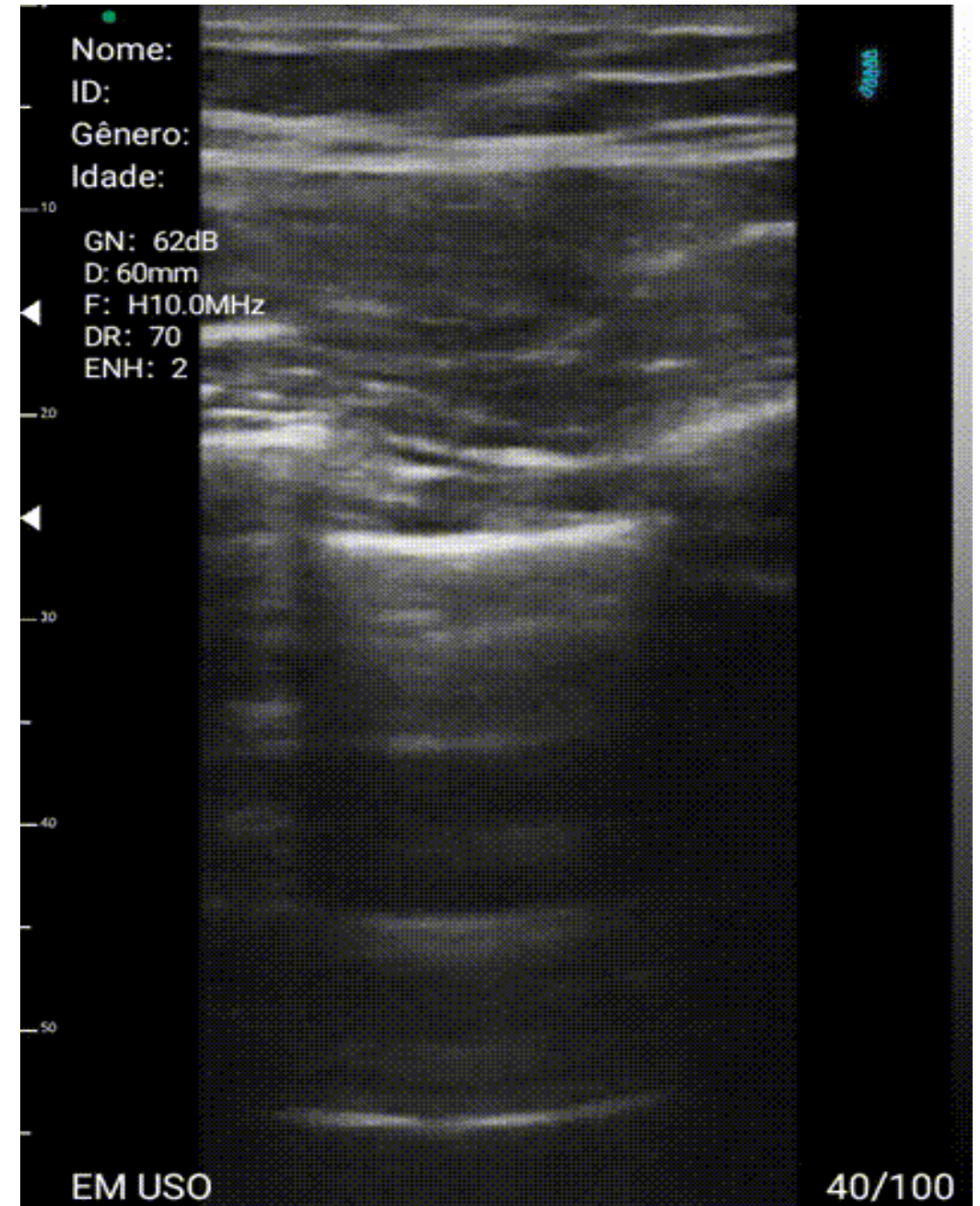
NORMAL X PNEUMOTÓRAX



PNEUMOTÓRAX

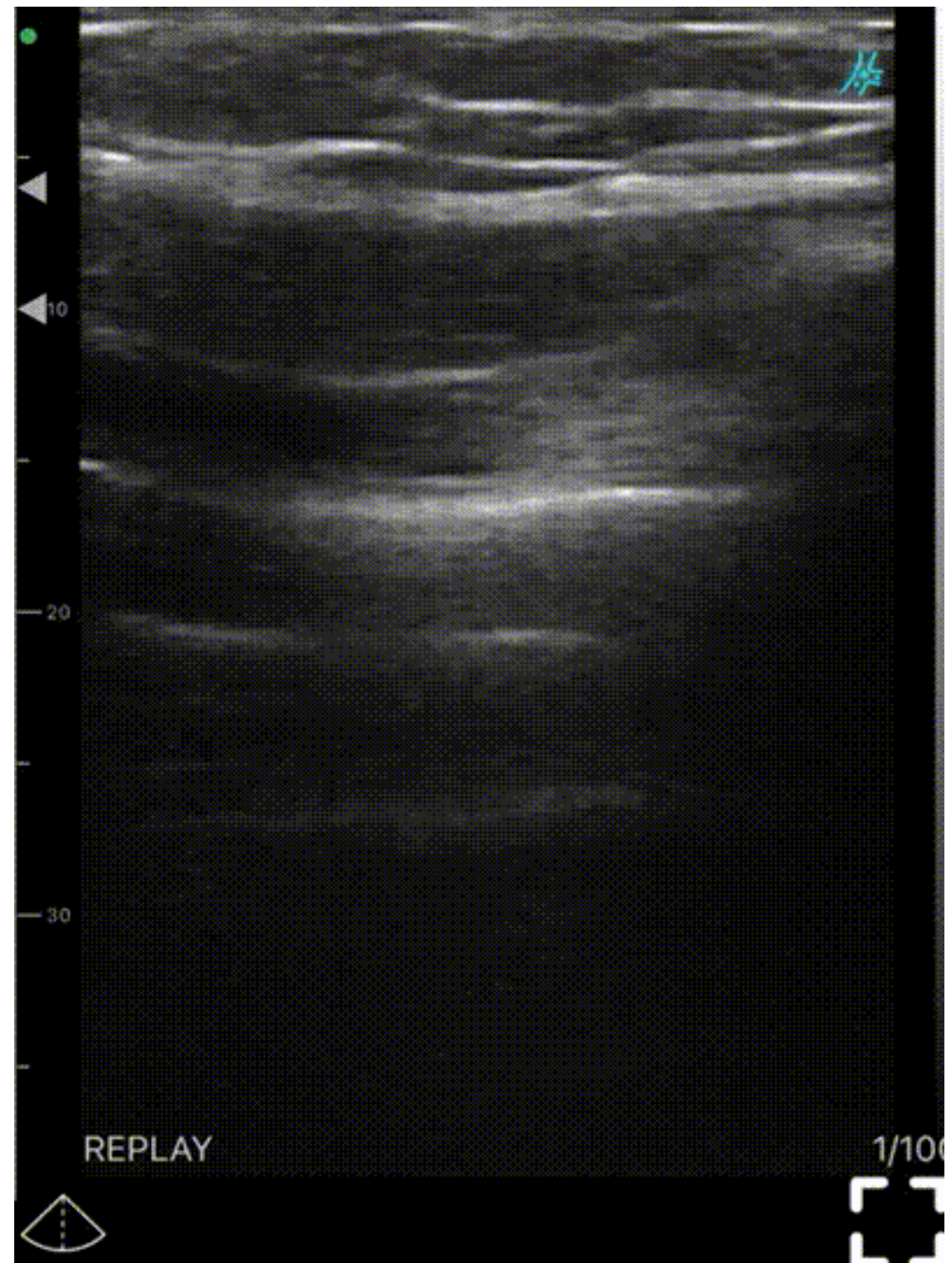
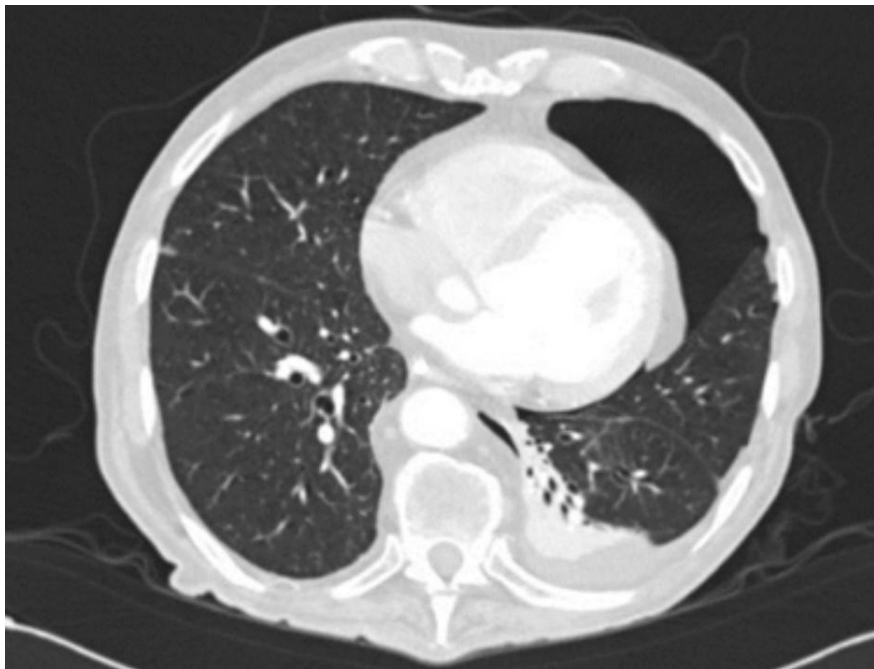


PNEUMOTÓRAX



PNEUMOTÓRAX

Lung point!



AVALIAÇÃO NO PNEUMOTÓRAX – PULMÃO A´



- EXCLUEM

- Deslizamento pleural no modo B ou M (sinal areia da praia);
- Linha B;
- Lung pulse.



- SUGEREM

- Ausência de deslizamento pleural no modo B;
- Ausência de deslizamento pleural no modo M – sinal do código de barras.

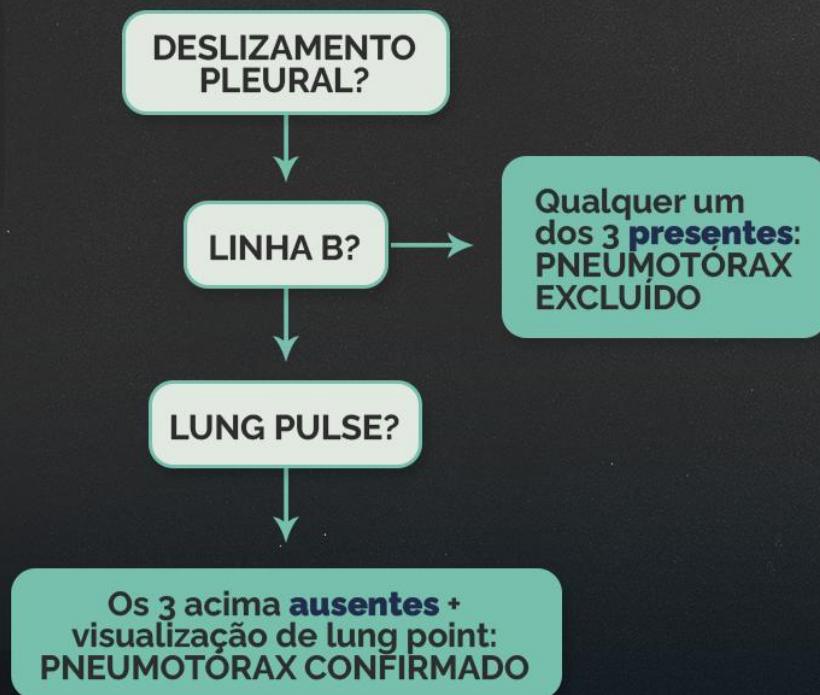


- DIAGNOSTICAM

- Lung point.



ALGORITMO SIMPLIFICADO PARA DIAGNÓSTICO DE PNEUMOTÓRAX COM ULTRASSONOGRRAFIA PULMONAR FOCADA



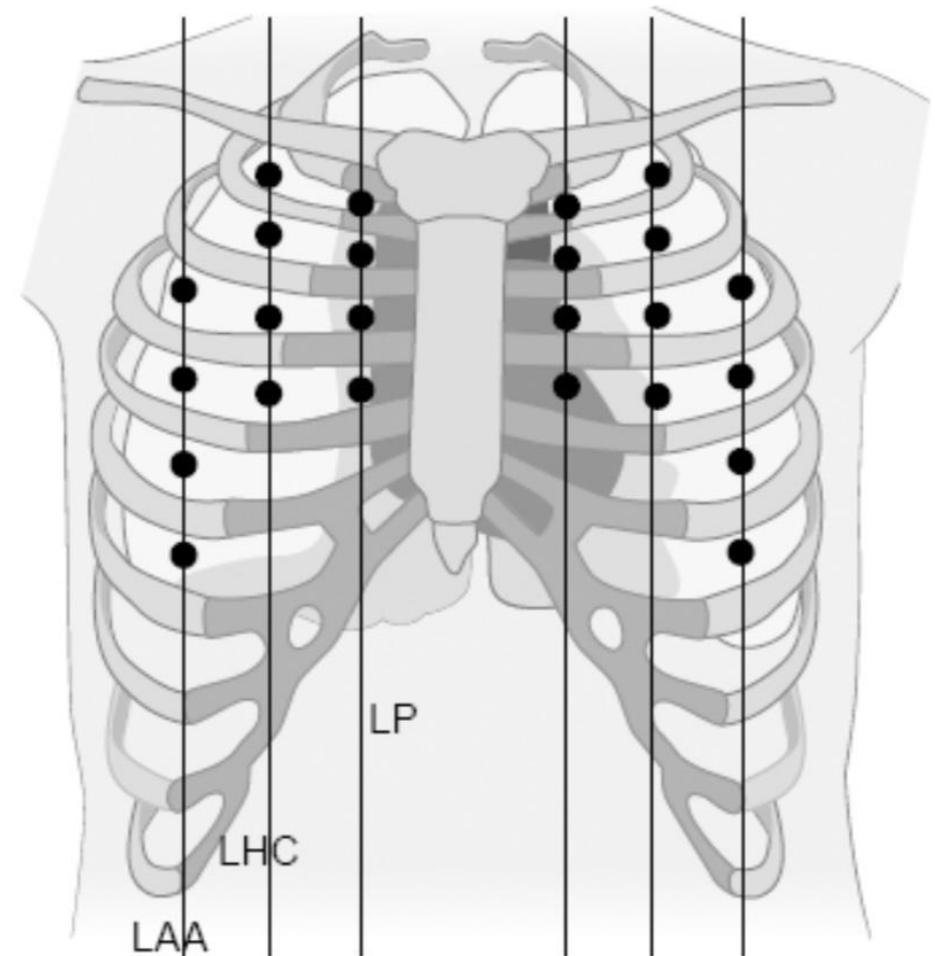
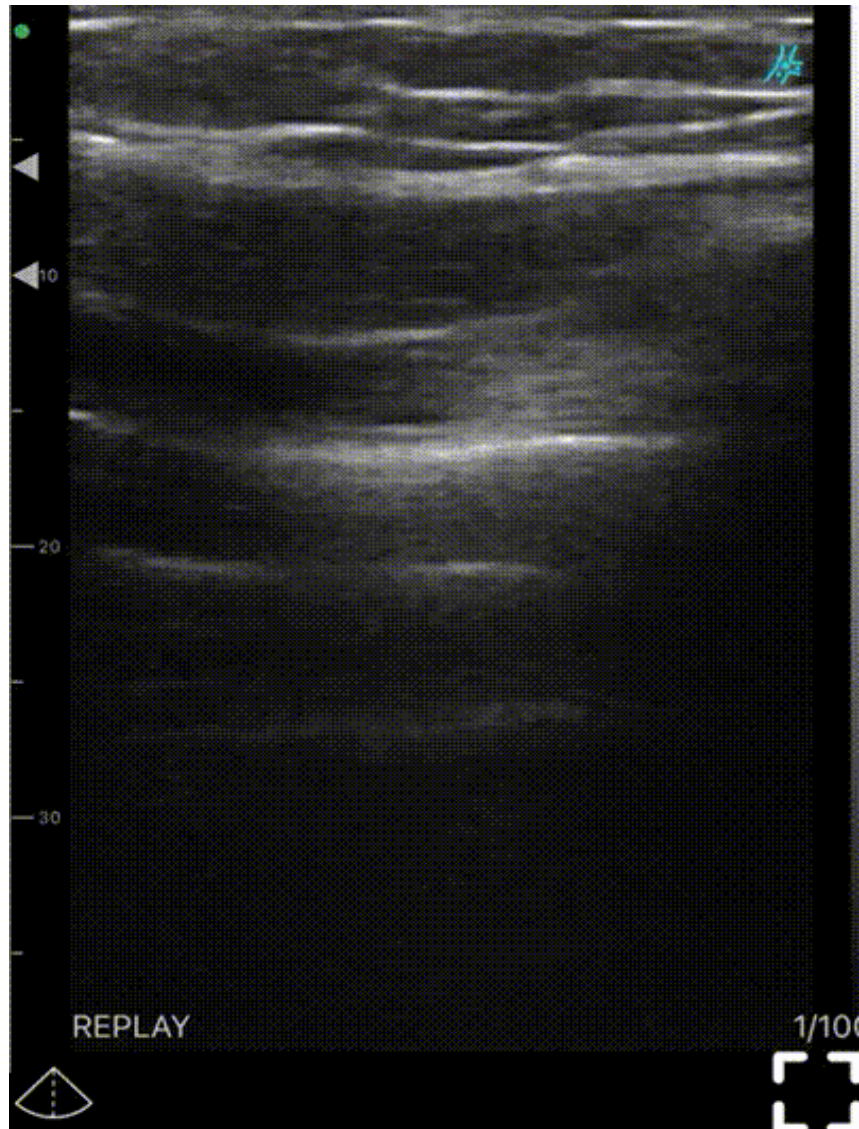
rossMark

