

CACIFI



Clube do Artigo Científico de
Fisioterapia Intensiva

Prof. Daniel Lago

Encontro 04
23.03.2022

Métodos diagnósticos para avaliação da força muscular inspiratória e expiratória*

Diagnostic methods to assess inspiratory and expiratory muscle strength

Pedro Caruso, André Luis Pereira de Albuquerque, Pauliane Vieira Santana,
Leticia Zumpano Cardenas, Jeferson George Ferreira, Elena Prina,
Patrícia Fernandes Trevizan, Mayra Caleffi Pereira, Vinicius Iamonti,
Renata Pletsch, Marcelo Ceneviva Macchione, Carlos Roberto Ribeiro Carvalho

J Bras Pneumol. 2015;41(2):110-123

Abstract

- O acometimento da musculatura ventilatória (inspiratória e expiratória) é um achado clínico frequente, não somente nos pacientes com doenças neuromusculares, mas também nos pacientes com doenças primárias do parênquima pulmonar ou das vias aéreas
- Reconhecimento costuma ser demorado porque os sinais e sintomas são inespecíficos e tardios, sendo acentuado porque os exames diagnósticos usados para a avaliação da musculatura respiratória não são plenamente conhecidos e disponíveis
- Usando diferentes métodos, a avaliação da força muscular ventilatória é feita para a fase inspiratória e expiratória
- Os métodos usados dividem-se em volitivos (que exigem compreensão e colaboração do paciente) e não volitivos
- Outro método que vem se tornando frequente é a ultrassonografia diafragmática
- Descrever as vantagens, desvantagens, procedimentos de mensuração e aplicabilidade clínica dos principais exames utilizados para avaliação da força muscular ventilatória

Métodos volitivos para medida da força muscular inspiratória

Pressão inspiratória máxima

- Método mais usado para medir a força inspiratória em pacientes com suspeita de fraqueza ventilatória
- Baseia-se na medida da pressão nas vias aéreas superiores (boca para pacientes em VE e traqueia para pacientes intubados ou traqueostomizados) durante uma inspiração máxima voluntária
- Pressão gerada pelos músculos inspiratórios + pressão de recolhimento elástico do pulmão e caixa torácica



Pressão inspiratória máxima

■ Vantagens

- Equipamento de baixo custo e portátil
- Simples de realizar
- Rápida execução
- Não invasiva
- Tem valores de referência bem estabelecidos em diferentes populações



■ Desvantagens

- Depende da colaboração do paciente
- Alto coeficiente de variação intra e inter-individual (10 a 13%)
- Baixa acurácia para prever sucesso de extubação em pacientes em ventilação mecânica

Pressão inspiratória máxima

- Como medir
 - A partir do VR (30% maior) ou da capacidade residual funcional (CRF)
 - Manovacuômetro analógico ou digital
 - Paciente sentado, com ou sem clipe nasal e pedindo-se que o paciente expire até o VR e depois faça uma inspiração máxima e mantenha o esforço máximo por 1 a 2 segundos
 - Repetir a manobra de 3 a 8 vezes e considerar o maior valor obtido
 - Reprodutibilidade com ou sem válvula unidirecional é de 10%



Pressão inspiratória máxima

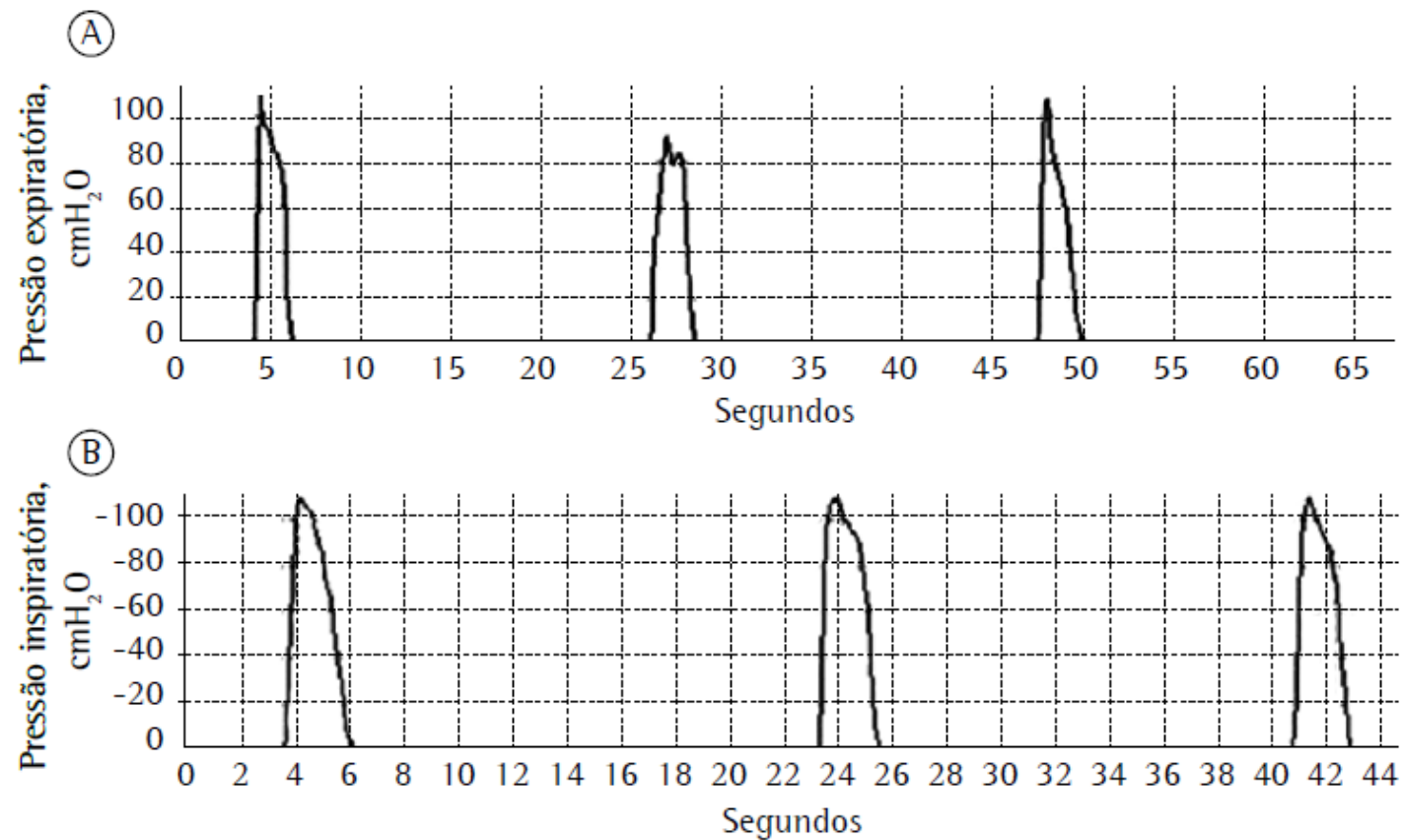


Figura 1 – Mensuração da PEmáx e da Plmáx por meio de um manovacuômetro digital (Sistema MVD300). Em A, medida da PEmáx mostrando valores positivos. Em B, medida da Plmáx mostrando valores negativos.

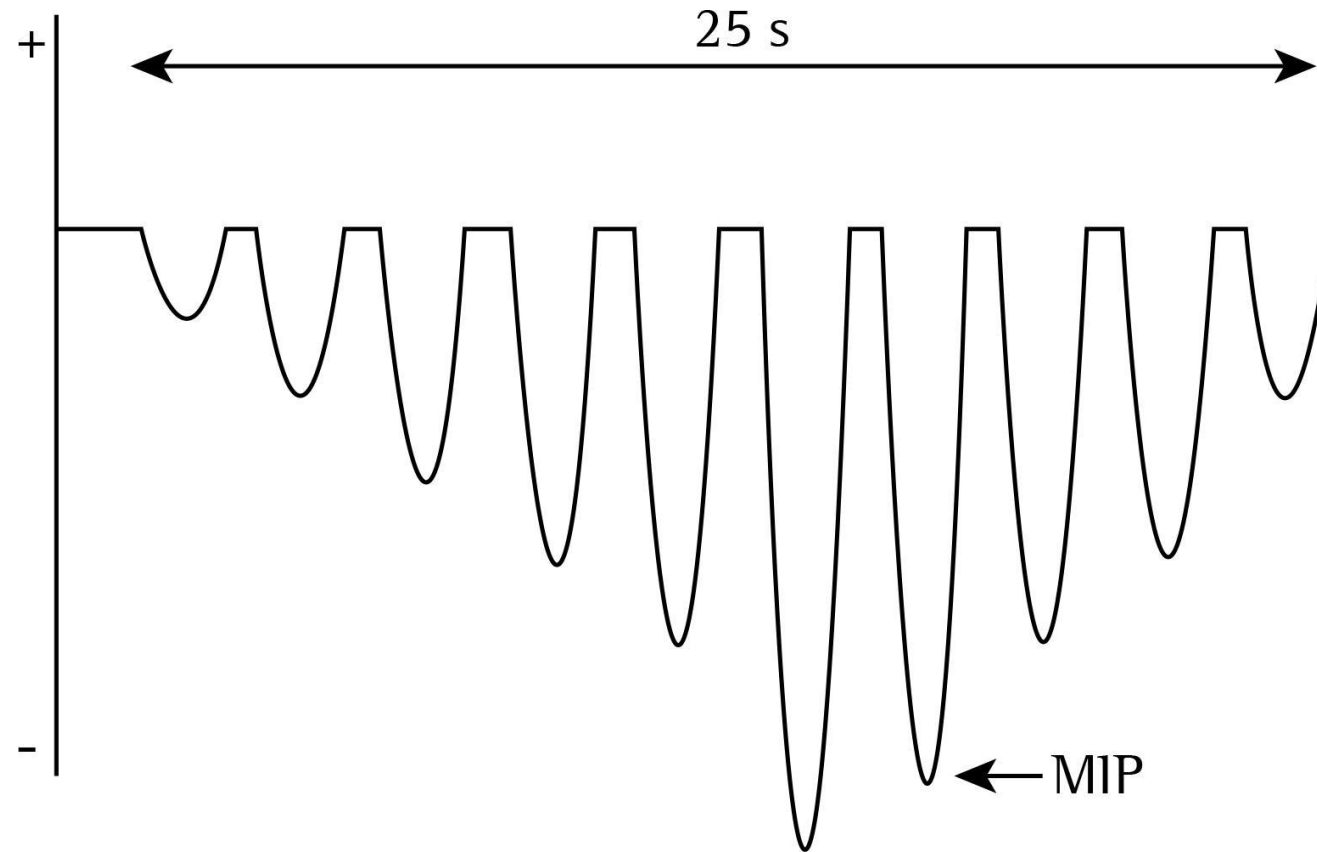
Pressão inspiratória máxima

- Como medir
 - Paciente críticos, intubados e não colaborativos → medida ideal com válvula unidirecional (permite expiração e bloqueia inspiração) acoplada ao tubo e mantida por 20 a 60 segundos