ERS OFFICIAL DOCUMENTS
ERS STATEMENT

European Respiratory Society statement on thoracic ultrasound

Christian B. Laursen^{1,2}, Amelia Clive^{3,4}, Rob Hallifax^{5,6},
Pia Iben Pietersen^{1,2,7}, Rachelle Asciak^{5,6}, Jesper Rømhild Davidsen^{1,2,8},
Rahul Bhatnagar^{3,4}, Eihab O. Bedawi^{5,6}, Niels Jacobsen^{1,2,7},
Courtney Coleman⁹, Anthony Edey¹⁰, Gabriele Via¹¹, Giovanni Volpicelli¹²,
Gilbert Massard¹³, Francesco Raimondi¹⁴, Matthew Evison¹⁵, Lars Konge¹⁶,
Jouke Annema¹⁷, Najib M. Rahman^{5,6,18,19,20} and Nick Maskell^{3,4,20}

ACOMPANHAMENTO PNEUMOTÓRAX



Lung point – achado diagnóstico para pneumotórax e usado para acompanhar progressão.



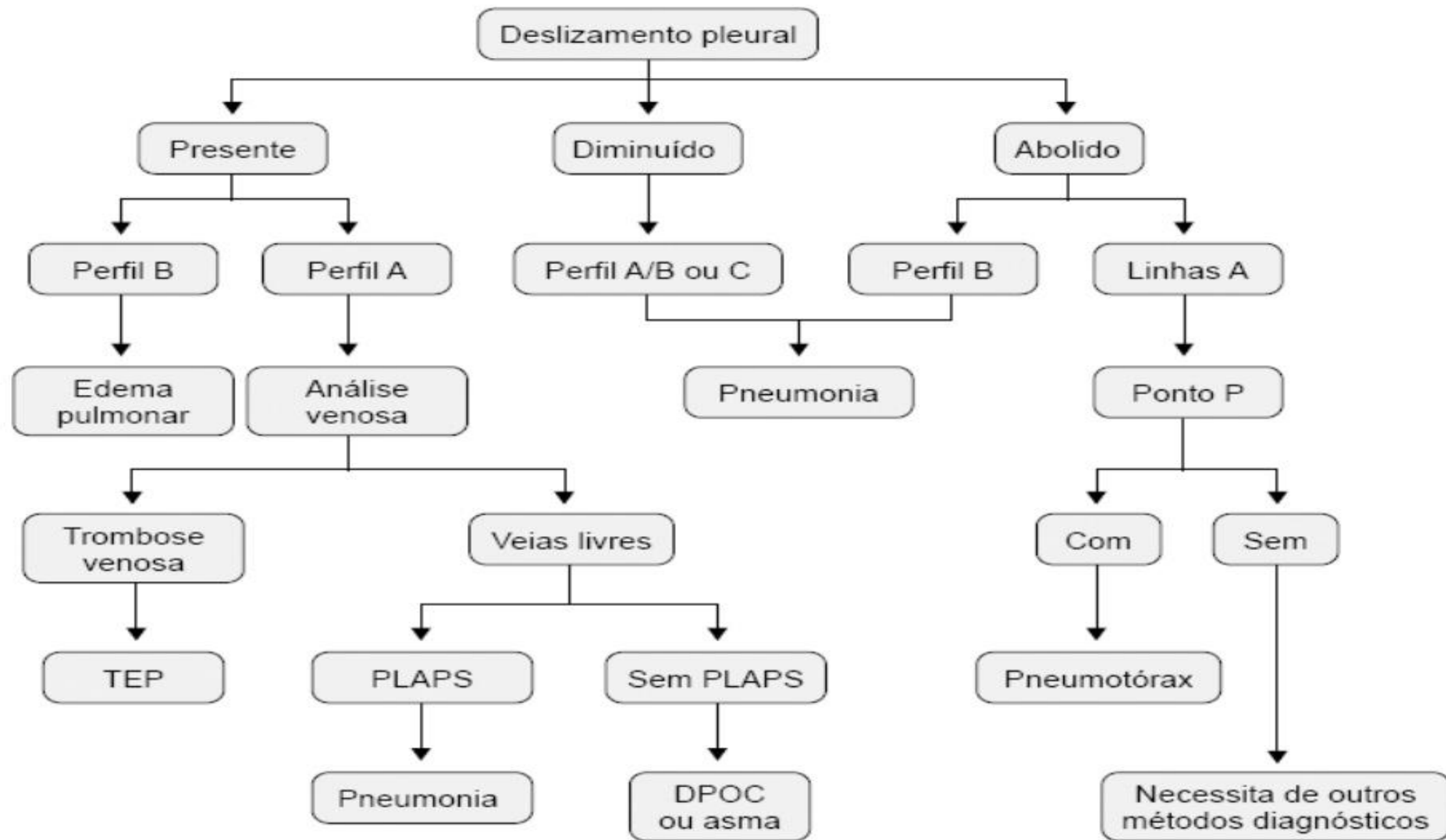
AVALIAÇÃO DE PNEUMOTÓRAX

➤ Que benefícios você ganhou usando o ultrassom?

- Mais rapidez;
- Menos radiação;
- Não necessitou de transporte;
- **Melhor sensibilidade em comparação ao raio X!!**

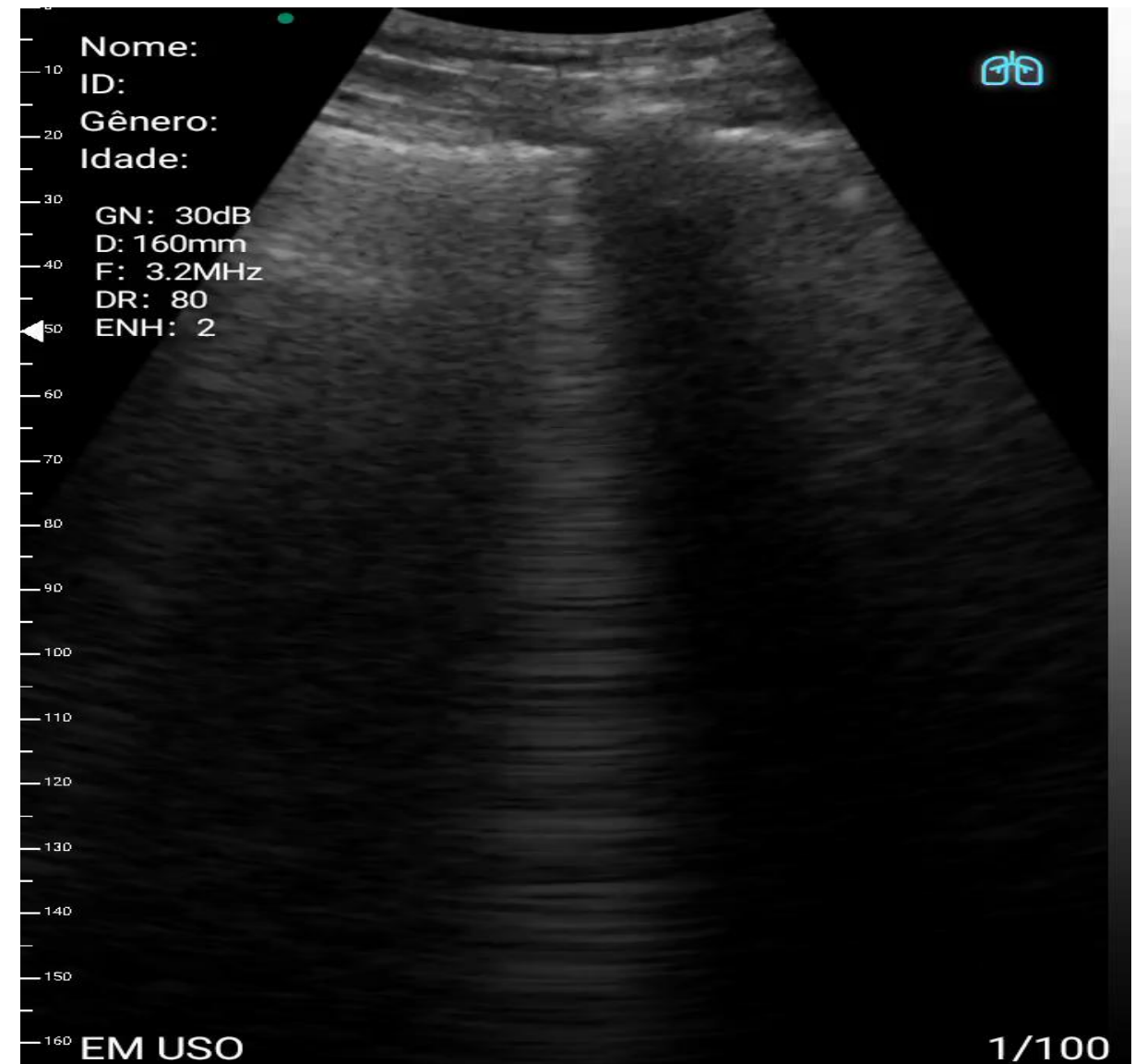
Condição clínica	Sensibilidade US pulmonar	Sensibilidade do raio X
Pneumotórax	92%	52%
Derrame pleural	93%	65%
Edema pulmonar	97%	83%





PADRÃO B – EDEMA AGUDO PULMONAR

- Linhas B: hiperecoica, vertical, saem da pleural, percorrem toda a tela;
- B patológicas: acima de 2 linhas B por espaço intercostal (3 ou mais) ou linhas B coalescentes.



PULMÃO B – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA DE IC AGUDA

Padrão ultrassonográfico

- Alteração intersticial: mais de 3 linhas B por EIC;
- Simétricas entre os hemitórax;
- Progressão apical-caudal;
- Sem acometimento de ecotextura ou deslizamento pleural.



Evidência na literatura

- ❑ Sensibilidade 94-97% e especificidade 97% em dispneia aguda em hospitalizados (Pivetta, Chest 2015);
- ❑ Superior a raio X tórax isoladamente - 87% x 76% (Chiu L, Am J Cardiol 2022);
- ❑ Avaliação clínica + ultrassom é superior a avaliação clínica + raio X + BNP (Nazerian P, Eur jornal heart fail 2019);
- ❑ Monitorização: tratamento guiado em conjunto com linhas B – alívio mais rápido de congestão, encurtamento tempo de internação hospitalar, monitorização de derrame pleural (EACVI Eur jornal heart fail 2023).



PULMÃO B

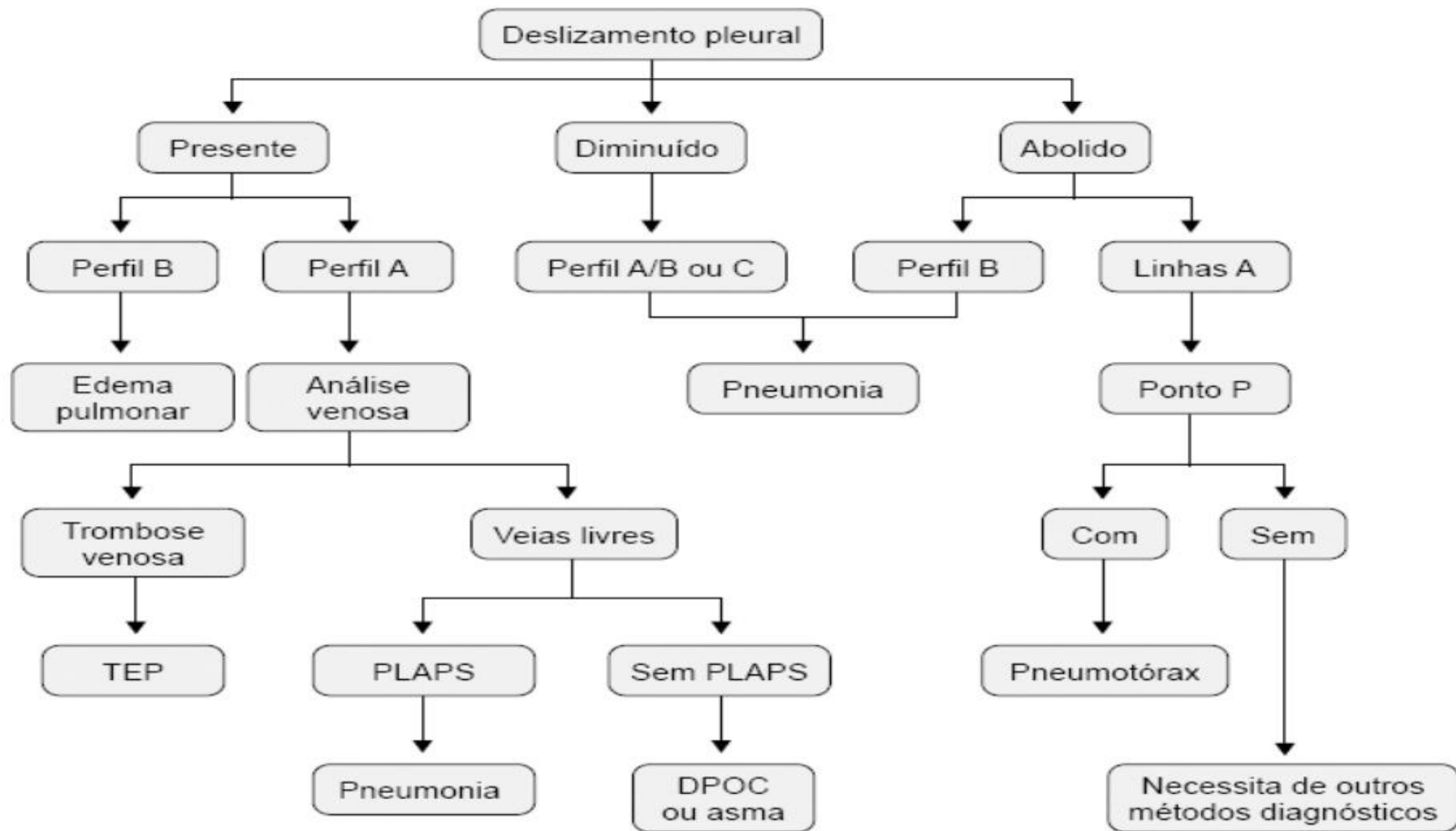
- Estudo LUST 2021: estratégia volêmica guiada por APEV ultrassonográfica diminuiu pressões de enchimento de VE e PAS ambulatorial em pacientes com IC;
- Correlacionada a desempenho diastólico e sistólico de VE em internados em terapia renal substitutiva (Saad 2018);
- Melhora desempenho comparado a avaliação clínica isolada (Torino 2005).