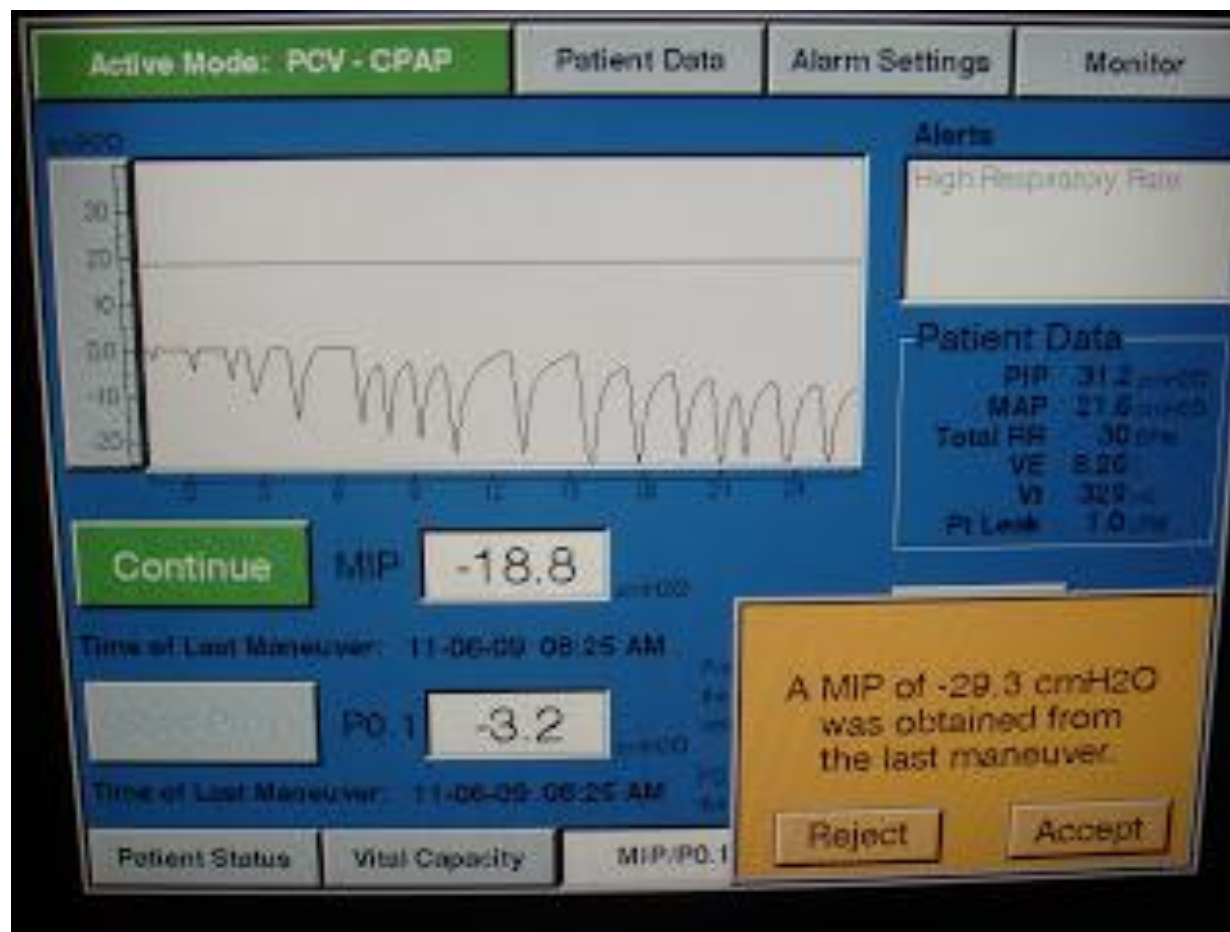
Pressão inspiratória máxima

- Como medir



Pressão inspiratória máxima

- Como medir



Pressão inspiratória máxima

- **Aplicabilidade clínica**

- Diagnóstico de fraqueza muscular respiratória
- Auxiliar o diagnóstico diferencial de dispneia, de distúrbios restritivos sem causa reconhecida
- Avaliação de resposta à fisioterapia e reabilitação cardiopulmonar
- Prescrição e acompanhamento de treinamento muscular respiratório
- Avaliação da possibilidade e eventual sucesso de desmame da ventilação mecânica

Pressão inspiratória máxima

Homens

$$P_{\text{máx}} = 149,33 - (1,14 \times \text{idade})$$

Mulheres

$$P_{\text{máx}} = 74,25 - (0,46 \times \text{idade})$$

Pressão inspiratória nasal durante o fungar

SNIP - sniff nasal inspiratory pressure

- mede a ação conjunta do diafragma e dos outros músculos inspiratórios
- reflete acuradamente a pressão esofágica (Pes)
- vantagem: não invasiva
- diminui quando há grande obstrução das vias aéreas (asma e DPOC)