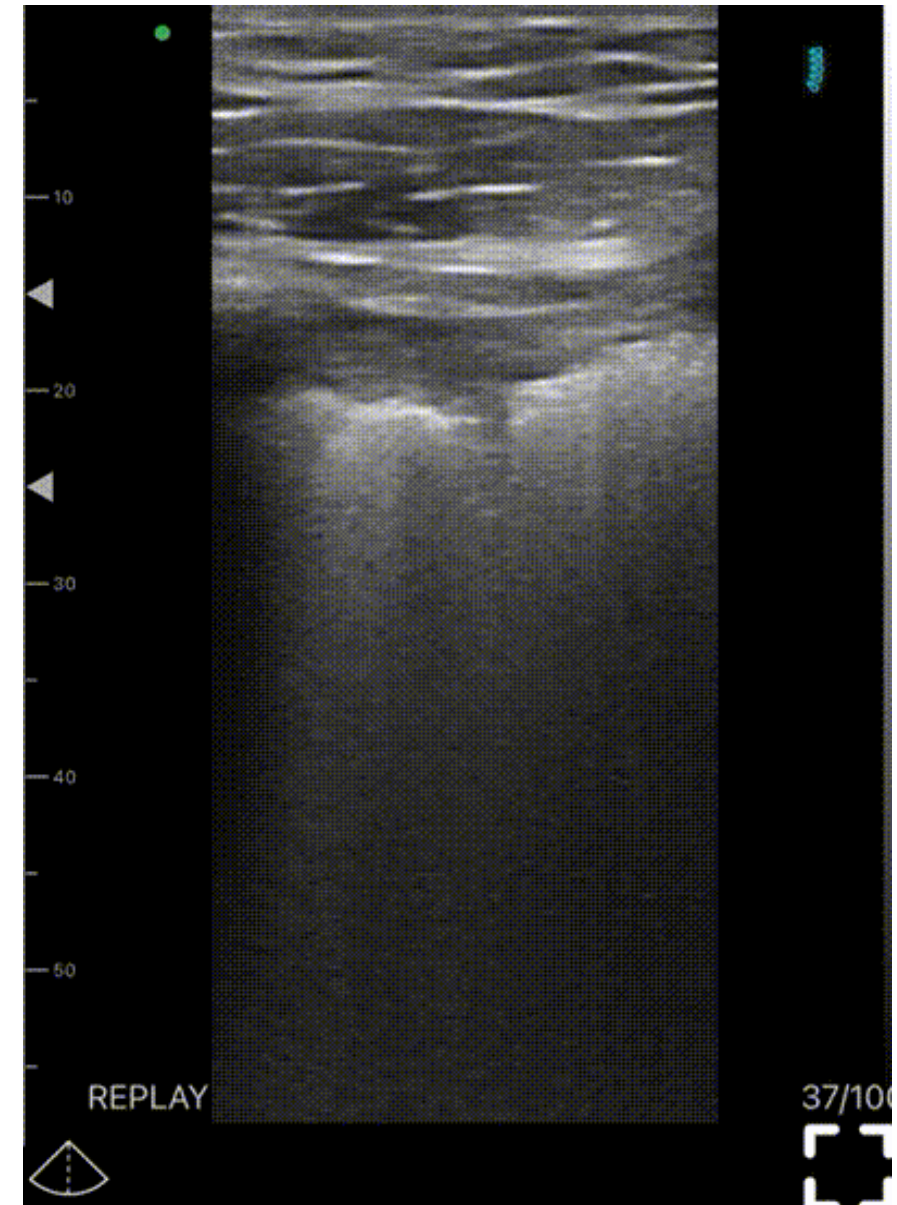
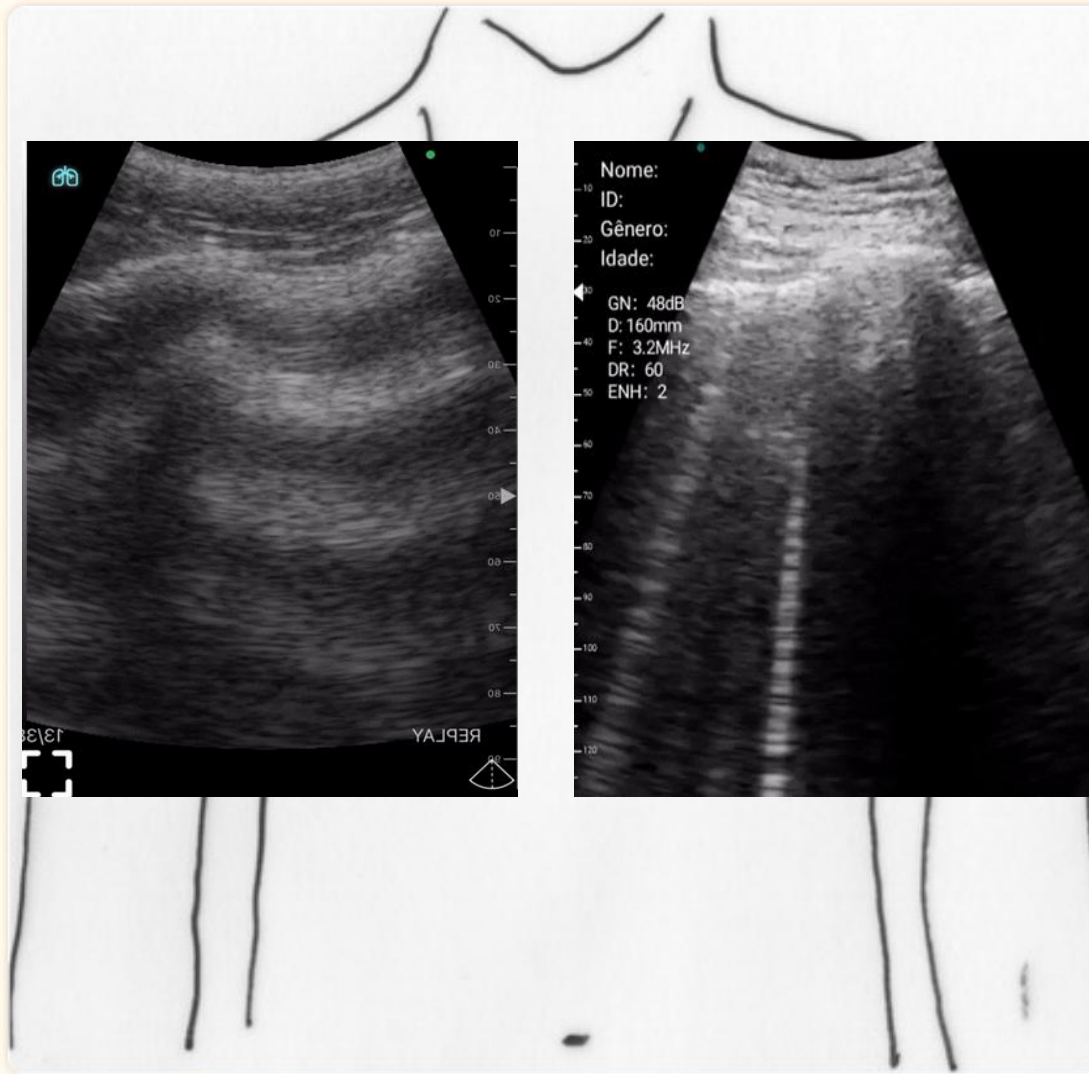
PULMÃO B – DIFERENCIANDO EDEMA DE OUTRAS ETIOLOGIAS

	EDEMA PULMONAR	COVID-19	PNEUMONIA BACTERIANA
Linhas B	Gravitacionais dependentes	Difusas	Variável (focal, multifocal, difusa)
Áreas poupadas	Ausentes	Presentes	Presente
Pleura	Regular	Irregular	Irregular
Deslizamento pleural	Presente	Reduzido	Reduzido
Consolidação subpleural	Ausente	Presente	Presente
Derrame pleural	Geralmente presente	Infrequente	Pode estar presente
Lateralidade	Bilateral e simétrico	Bilateral (não simétrica)	Unilateral

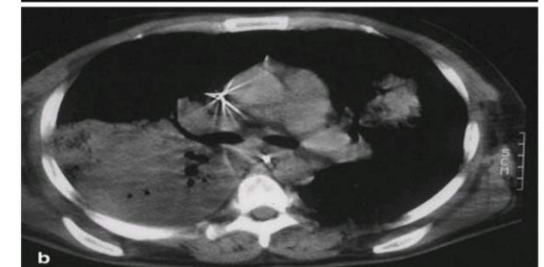
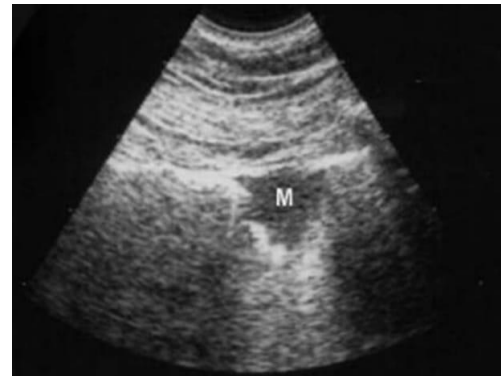
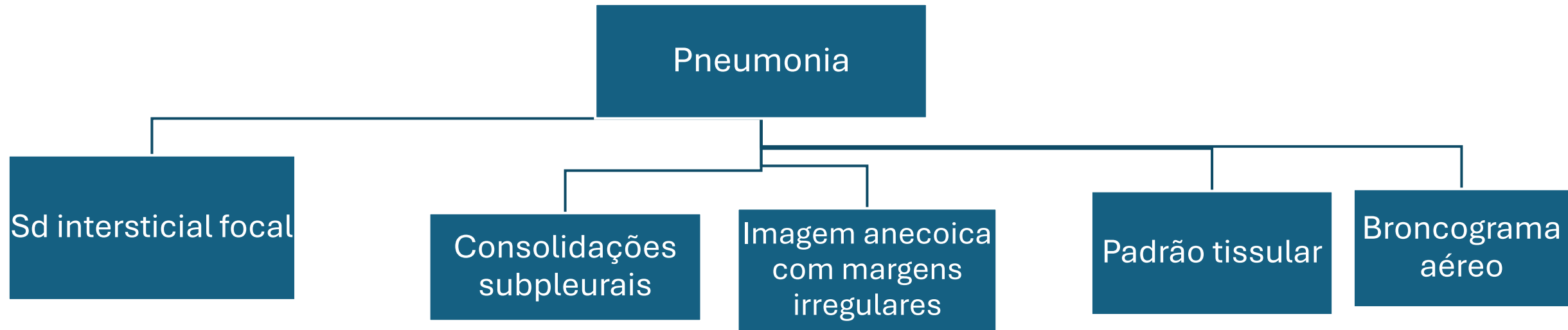




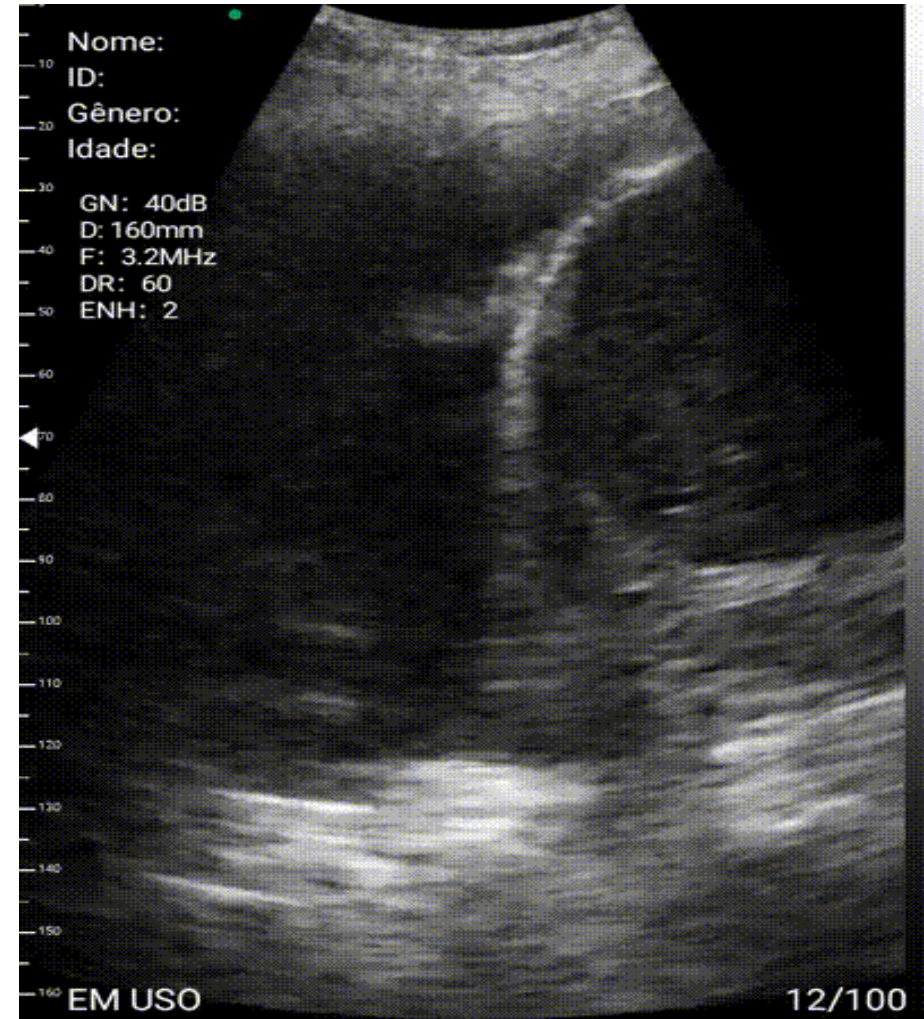
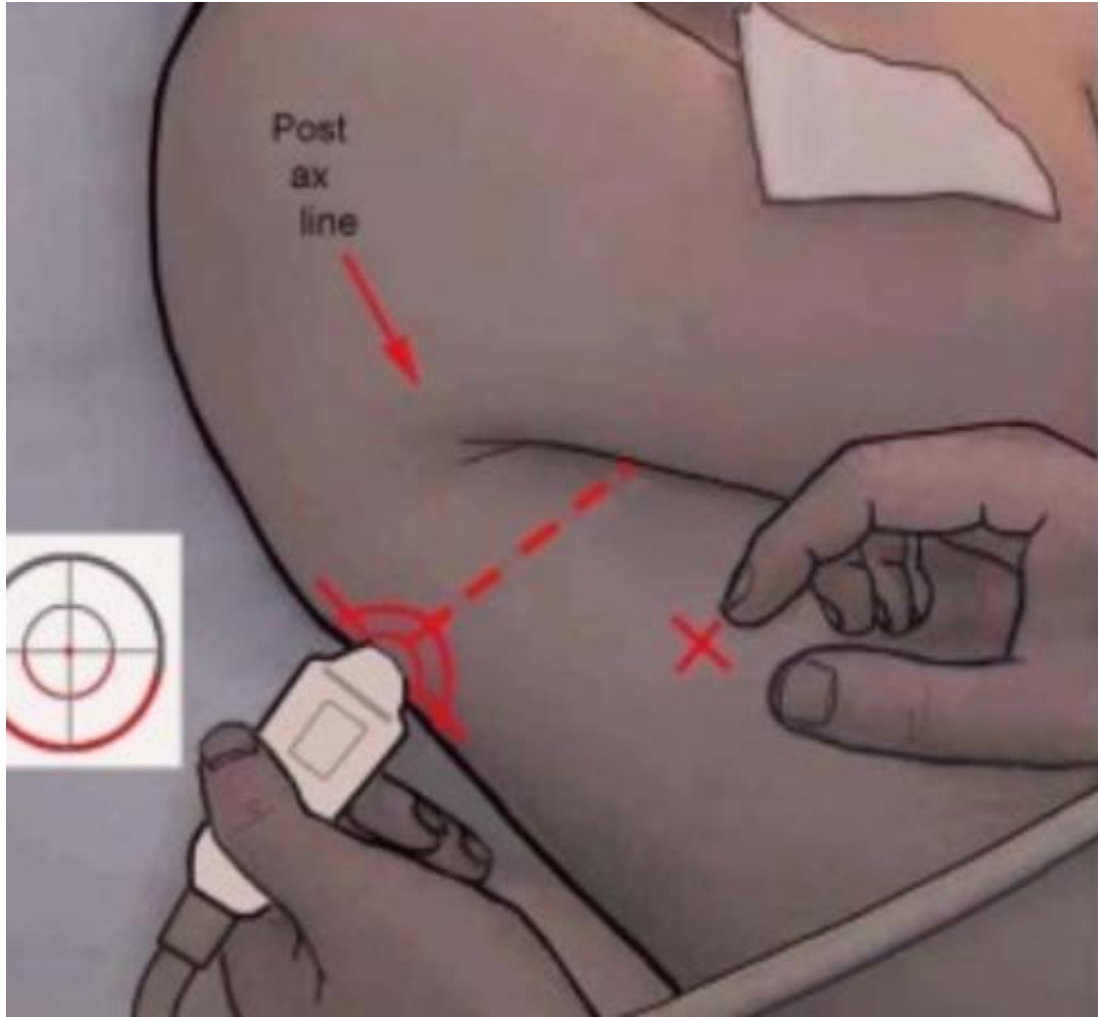
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA NA PNEUMONIA – PULMÃO A-B e B´



AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA NA PNEUMONIA – PULMÃO C



AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA ADICIONAL – DERRAME PLEURAL



AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – DERRAME PLEURAL

➤ Por que usar?