Pressão inspiratória nasal durante o fungar

SNIP - sniff nasal inspiratory pressure

- Razoável correlação com a $P_{Im\acute{a}x}$, porém não a substitui
- Deve ser usada como medida complementar na avaliação da força inspiratória
- O emprego de apenas um teste pode superestimar a fraqueza muscular
- O uso de ambos os testes diminui em quase 20% os falsos positivos de fraqueza ventilatória



Pressão inspiratória nasal durante o fungar

- **Vantagens**

- Usa manovacômetros que também medem a P_{imáx}
- Fácil realização porque se baseia numa manobra intuitiva, o que torna a medida mais reprodutível
- Valores normais bem estabelecidos em diferentes populações
 - limite inferior da normalidade de 60 cmH₂O para mulheres e de 70 cmH₂O para homens

Pressão inspiratória nasal durante o fungar

- **Desvantagens**

- Depende da colaboração do paciente
- Não pode ser usada em pacientes em ventilação mecânica
- Pode subestimar valores em doentes com obstrução acentuada das vias aéreas
- Deve ser usada com cautela naqueles com obstrução nasal

Pressão inspiratória nasal durante o fungar

- **Como medir**

- Pode ser realizada em qualquer posição corporal (a mais habitual é a sentada)
- Uma narina deve estar totalmente ocluída com plugue nasal, enquanto a outra deve estar pérvia
- A manobra inicia-se com uma inspiração profunda e rápida a partir da CRF e com a boca fechada
- É necessário comando verbal vigoroso, uma vez que a manobra deve ser curta (≤ 500 ms) e explosiva, provocando o colapso da narina sem o plugue

Pressão inspiratória nasal durante o fungar

- **Como medir**

- Deve-se realizar dez manobras
 - se for observado incremento considerável dos valores obtidos nas últimas manobras, pode-se realizar até mais dez esforços
- Quando realizar 20 manobras?
 - Quando os valores das dez primeiras estiverem abaixo do predito e quando há suspeita de fraqueza inspiratória causada pelo esforço, como nas doenças neuromusculares
- O valor considerado é o maior obtido nessa série de manobras

Pressão inspiratória nasal durante o fungar

- **Aplicabilidade clínica**

- Útil na avaliação da força inspiratória, com alta especificidade quando comparada à P_{Imax}
- Diagnóstico e acompanhamento da fraqueza muscular em doenças em que o déficit muscular inspiratório é parte da história natural da doença (doenças neuromusculares e pulmonares)

Equações de predição

$$\text{Homens} = 135,6 - (0,47 \times \text{idade})$$

$$\text{Mulheres} = 110,1 - (0,36 \times \text{idade})$$

Pressão inspiratória medida na boca

- Utiliza um sensor de pressão junto a um bocal (como na medida da $P_{lm\acute{a}x}$) ou a um tubo traqueal
- Utilizada em três situações clínicas:
 - medida indireta da P_{es} durante uma manobra de fungar, quando não há ou não foi possível colocar um cateter esofágico
 - verificação da localização do cateter esofágico
 - medida da $P_{0,1}$ (pressão gerada nos primeiros 100 ms de uma inspiração com a via aérea ocluída)

Pressão inspiratória medida na boca

Vantagens

- Método simples e não invasivo
- Usa o mesmo instrumental que se usa na medida da PImáx e SNIP
- Método alternativo em pacientes com contraindicação aos cateteres esofágicos (varizes esofágicas ou hipoxemia grave) ou em pacientes em que não se consegue colocar um cateter esofágico (intolerância a passagem ou alterações anatômicas das vias aéreas)



Pressão inspiratória medida na boca

Desvantagens

- São mais difíceis de realizar que as nasais
- Não diferencia qual músculo respiratório está afetado
- Em pacientes com limitações graves ao fluxo expiratório e doença parenquimatosa, a transmissão da pressão ao longo das vias aéreas pode estar comprometida → pode não ser uma medida acurada da pressão alveolar
- O valor pode ser afetado pelo tipo de dispositivo bucal