Acurácia geral

- Detecta volumes a partir de 5-15 ml;
- Sensibilidade 94% (67% raio X AP) e especificidade 98%;
- Capacidade de identificar septações e loculações.

Benefícios práticos:

➤ **Ecogenicidade (Asciak et al, 2019)**

- Valor preditivo positivo de 90% para exsudato se aspecto hiperecoico/septações;
- Valor preditivo negativo baixo.

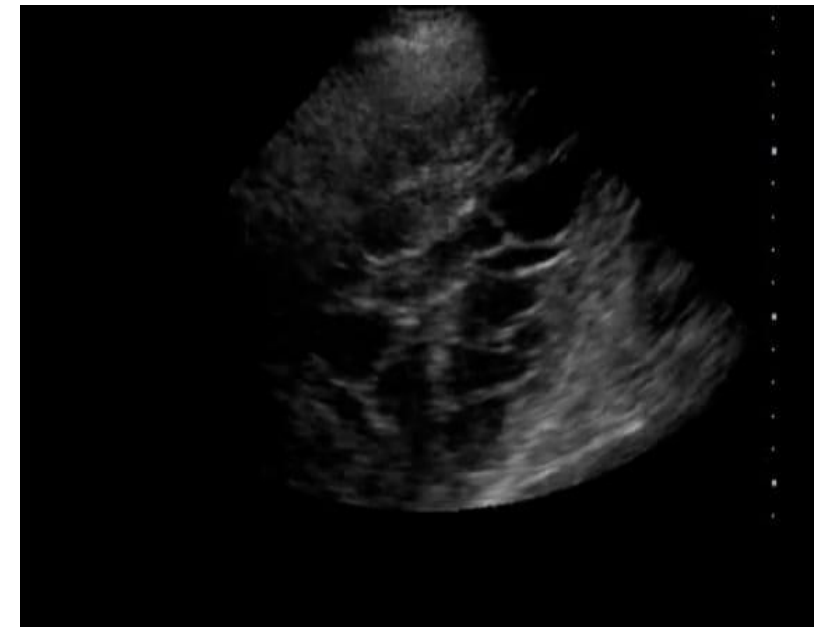
➤ **Sinais ultrassonográficos que justifiquem dispneia ou falência no desmame ventilatório (PLEASE study 2020, European Respiratory Society)**

- Movimento paradoxal do diafragma;
- Volume estimado.



AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – DERRAME PLEURAL

- **Ecogenicidade (Asciak et al, 2019)**
 - Valor preditivo positivo de 90% para exsudato se aspecto hiperecoico;
 - Valor preditivo negativo baixo.
- Sinais ultrassonográficos que justifiquem dispneia ou falência no desmame ventilatório (PLEASE study 2020, European Respiratory Society)
 - Movimento paradoxal do diafragma;
 - Volume estimado.



AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – DERRAME PLEURAL

- Ecogenicidade (Asciak et al, 2019)
 - Valor preditivo positivo de 90% para exsudato se aspecto hiperecoico;
 - Valor preditivo negativo baixo.
- Sinais ultrassonográficos que justifiquem dispneia ou falência no desmame ventilatório (PLEASE study 2020, European Respiratory Society)
 - **Movimento paradoxal do diafragma;**
 - Volume estimado.





Brief Report | [Published: 24 January 2006](#)

Ultrasound estimation of volume of pleural fluid in mechanically ventilated patients

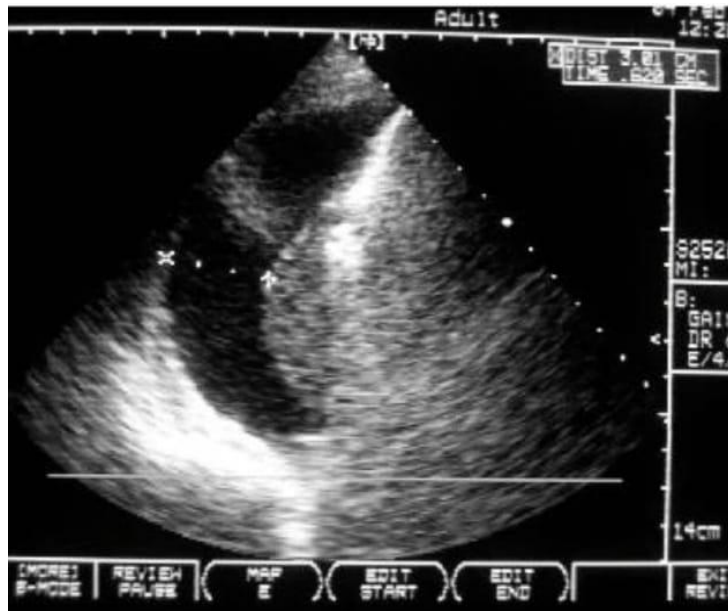
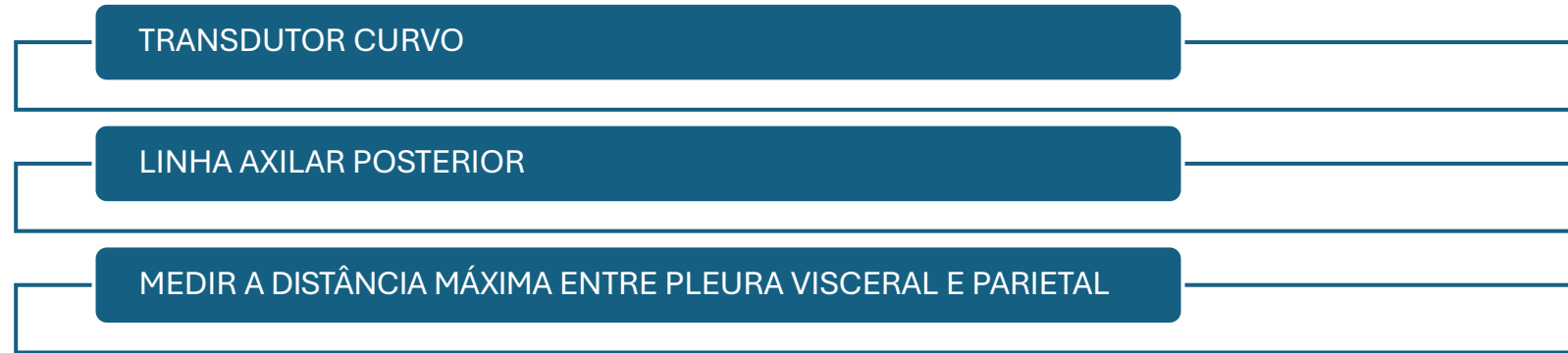
[M Balik](#) , [P Plasil](#), ... [J Pachtl](#) [+ Show authors](#)

[Intensive Care Medicine](#) **32**, 318–321

(2006) | [Cite this article](#)

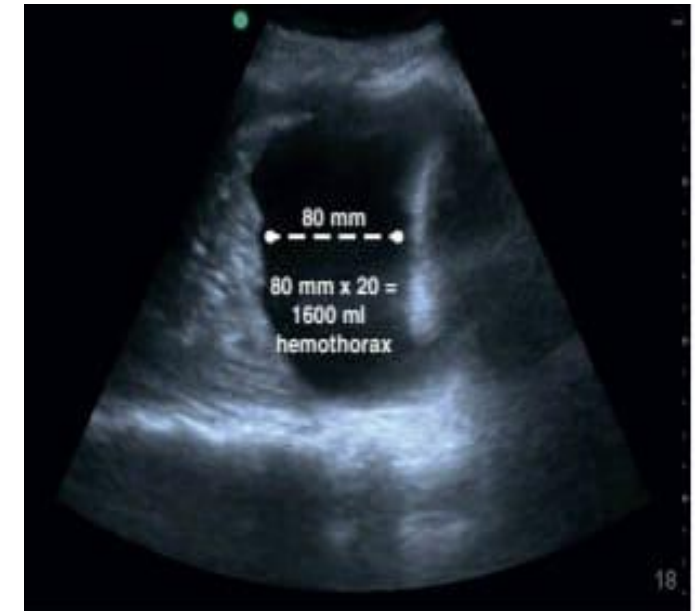
12k Accesses | **223** Citations |

56 Altmetric | [Metrics](#)



DERRAME EM ML:

DISTÂNCIA MÁXIMA
PLEURA VISCERAL-
PARIETAL EM MM X
20



MONITORIZAÇÃO VENTILATÓRIA

CENÁRIOS CLÍNICOS 1 - APEV

- 1) Você está manejando um paciente internado há 3 dias com choque séptico de foco urinário, mantendo balanço hídrico positivo diariamente e persistência de alterações hemodinâmicas – **como identificar a sobrecarga hídrica pulmonar em seu paciente com sepse?**
- 2) Você está na UTI com um paciente em TRS pós injúria renal aguda por NTA. **Como usar o ultrassom para auxiliar no manejo volêmico e titulação de diureticoterapia/retirada de UF no seu paciente em TRS?**



ÁGUA PULMONAR EXTRAVASCULAR NO US NA UTI



Comparative Study

B-lines quantify the lung water content: a lung ultrasound versus lung gravimetry study in acute lung injury

Zoltán Jambrik et al. Ultrasound Med Biol. 2010 Dec.

Show details



Full text links

Cite



PMC PubMed Central®



Critical Care

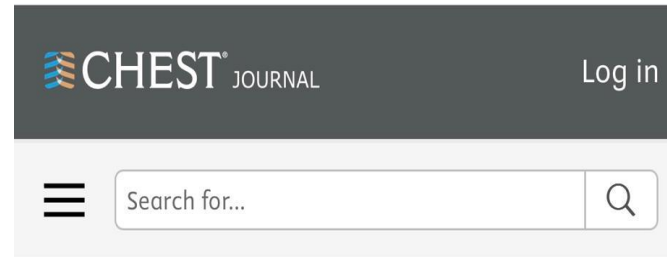


[Crit Care](#). 2013; 17(5): 237. Published online 2013 Sep 13. doi: [10.1186/cc12710](https://doi.org/10.1186/cc12710)

PMCID: PMC4057491 | PMID: [24041261](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24041261/)

Clinical review: The role of ultrasound in estimating extra-vascular lung water

[Murali Shyamsundar](#),¹ [Benjamin Attwood](#),²
[Liza Keating](#),¹ and [Andrew P Walden](#)^{✉1}



ORIGINAL RESEARCH | CRITICAL CARE MEDICINE · Volume
136, Issue 4, P1014-1020, October 2009

Download Full Issue

A-Lines and B-Lines

Lung Ultrasound as a Bedside Tool for
Predicting Pulmonary Artery Occlusion
Pressure in the Critically Ill

[Daniel A. Lichtenstein, MD, FCCP](#) ^a

[Gilbert A. Mezière, MD](#) ^b .

[Jean-François Lagoueyte, MD](#) ^c .

[Philippe Biderman, MD](#) ^a · [Ivan Goldstein, MD](#) ^d .

[Agnès Gepner, MD](#) ^b

Affiliations & Notes

Article Info

- Correlacionado a POAP;
- Comparável a aferição de APEV via termodiluição transpulmonar.

BASE AVALIAÇÃO: QUANTIFICAÇÃO LINHAS B

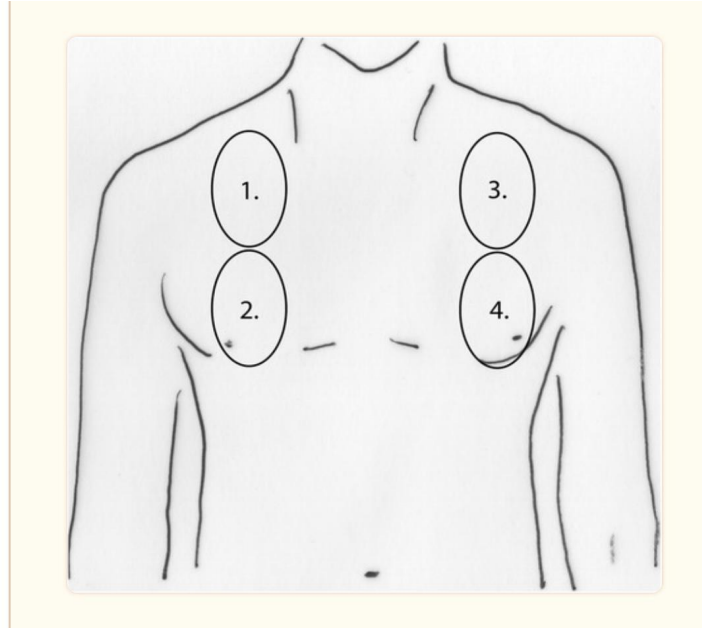


APEV SIMPLIFICADO – 4 ZONAS

- Elevação da APEV é problema comum na UTI: SDRA e sepse.
- Protocolo de 4 zonas com total de 0-32 pontos.
- Acima de 18: APEV superior a 15 ml por kg com S 92,3% e E 94,6%.