Pressão inspiratória medida na boca

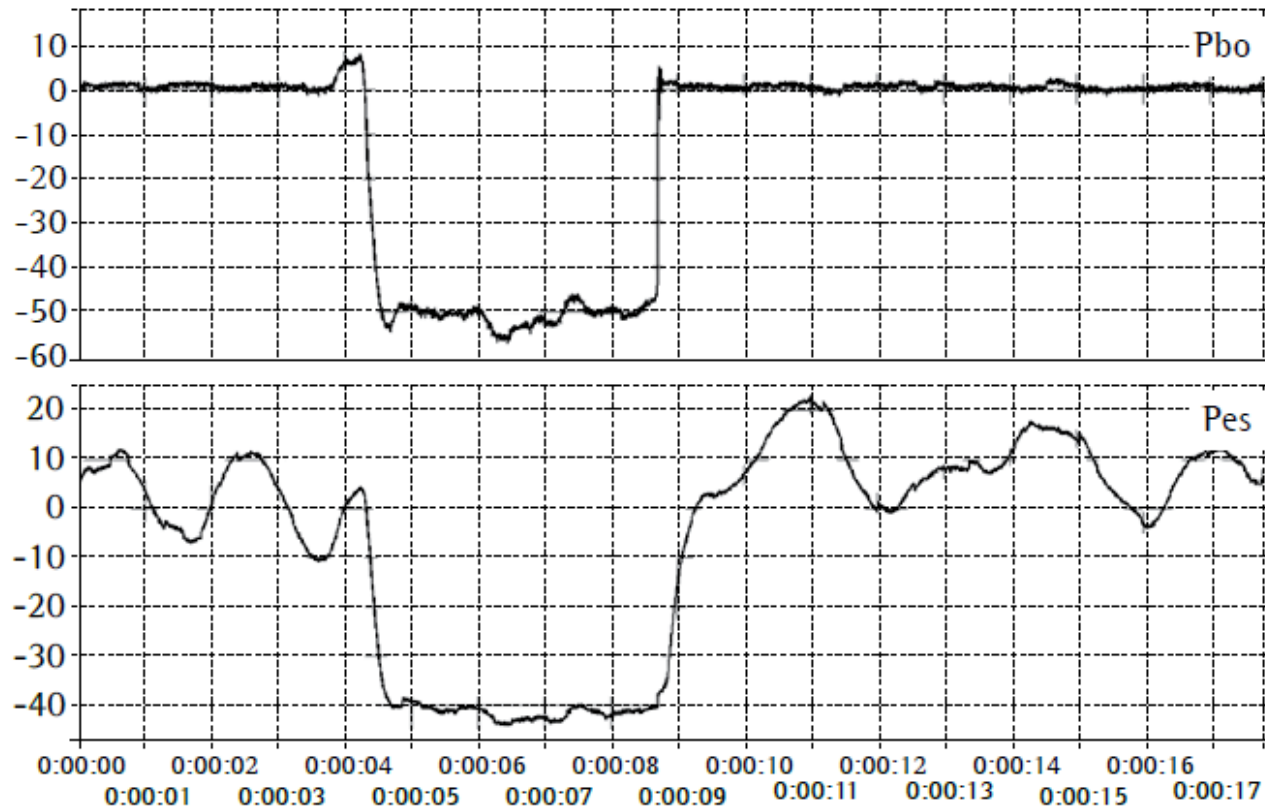
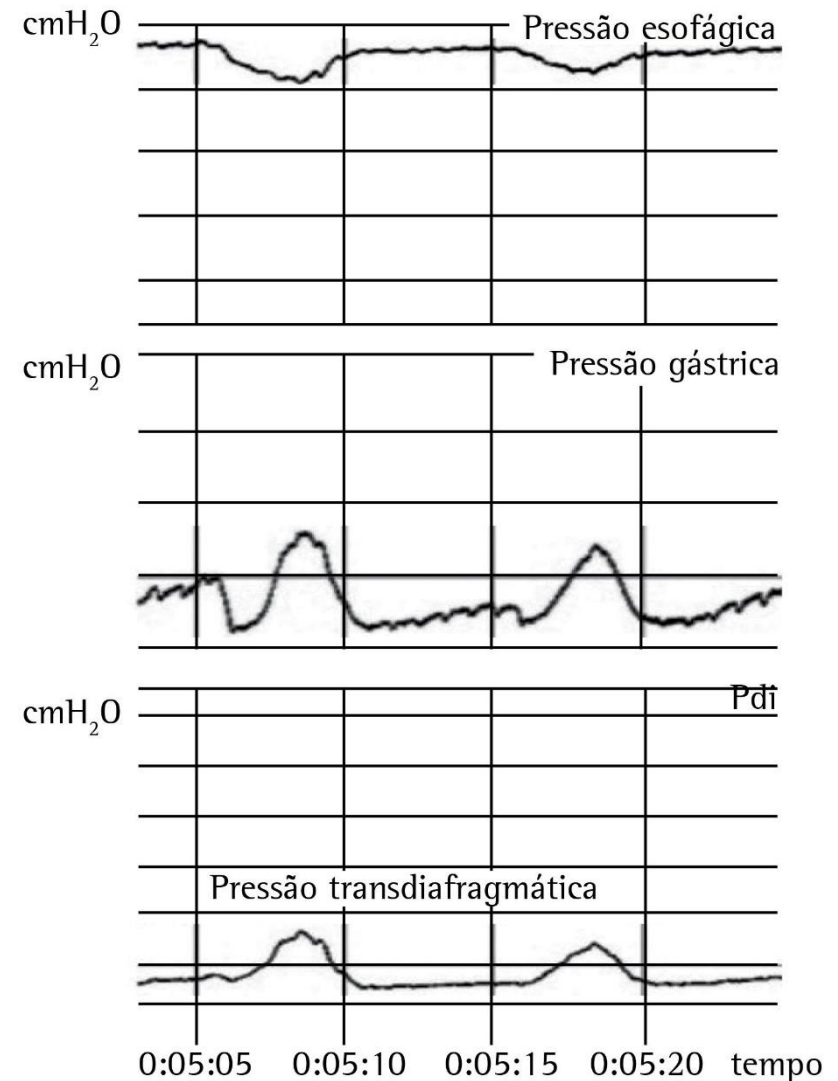


Figura 3 - Comparação entre pressões inspiratórias medidas na boca (Pbo) e no esôfago (Pes) durante a oclusão da boca (Manobra de Baydur), para verificação da correta localização do cateter esofágico. Notar a boa correlação entre as duas medidas.