Simplified lung ultrasound protocol shows excellent prediction of extravascular lung water in ventilated intensive care patients

[Philipp Enghard](#), [Sibylle Rademacher](#), [Jens Nee](#),
[Dietrich Hasper](#), [Ulrike Engert](#), [Achim Jörres](#), and
[Jan M Kruse](#) 



Ultrasound scoring system

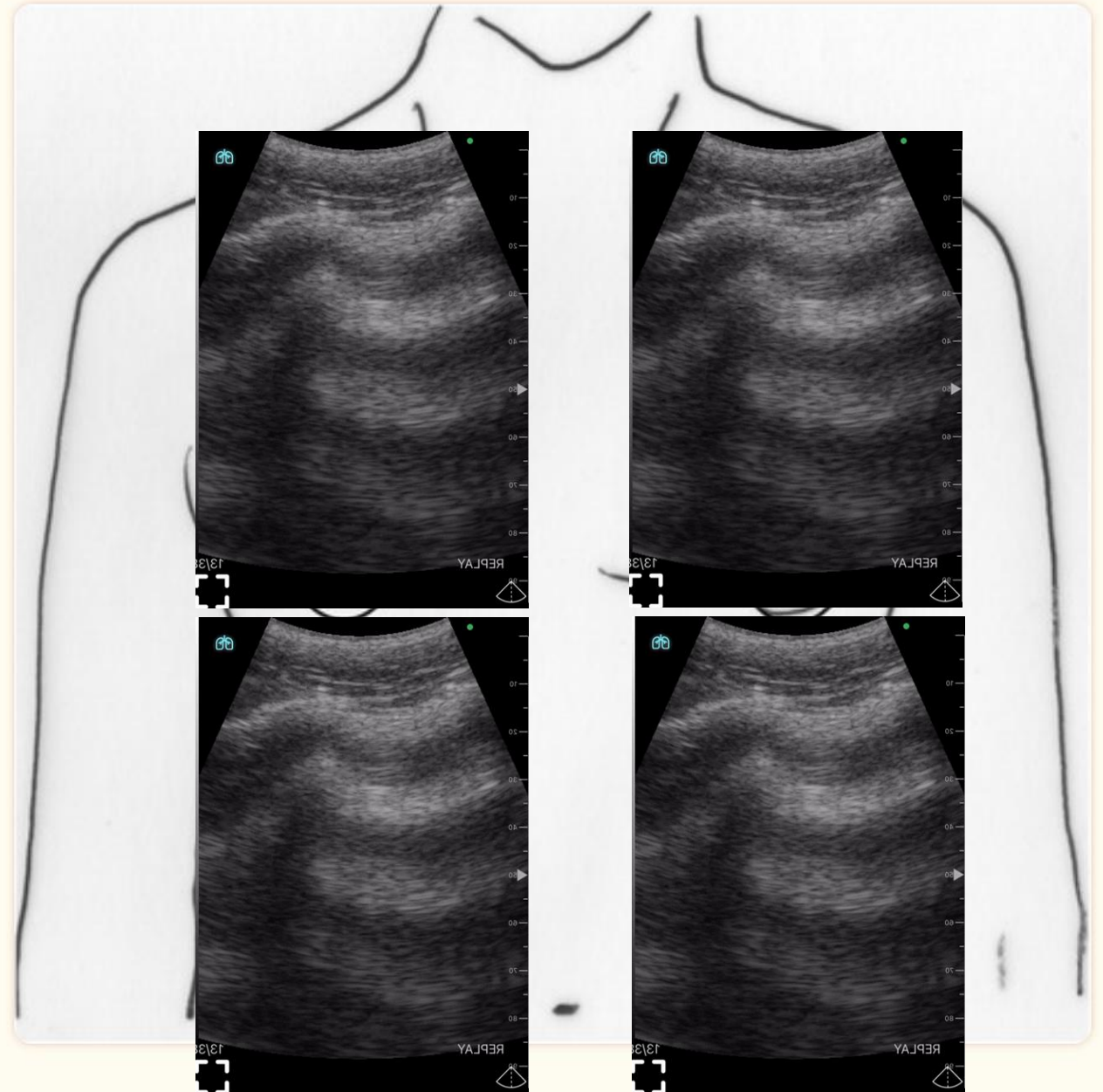
Ultrasound finding	Score
No B line/ICS ^a	0
One B line/ICS ^a	1
Two B lines/ICS ^a	2
Three B lines/ICS ^a	3
Four B lines/ICS ^a	4
Five B lines/ICS ^a	5
Confluent B lines >50% ICS ^a	6
Confluent B lines >75% ICS ^a	7
Confluent B lines 100% ICS ^a	8



PROTOCOLO SIMPLIFICADO DA APEV

Score 4 zonas: 0

APEV inferior a 7ml/kg



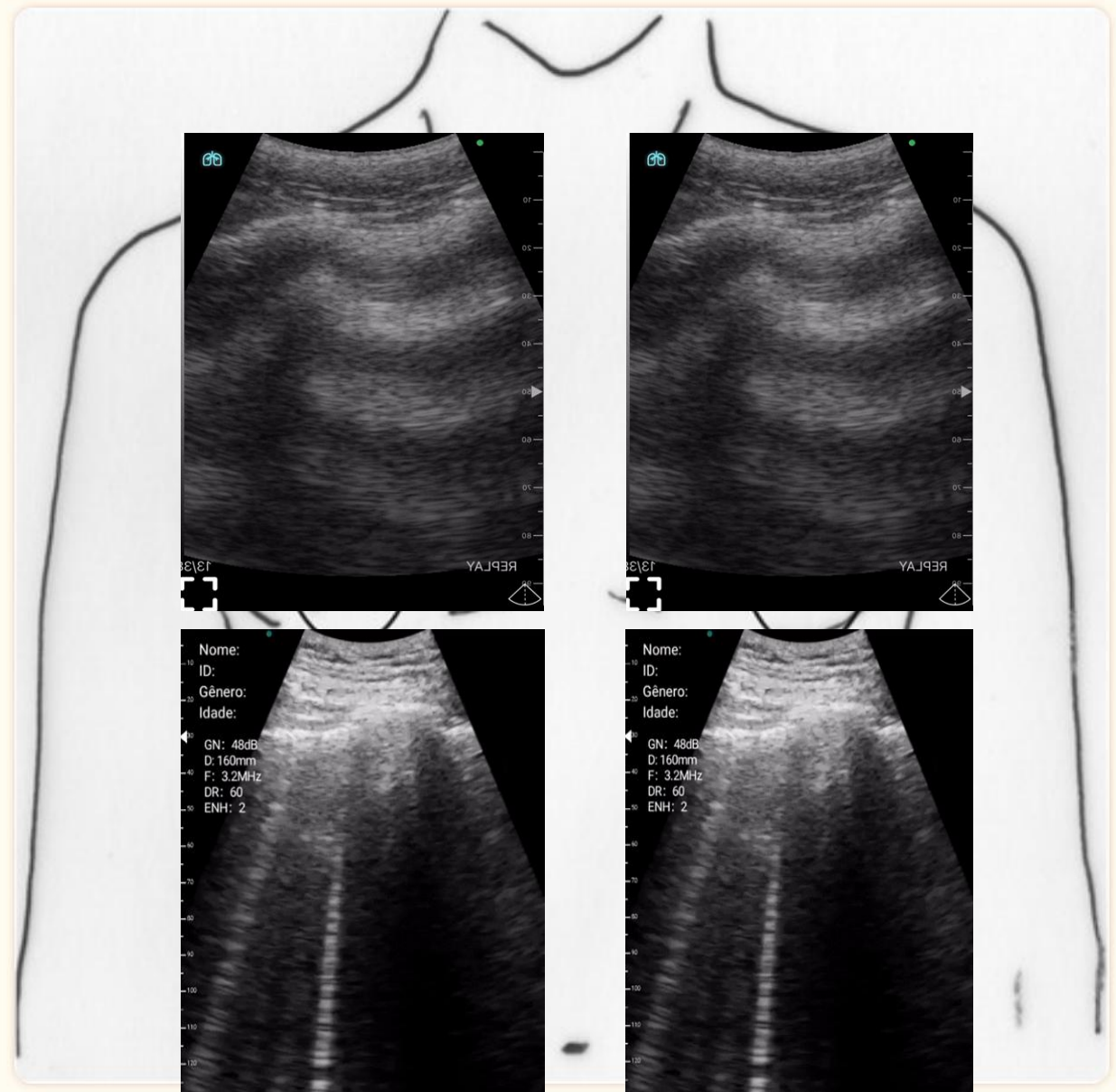
PROTOCOLO SIMPLIFICADO DA APEV

Score 4 zonas: 10 (superior a 1,5 pontos)

APEV superior ao normal (7 mL-kg)

Sensibilidade 92,1%

Especificidade 91,7%



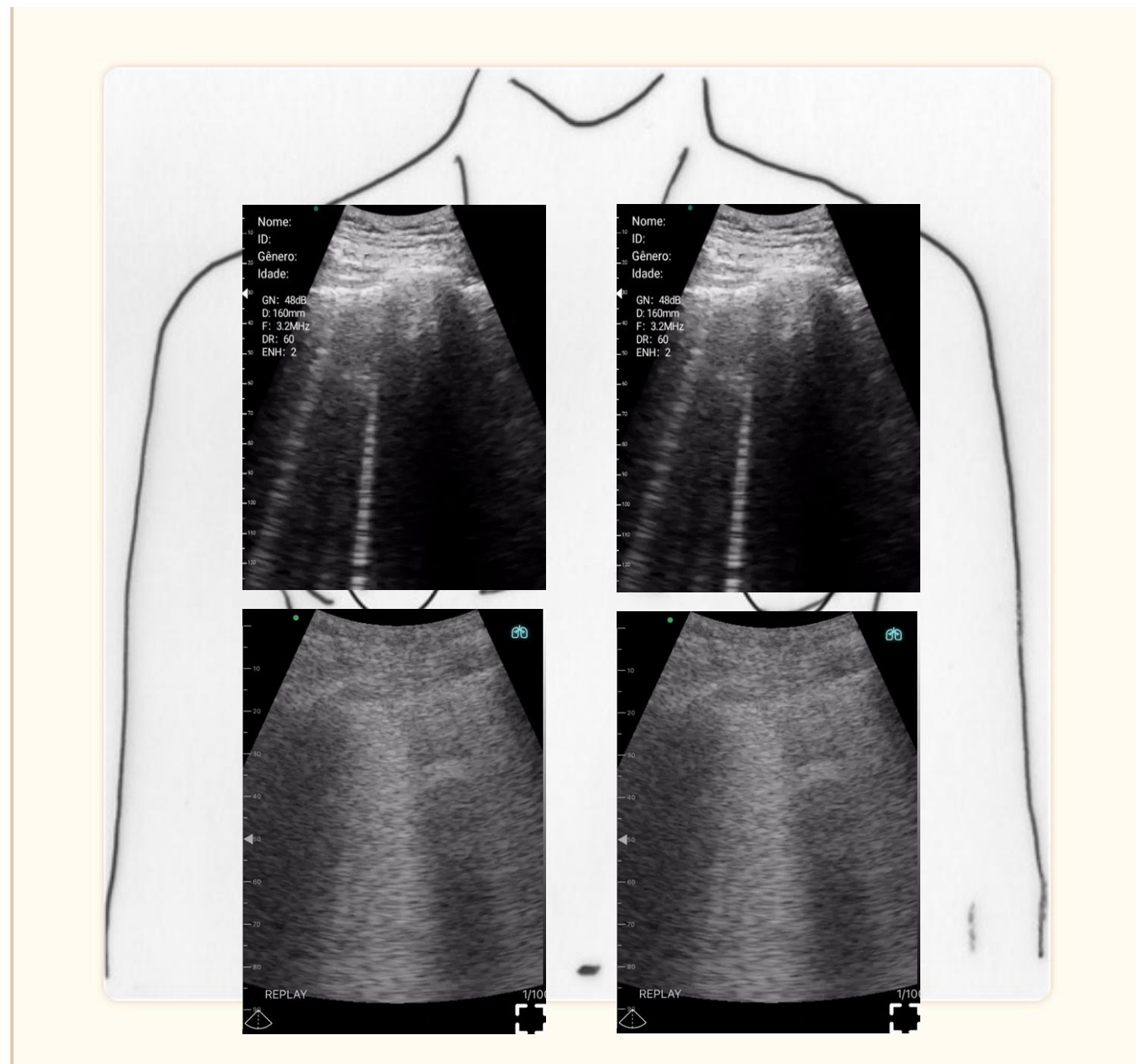
PROTOCOLO SIMPLIFICADO DA APEV

Score 4 zonas: 22 (superior a 18,5)

APEV gravemente alterada (superior a 15 mL-kg)

Sensibilidade 92,3%

Especificidade 94,6%



CENÁRIOS CLÍNICOS 2 – REAERAÇÃO E RECRUTABILIDADE

- 1) Durante o manejo de seu paciente com IRpA por pneumonia em IOT há 24 horas e relação P/F 170, como usar o ultrassom para avaliar o potencial de melhora ou não da oxigenação aumentando a PEEP?
- 1) Durante o manejo de seu paciente com PAC grave, como avaliar a resposta a antibioticoterapia com o ultrassom?



Pergunta

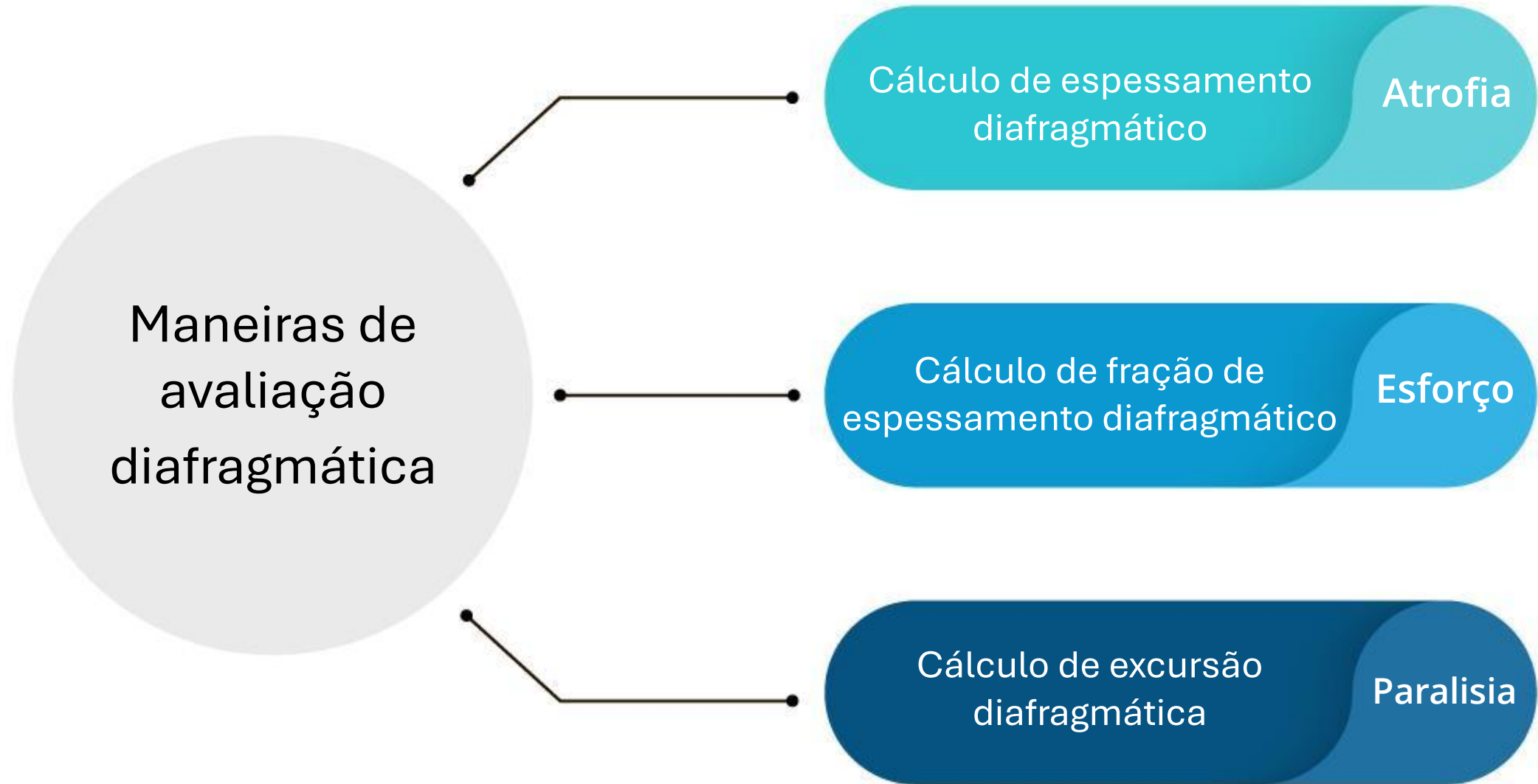
Você está acompanhando um paciente internado por choque hemorrágico por politrauma (lesão hepática, esplênica, renal e fratura de fêmur), em IOT e dependente de sedoanalgesia contínua e DVA em altas vazões.

Pergunta:

- Como posso usar o ultrassom diafragmático para monitorização ventilatória desse paciente ao longo do período em VM?



AVALIAÇÃO DIAFRAGMÁTICA - CONCEITOS



➤ **EXCURSÃO DIAFRAGMÁTICA: Informação sobre movimento da cúpula do diafragma**

- Diminuição de atividade contrátil diafragmática (polineuropatia, lesão por sobreuso etc);
- Lesão traumática (TRM cervical, lesão de N. frênico direta etc);
- Fatores extrínsecos: hipertensão intrabdominal, aprisionamento aéreo.

➤ **ESPESSAMENTO DIAFRAGMÁTICO MÍNIMO: identifica atrofia**

- Uso excessivo de sedativos, bloqueio neuromuscular etc;
- Atrofia por desuso pós lesão.