Pressão transdiafragmática

- Traduz a força gerada especificamente pelo diafragma e não pelos outros músculos da ventilação
- $P_{di} = P_{ga} - P_{es}$



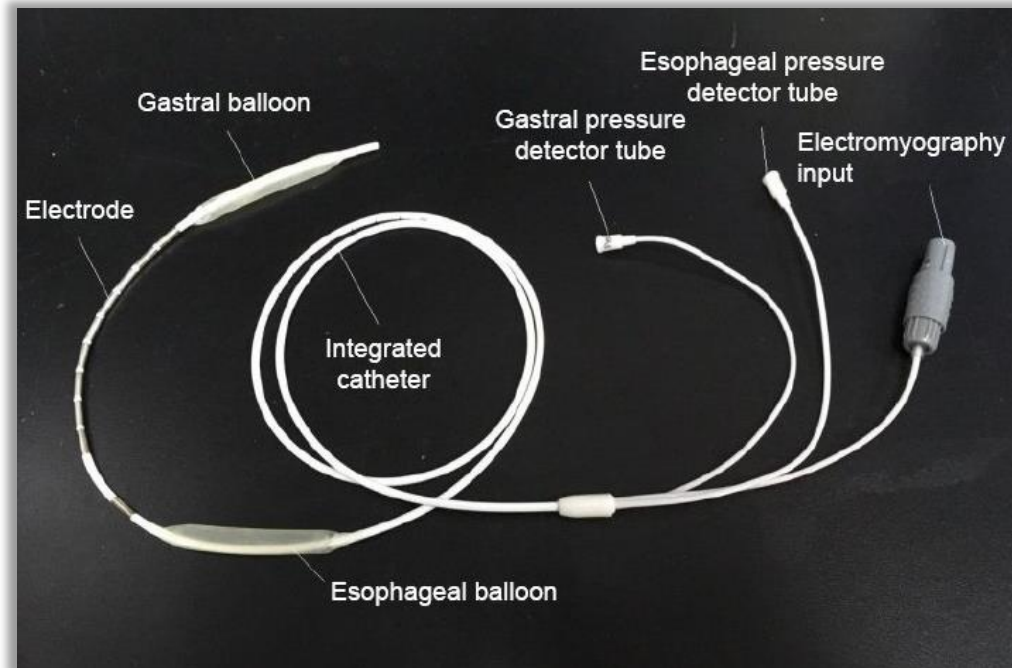
Pressão transdiafragmática

- **Vantagens**
- Força específica do diafragma
- Valores de referência bem estabelecidos tanto em voluntários em diferentes faixas etárias
 - limite inferior da normalidade de 70 cmH₂O para mulheres e de 80 cmH₂O para homens durante manobras de fungar
 - limite inferior da normalidade de 20 cmH₂O para mulheres e homens durante a estimulação magnética do nervo frênico

Pressão transdiafragmática

- **Desvantagens**

- Método invasivo
- Depende da passagem de cateteres por via nasal até o esôfago distal e o estômago
- Usa materiais poucos disponíveis na maioria dos hospitais assistenciais
- Depende de experiência do examinador para locação correta dos cateteres



Métodos não-volitivos para medida da força muscular inspiratória

Estimulação elétrica e magnética do nervo frênico

- Indicada quando o paciente apresenta dificuldade na compreensão ou realização das manobras, gerando baixos valores de força nas manobras volitivas ou quando há grande variação nas medidas, provavelmente secundária a diferentes níveis de esforço
- Ambas baseiam-se na estimulação do frênico no seu trajeto cervical, que é superficial
- Estimulação elétrica
 - Dolorosa
 - Raros relatos de indução de convulsão
 - Mais específica para a estimulação
- **Estimulação magnética**
 - Causa um mínimo desconforto
 - Bem tolerado pela maioria dos pacientes



Estimulação elétrica e magnética do nervo frênico

- **Vantagens**

- Permite a medida da força inspiratória independentemente da colaboração ou compreensão do paciente
- Há valores bem definidos de Pdi após estímulos magnéticos cervicais bilaterais
 - limite inferior da normalidade de 20 cmH₂O para mulheres e homens

- **Desvantagens**

- Pode estimular outros nervos e músculos cervicais
- Equipamentos são pouco disponíveis e de alto custo



Ultrassonografia diafragmática

- Ferramenta útil para avaliação a beira-leito
 - Não invasiva
 - Livre de radiação
 - Bastante disponível nos hospitais
 - Permite avaliações repetidas
 - Curto tempo de aprendizado
- Predição de falha de extubação
- Diagnóstico e seguimento de lesões inadvertidas relacionadas à cirurgia
- Diagnóstico e seguimento de paralisia diafragmática