➤ **FRAÇÃO DE ESPESSAMENTO: avalia esforço**

- Uso insuficiente (FE muita alta) ou excessivo (FE baixa) de pressão de suporte;
- Fator preditor de sucesso no desmame de VM ou VNI.



AVALIAÇÃO DIAFRAGMÁTICA – EXCURSÃO



Transdutor - Curvilíneo

Uso de Janela acústica hepática ou esplênica.

Insonação

Avaliação subcostal anterior, entre linha hemiclavicular e axilar anterior.

Imagem

Diafragma aparece como estrutura hiperecoica com movimentação respiratória.



AVALIAÇÃO DIAFRAGMÁTICA – EXCURSÃO



Transdutor - Curvilíneo
Uso de Janela acústica hepática ou esplênica.

Insonação

Avaliação subcostal anterior, entre linha hemiclavicular e axilar anterior.

Imagem

Diafragma aparece como estrutura hiperecoica com movimentação respiratória.



AVALIAÇÃO DIAFRAGMÁTICA – EXCURSÃO



Transdutor - Curvilíneo

Uso de Janela acústica hepática ou esplênica.

Insonação

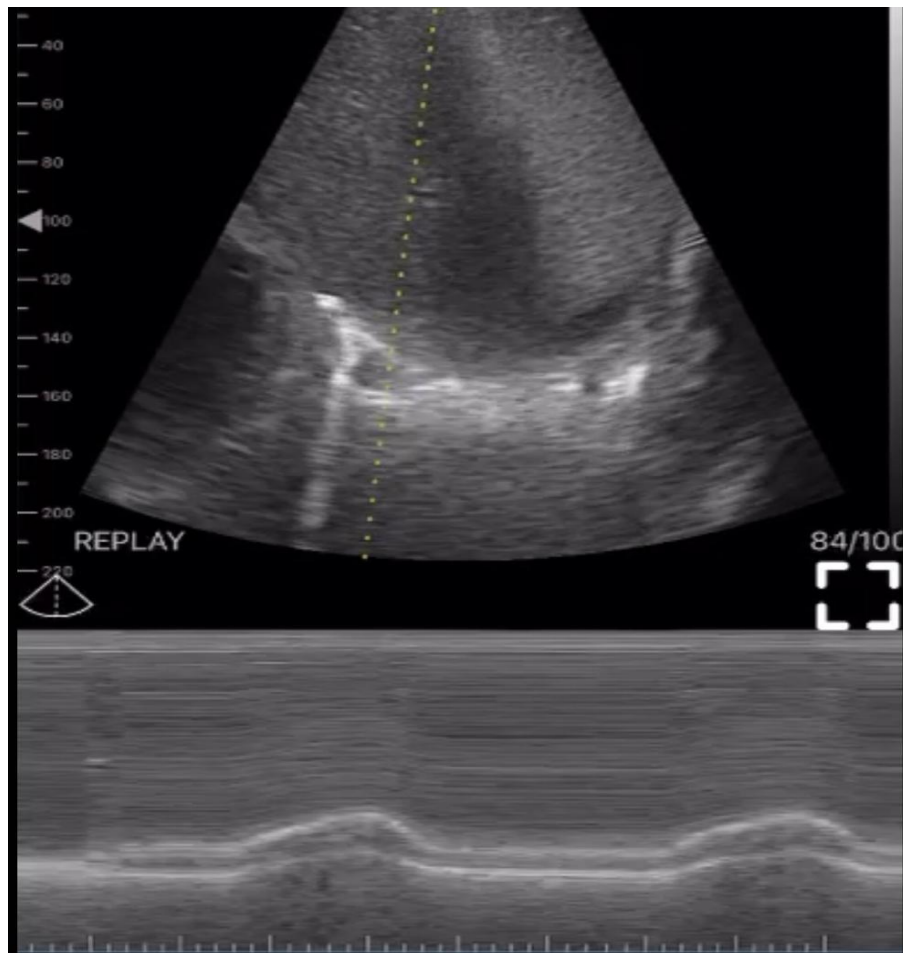
Avaliação subcostal anterior, entre linha hemiclavicular e axilar anterior.

Imagem

Diafragma aparece como estrutura hiperecoica com movimentação respiratória.



AVALIAÇÃO DIAFRAGMÁTICA – EXCURSÃO



Quantificar no modo M

Transdutor - Curvilíneo

Uso de Janela acústica hepática ou esplênica.

Insonação

Avaliação subcostal anterior, entre linha hemiclavicular e axilar anterior.

Imagem

Diafragma aparece como estrutura hiperecoica com movimentação respiratória.



AVALIAÇÃO DIAFRAGMÁTICA – EXCURSÃO

INTERPRETAÇÃO DOS VALORES

Sem definição universal de valores normais. Em respiração normal:

- Mulheres: superior a 1,6 cm
- Homens: superior a 1,8 cm

APLICAÇÕES

- Mudança dinâmica do valor durante manejo de broncoespasmo;
- Identificação de fatores limitantes de sucesso no TRE.

Transdutor - Curvilíneo

Uso de Janela acústica hepática ou esplênica.

Insonação

Avaliação subcostal anterior, entre linha hemiclavicular e axilar anterior.

Imagem

Diafragma aparece como estrutura hiperecoica com movimentação respiratória.



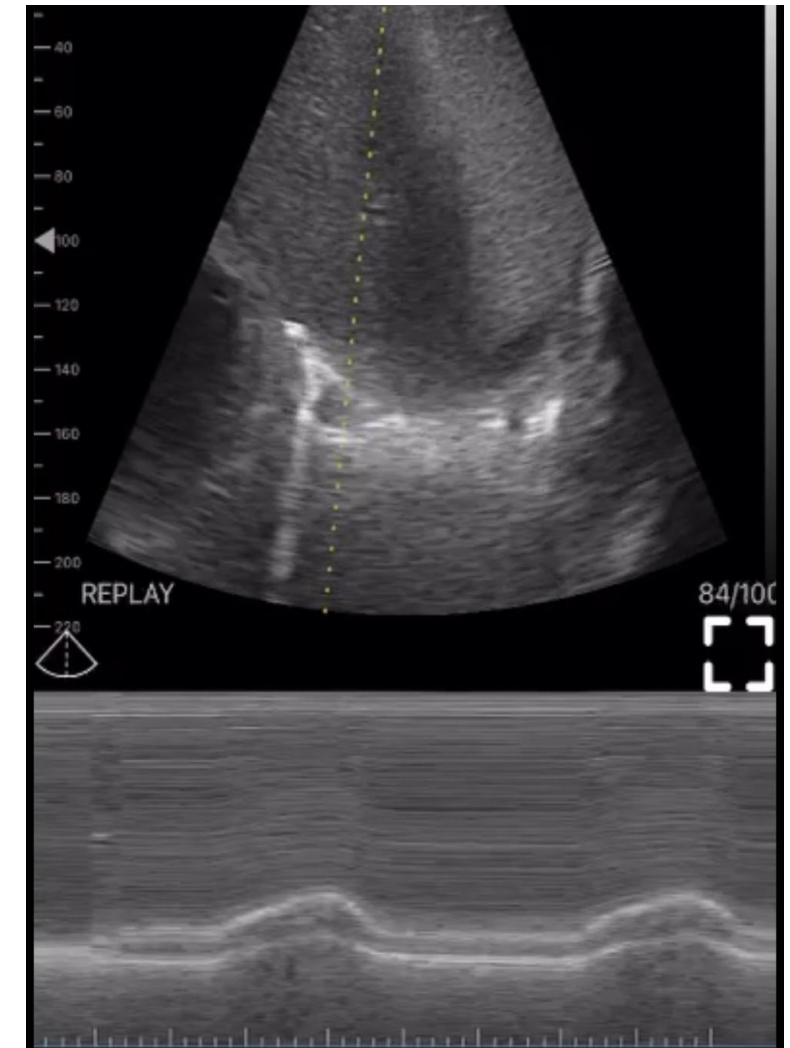
APLICAÇÃO EXCURSÃO – AVALIAÇÃO EM BRONCOESPASMO

ULTRASOUND ANALYSIS OF DIAPHRAGM KINETICS AND THE DIAGNOSIS OF AIRWAY OBSTRUCTION: THE ROLE OF THE M-MODE INDEX OF OBSTRUCTION¹

ALESSANDRO ZANFORLIN,^{*} ANDREA SMARGIASSI,[†] RICCARDO INCHINGOLO,[†]

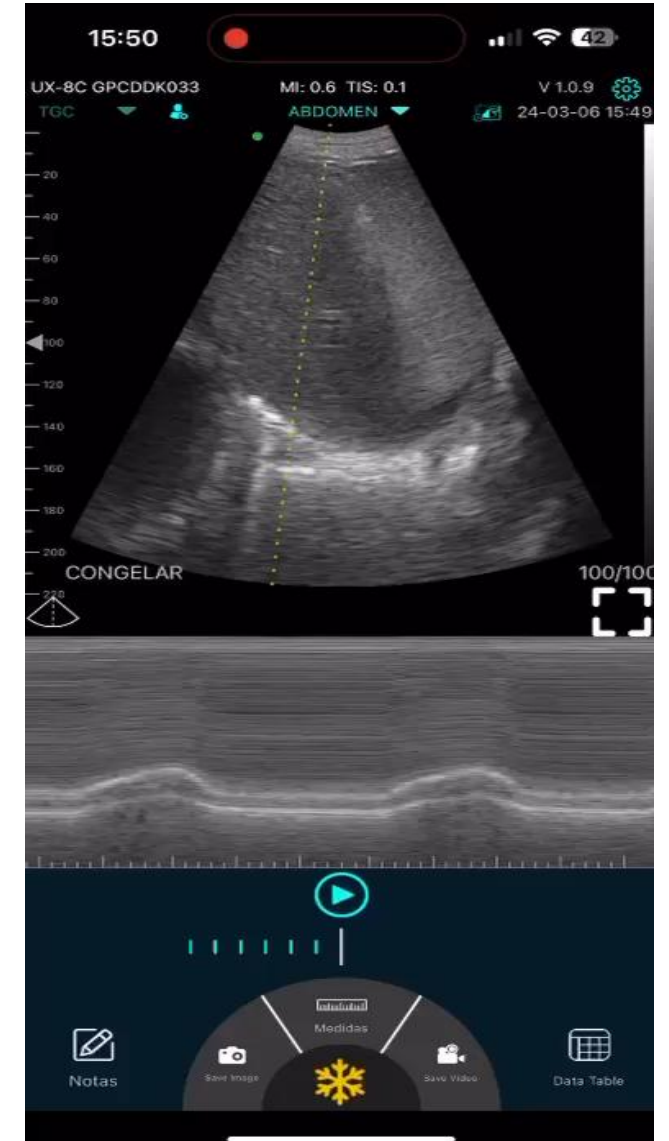
ALESSANDRO DI MARCO BERARDINO,[†] SALVATORE VALENTE,[†] and EMILIO RAMAZZINA^{*}

^{*}Multidisciplinary Medicine Unit, General Hospital “San Luca,” Trecenta (Rovigo), Rovigo, Italy; and [†]Pulmonary Medicine Department, University Hospital “A. Gemelli,” Università Cattolica del Sacro Cuore, Rome, Italy



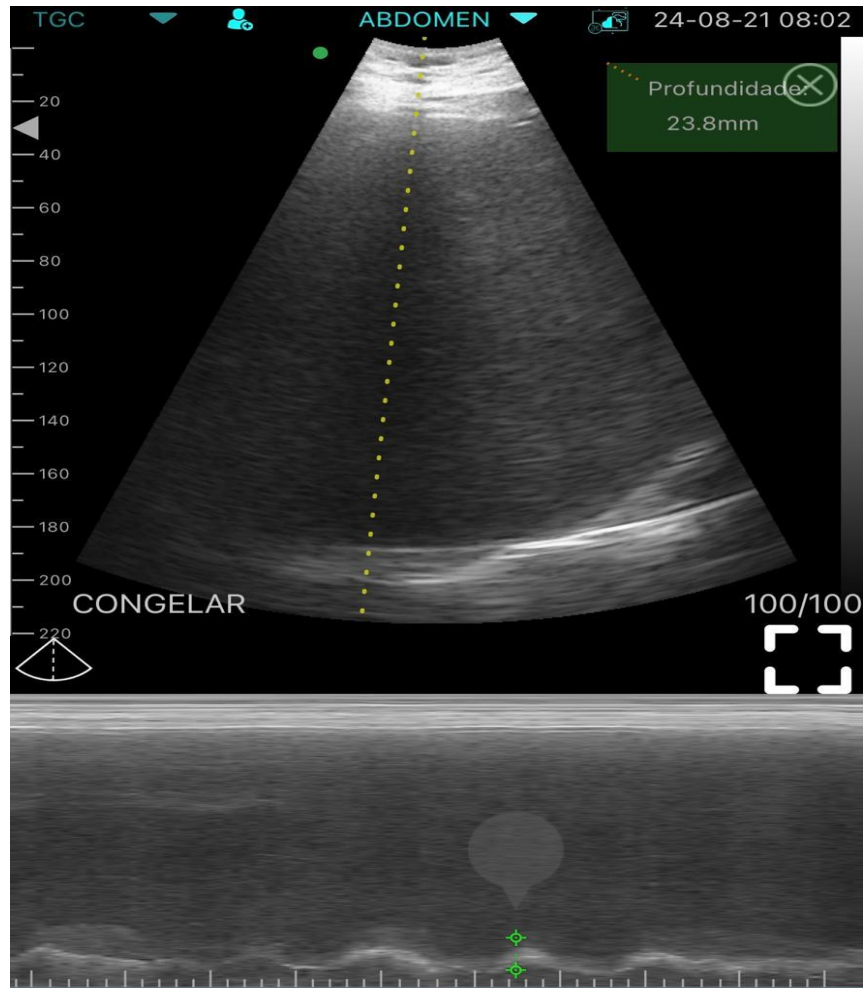
APLICAÇÃO EXCURSÃO – AVALIAÇÃO EM BRONCOESPASMO

- Estudos em pacientes com DPOC:
- Base do uso do US de diafragma nesse cenário: o aprisionamento aéreo é o principal fator limitante da excursão diafragmática em pacientes com DPOC exacerbado.
- Técnica de ultrassom: excursão diafragmática.
- Resultados: **O aumento da excursão do diafragma durante a VNI (> 18 mm vs < 12 mm) foi associado ao sucesso da VNI e à diminuição do $Paco_2$ depois de uma hora.**