Ultrassonografia diafragmática

Desvantagens

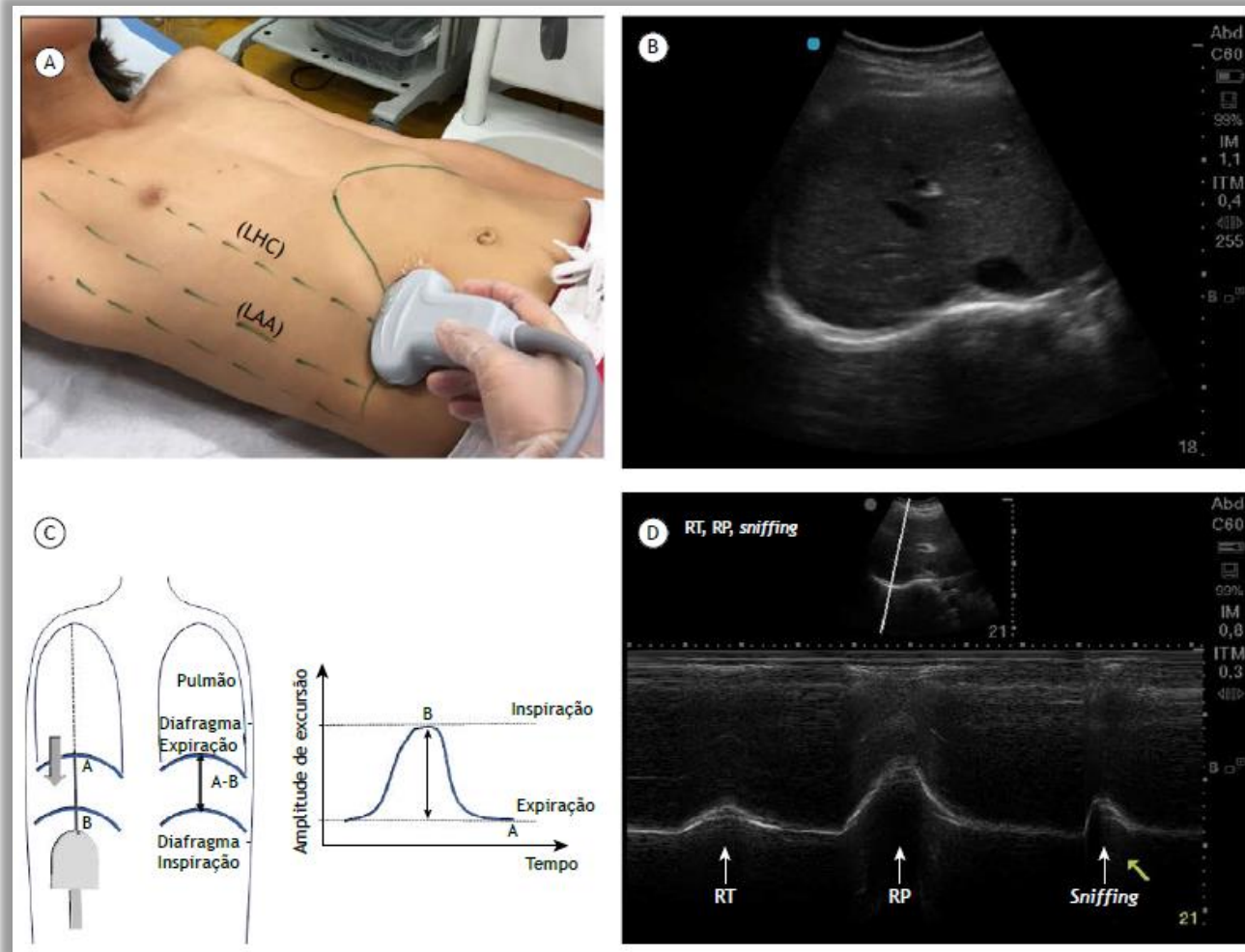
- Operador dependente
- Difícil obtenção de imagens em pacientes obesos com distensão abdominal ou extensos curativos

Como medir

- Transdutor (convexo ou cardíaco) de baixa frequência (3-5 MHz), na posição transversal ou longitudinal
- Fixa-se o ponto de avaliação na região mais elevada do diafragma (a cúpula diafragmática), na região subcostal, tendo como referência o ponto entre as linhas médio-clavicular e axilar anterior

Ultrassonografia diafragmática

Como medir – excursão diafragmática



Ultrassonografia diafragmática

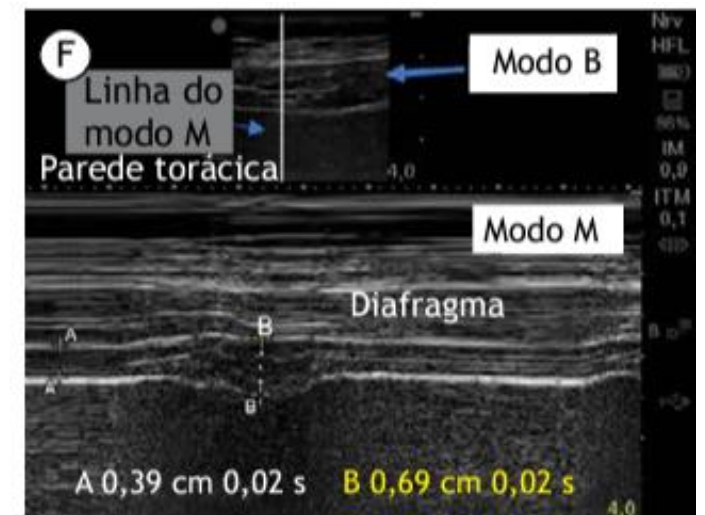
Como medir

- O diafragma é visualizado em modo B, e sua excursão é mensurada no modo M, o que reduz a variabilidade interobservador
- Avaliar a mobilidade não somente em uma respiração normal, mas também durante inspirações profundas lentas e rápidas
- Valores de mobilidade diafragmática são iguais para medidas no diafragma direito e esquerdo, mas as medidas à direita são mais fáceis pela presença do fígado que cria uma janela acústica