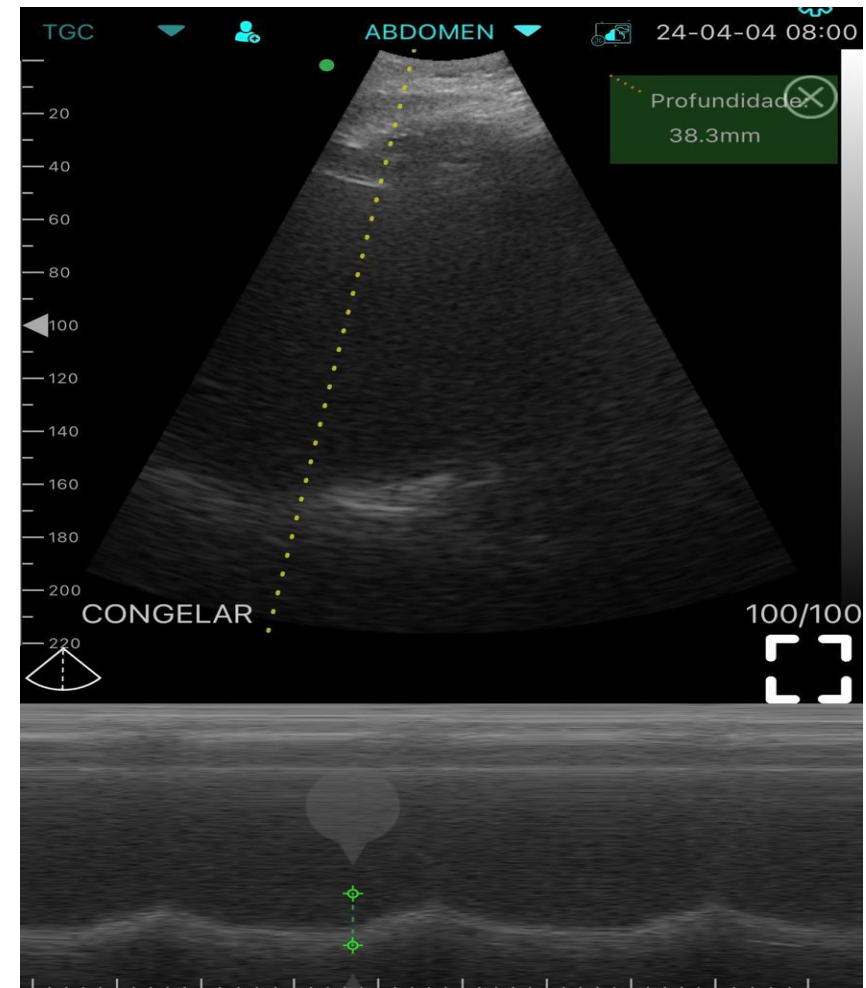


APLICAÇÃO EXCURSÃO – AVALIAÇÃO EM BRONCOESPASMO

PRÉ BRONCODILATADOR: 2,38 CM



PÓS BRONCODILATADOR: 3,83 CM



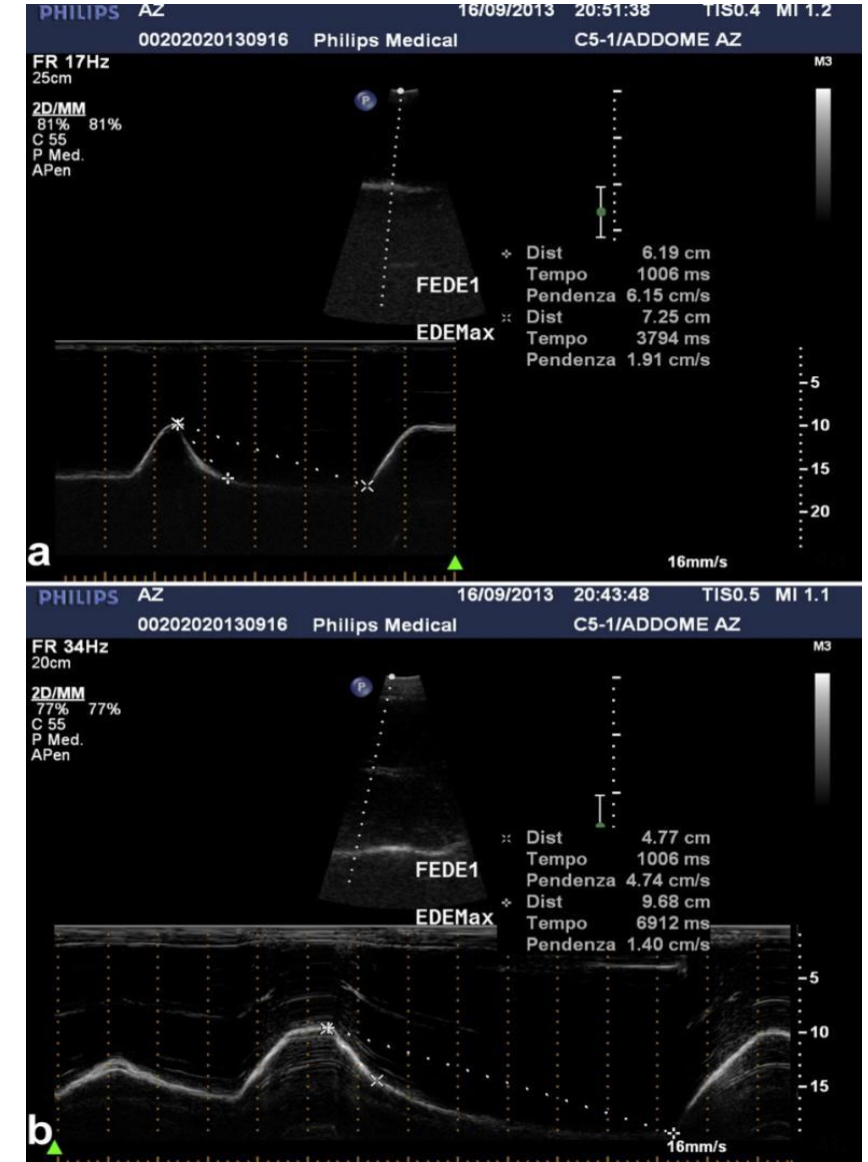
APLICAÇÃO EXCURSÃO – AVALIAÇÃO EM BRONCOESPASMO

➤ Correlação entre ultrassonografia e índice de Tiffenau:

FED1: Excursão diafragmática expiratória forçada no primeiro segundo – equivalente ao VEF1.

EDEmax: Excursão expiratória diafragmática máxima – equivalente ao CVF.

Relação entre FED1 e EDEmax equivalente ao índice de Tiffenau.



AVALIAÇÃO DIAFRAGMÁTICA – ESPESSAMENTO E FED



Transdutor - Linear

Visualização direta do diafragma.

Insonação

Avaliação em linha axilar anterior, na zona de aposição.

Imagem

Diafragma aparece como estrutura hipoecoica entre duas serosas hiperecoicas.



AVALIAÇÃO DIAFRAGMÁTICA – ESPESSAMENTO E FED



Transdutor - Linear

Visualização direta do diafragma.

Insonação

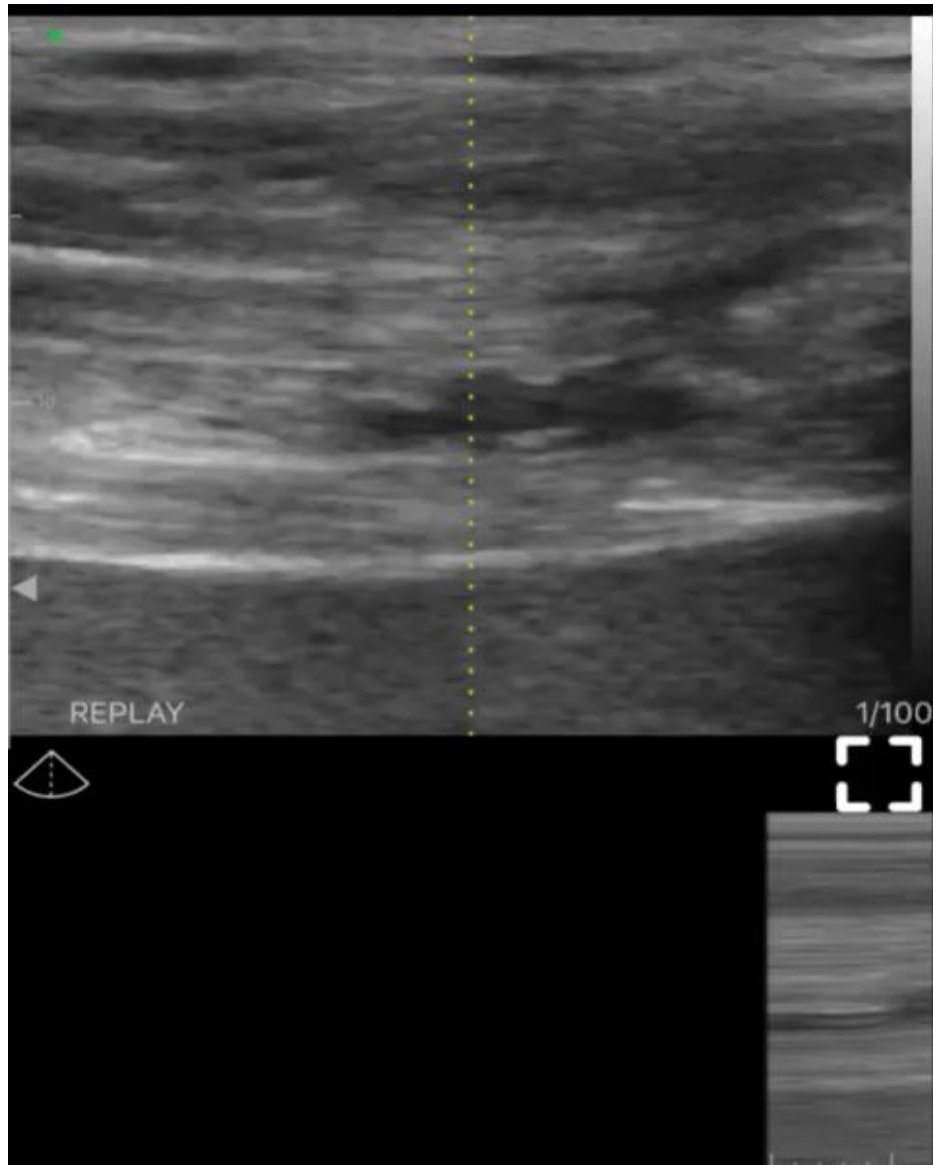
Avaliação em linha axilar anterior, na zona de aposição.

Imagem

Diafragma aparece como estrutura hipoecoica entre duas serosas hiperecoicas.



AVALIAÇÃO DIAFRAGMÁTICA – ESPESSAMENTO E FED



Transdutor - Linear

Visualização direta do diafragma.

Insonação

Avaliação em linha axilar anterior, na zona de aposição.

Imagem

Diafragma aparece como estrutura hipoeicoica entre duas serosas hiperecoicas.



AVALIAÇÃO DIAFRAGMÁTICA – ESPESSAMENTO E FED

INTERPRETAÇÃO DOS VALORES

Sem definição universal de valores normais. Em geral:

Espessamento mínimo: "normal" acima de 0,15 cm

- Valorizar perda de 10% do valor basal do paciente em exames seriados.

Fração de espessamento diafragmático: "normal" se 20-30%

- Contextualizar com o suporte ventilatório do momento.

APLICAÇÕES

- Ajustes medicamentosos – redução de componente iatrogênico;
- Avaliar esforço durante PSV;
- Predição de risco de falha de VM e VNI.

Transdutor - Linear

Visualização direta do diafragma.

Insonação

Avaliação em linha axilar anterior, na zona de aposição.

Imagem

Diafragma aparece como estrutura hipoecoica entre duas serosas hiperecoicas.

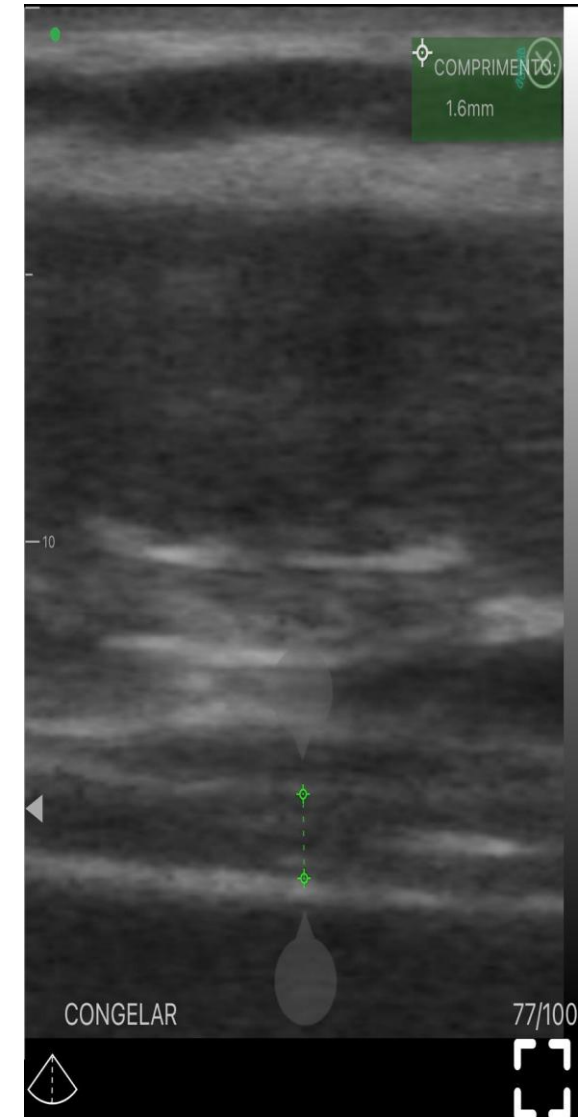
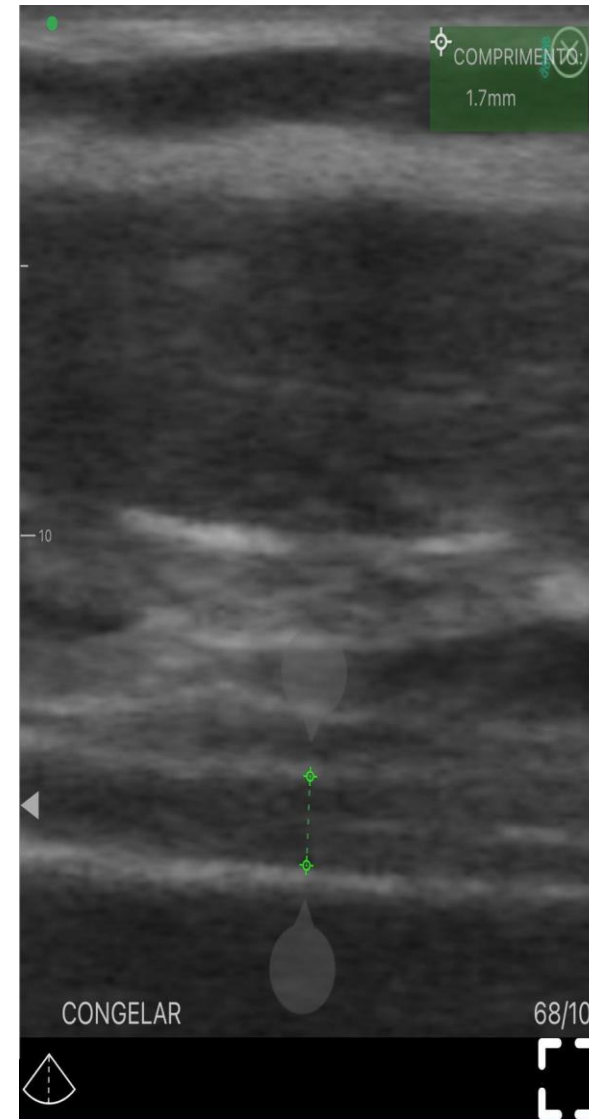


APLICAÇÃO ESPESSAMENTO MÍNIMO – IDENTIFICAÇÃO ATROFIA

- Definição: perda de 10% da espessura diafragmática em aferições seriadas.
- Prognóstico: redução da massa diafragmática nas primeiras 36 horas de IOT mostrou resultado adverso.

Association of Low Baseline Diaphragm Muscle Mass With Prolonged Mechanical Ventilation and Mortality Among Critically Ill Adults

Michael C Sklar et al. JAMA Netw Open. 2020.



APLICAÇÃO DE FRAÇÃO ESPESSAMENTO – IDENTIFICAÇÃO DE ESFORÇO

Avaliação de diafragma – Fração de espessamento

Cálculo para fração de espessamento diafragmático:

Valor maior (inspiração) – valor menor (expiração)

Valor menor (expiração)

Exemplo:

Valor inspiração: 0,2

Valor expiração: 0,12

FE: $0,2 - 0,12 / 0,12$: 0,66

0,66 x 100: **66% de fração de ejeção (Normal superior a 20%).**



APLICAÇÃO DE FRAÇÃO ESPESSAMENTO – IDENTIFICAÇÃO DE ESFORÇO



- Fração de espessamento diafragmático como equivalente de esforço ventilatório.
- Valores de FE entre 15-30% potencialmente relacionadas a desfechos favoráveis.

PubMed[®]
Advanced User Guide



Comparative Study

Mechanical Ventilation-induced Diaphragm Atrophy Strongly Impacts Clinical Outcomes

Ewan C Goligher et al. Am J Respir Crit Care Med. 2018.

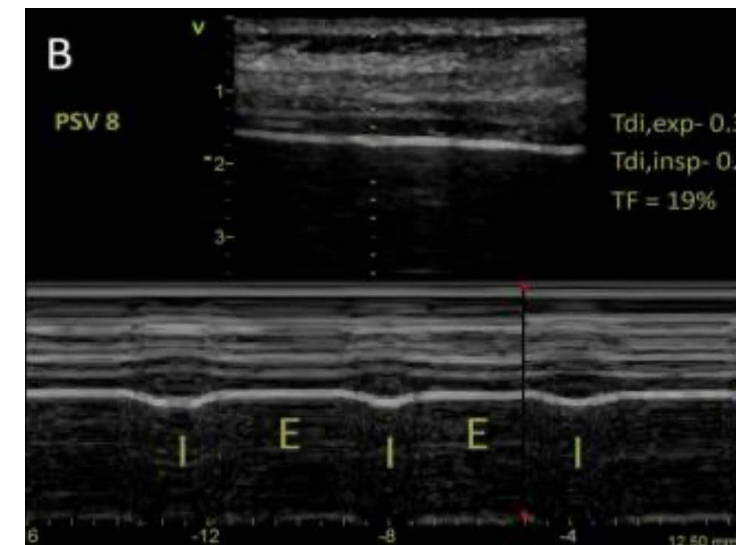
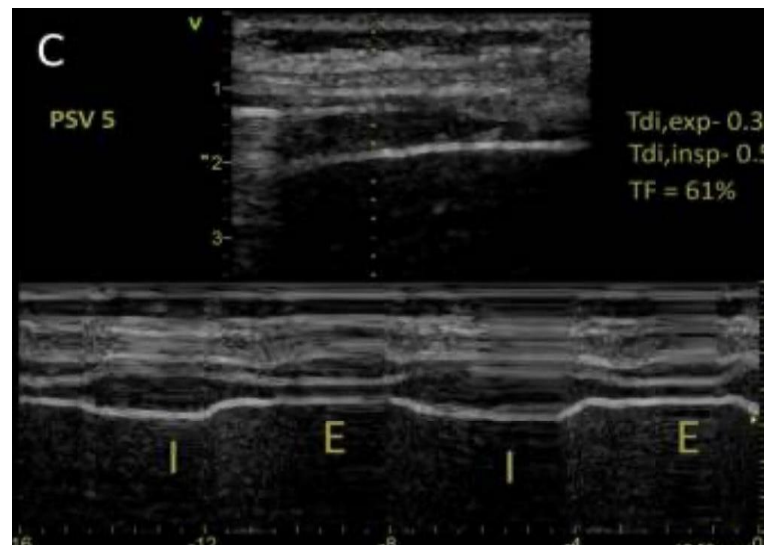
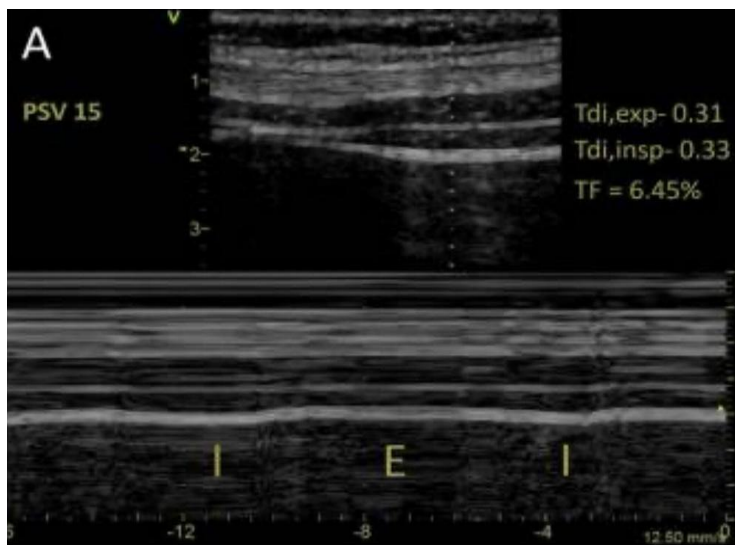
Show details



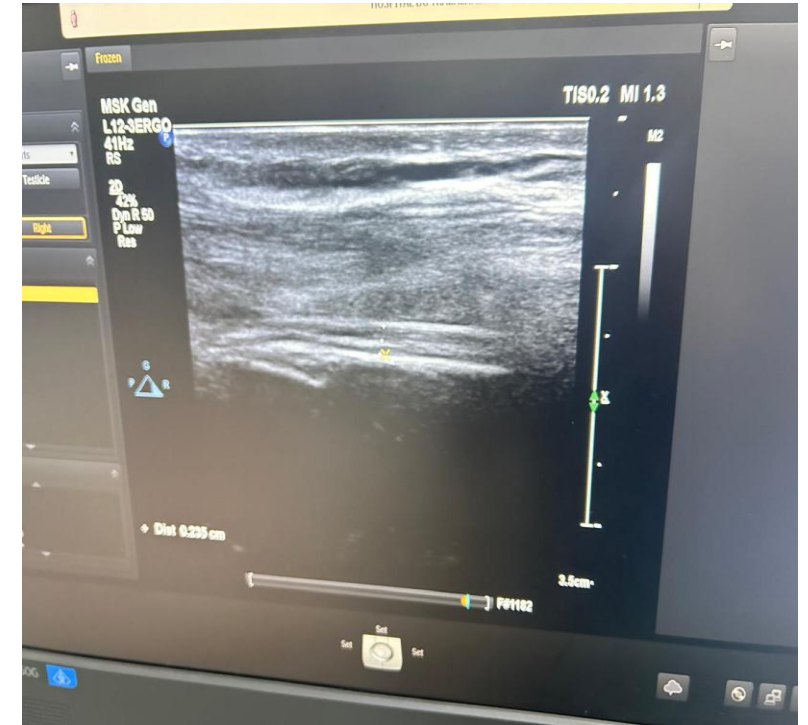
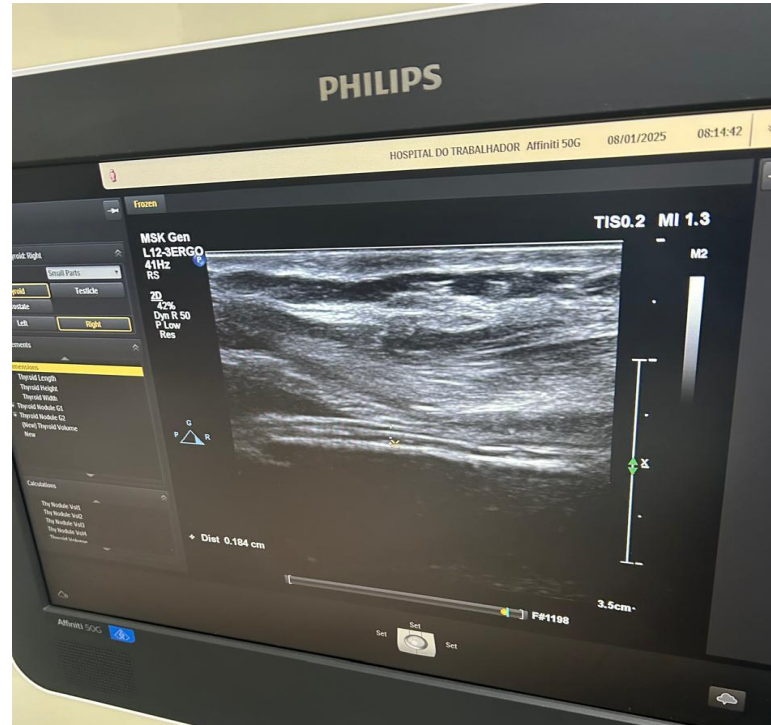
Full text links

Cite

...



➤ Exame 08/01 - paciente box 1 UTI Geral



➤ Mínimo: 0,16 cm

PSV 15 – FED 22%

PSV 10 – FED 42%

➤ Sugestão (off-label):

- Alto P01 e baixo FED: fadiga muscular;
- Alto P01 e FED normal: drive aumentado;
- Baixo P01 e baixo FED: fraqueza muscular, sobreassitência...



APLICAÇÃO DE FRAÇÃO ESPESSAMENTO – PREDIÇÃO DE FALHA NA VNI

➤ FE superior a 20%: favorável à sucesso de VNI.

[Intensive Care Med.](#) 2020; 46(4): 594–605.

Published online 2020 Jan 14.

doi: [10.1007/s00134-019-05892-8](https://doi.org/10.1007/s00134-019-05892-8)

PMCID: PMC7103016 | PMID: [31938825](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31938825/)

Respiratory muscle ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications in ICU and ED patients—a narrative review

[Pieter R. Tuinman](#),^{1,2} [Annemijn H. Jonkman](#),¹

[Martin Dres](#),³ [Zhong-Hua Shi](#),^{1,4}

[Ewan C. Goligher](#),^{5,6} [Alberto Goffi](#),^{5,7}

[Chris de Korte](#),⁸ [Alexandre Demoule](#),³ and

[Leo Heunks](#)^{✉1}

Prevalence and outcomes of diaphragmatic dysfunction assessed by ultrasound technology during acute exacerbation of COPD: A pilot study

Federico Antenora et al. *Respirology*. 2017 Feb.





Avaliação de diafragma – Fração de espessamento – Avaliação pré extubação

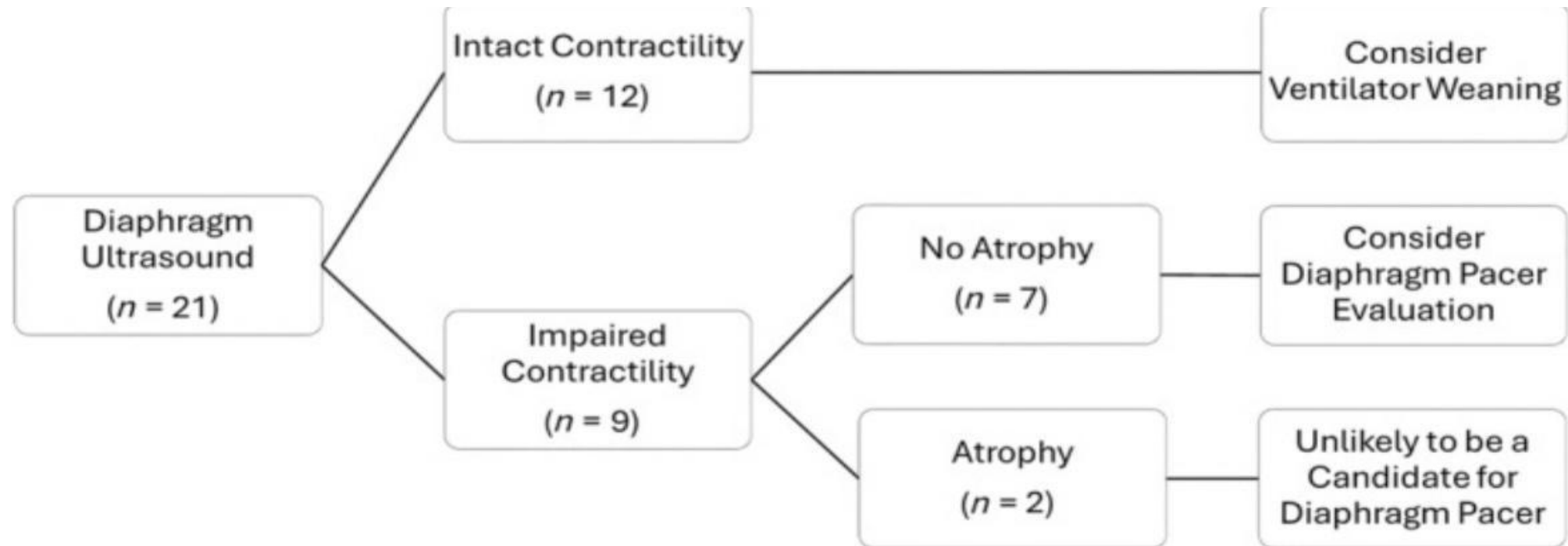
AUTOR	MENSURAÇÃO	CUTOFF
Dino 2013	FE durante TRE	Acima de 30%
Jung 2016	FE durante TRE	Acima de 20%
Dres 2016	FE durante PSV	Acima de 29%

APLICAÇÃO DE FRAÇÃO ESPESSAMENTO + ESPESSAMENTO MÍNIMO – APLICAÇÃO EM TRM CERVICAL

- Razão de espessamento superior a 1,2 em todos os com sucesso de desmame;
- RE inferior a 1,2 em todos com insucesso decorrente do TRM cervical.

Predictive Value of Diaphragm Muscle Ultrasound for Ventilator Weaning Outcomes After Cervical Spinal Cord Injury: A Retrospective Case Series

Natasha S Bhatia et al. J Ultrasound Med. 2025 Jan.



INTEGRANDO VARIÁVEIS NO DESMAME VENTILATÓRIO

REVIEW

Ultrasonography evaluation during the weaning process: the heart, the diaphragm, the pleura and the lung

P. Mayo^{1*}, G. Volpicelli², N. Lerolle³, A. Schreiber⁴, P. Doelken⁵ and A. Vieillard-Baron^{6,7,8}

© 2016 Springer-Verlag Berlin Heidelberg and ESICM

Abstract

Purpose: On a regular basis, the intensivist encounters the patient who is difficult to wean from mechanical ventilatory support. The causes for failure to wean from mechanical ventilatory support are often multifactorial and involve a complex interplay between cardiac and pulmonary dysfunction. A potential application of point of care ultrasonography relates to its utility in the process of weaning the patient from mechanical ventilatory support.

Methods: This article reviews some applications of ultrasonography that may be relevant to the process of weaning from mechanical ventilatory support.

Results: The authors have divided these applications of ultrasonography into four separate categories: the assessment of cardiac, diaphragmatic, and lung function; and the identification of pleural effusion; which can all be evaluated with ultrasonography during a dynamic process in which the intensivist is uniquely positioned to use ultrasonography at the point of care.

Conclusions: Ultrasonography may have useful application during the weaning process from mechanical ventilatory support.

Keywords: Echocardiography, Ultrasonography, Weaning, Cardiac function

Introduction

Ultrasonography is well established as a useful bedside tool when performed by the intensivist at point of care for evaluation of cardiopulmonary failure. As ultrasonography is an evolving part of critical care medicine, an interesting feature of the discipline is that it lends itself to innovative applications. One of these relates to its potential utility in the process of weaning the patient from mechanical ventilatory support. As this utility is not yet well defined, this article reviews some applications of ultrasonography that may be relevant to the weaning process. We have divided these into four separate categories: the assessment of cardiac,

diaphragmatic, pleural effusion and lung function. The purpose of this review is to inform the reader as to the potential utility of ultrasonography to aid in the process of weaning from mechanical ventilatory support. In reviewing the literature on the subject, it is important to define what constitutes successful weaning. Most investigators define success as when the patient remains extubated for 48 h following removal of the endotracheal tube. Some studies report on the outcome of a spontaneous breathing trial (SBT), which is generally defined as a period of observation during which the patient is breathing through a T-piece with an appropriate amount of supplemental oxygen. Adequate SBT performance does not necessarily result in successful extubation.

Assessment of cardiac function

Weaning may be considered an exercise requiring an elevation in cardiac index, oxygen demand and consumption

VARIÁVEL	PONTO DE CORTE
FRAÇÃO ESPESSAMENTO DIAFRAGMÁTICO	Mínimo: acima de 21% Ideal: acima de 36%
FUNÇÃO DIASTÓLICA E SISTÓLICA	E/A < 0,8; FEVE > 40%
EXCURSÃO DIAFRAGMÁTICA	Mínimo: acima de 1,1 cm Ideal: acima de 1,6 cm
DERRAME PLEURAL	Inferior a 5 cm
APEV	Perfil A

*Correspondence: mayosono@gmail.com

¹ North Shore/LIJ Medical Center, Division of Pulmonary, Critical Care, and Sleep Medicine, Hofstra NorthShore-LIJ School of Medicine, Hempstead, NY 11549, USA

Full list of author information is available at the end of the article



PREDIÇÃO DE SUCESSO DE VNI

PASSO 1 – AVALIAÇÃO DE AERAÇÃO PULMONAR - "LUS SCORE"

Ahmed et al	LUS após 12 horas de VNI	LUS acima de 15 pontos Falha VNI com S 87% e E 75%
Biasucci et al	LUS no atendimento inicial	Valores acima de 12: mais taxa internamento UTI, risco de IOT