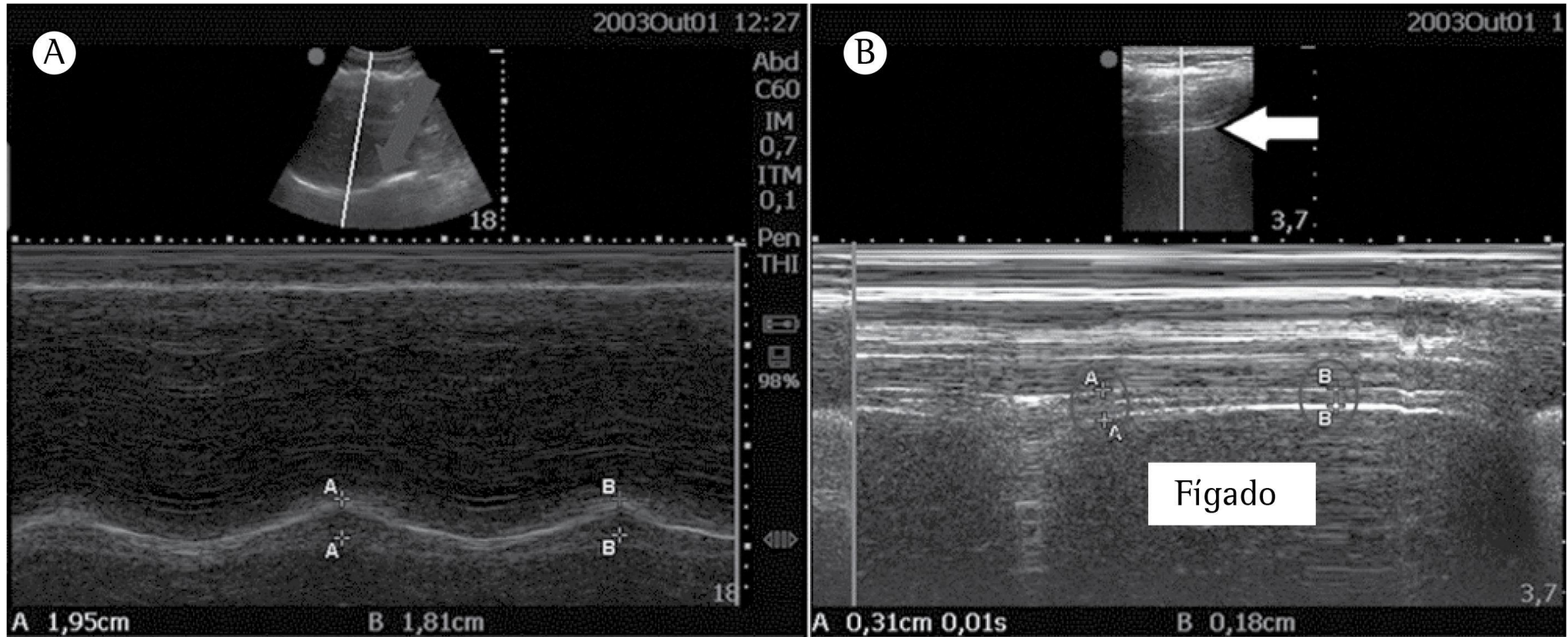
Ultrassonografia diafragmática

Como medir – espessamento diafragmático

- transdutor de alta frequência (7-10 MHz) colocado na zona de aposição do diafragma sobre a linha axilar média
- distância entre as duas linhas hiperecogênicas que representam suas bordas



Ultrasonografia diafragmática



Avaliação da mobilidade diafragmática (excursão)

Espessura diafragmática

Ultrassonografia diafragmática

- **Valores de referência**

Mobilidade diafragmática ao USG – respiração em repouso (mm)	11
Mobilidade diafragmática ao USG – respiração profunda (mm)	47
Espessura diafragmática ao USG – respiração em repouso (mm)	15 ou 20%

Métodos volitivos para medida da força muscular expiratória

Pressão expiratória máxima

Método mais usado para medir a força expiratória em pacientes críticos e ambulatoriais

Vantagens

- Simples e rápido de realizar
- Usa equipamento de baixo custo e baixa complexidade
- Valores de referência bem estabelecidos (limite inferior da normalidade de 120 cmH₂O para mulheres e de 150 cmH₂O para homens)

Desvantagens

- Depende de colaboração do paciente e também da coordenação entre o paciente e o examinador
- Baixa acurácia para prever capacidade de tosse
- Alto índice de falso positivo para fraqueza expiratória - baixos valores são causados por esforços submáximos ou vazamento ao redor do bocal

Pressão expiratória máxima

Como medir

- Feita por manovacuômetro
- Paciente sentado e com clipe nasal, embora este seja dispensável
- Pode ser medida a partir da **CPT** ou da CRF
- O paciente faz uma expiração máxima e mantém o esforço por 1 a 2 segundos
- Deve-se repetir a manobra de 3 a 8 vezes, e o valor considerado é o maior obtido

Aplicabilidade clínica

- Avaliar a força da tosse

Pressão expiratória máxima

Como medir

- Feita por manovacuômetro
- Paciente sentado e com clipe nasal, embora este seja dispensável
- Pode ser medida a partir da **CPT** ou da CRF
- O paciente faz uma expiração máxima e mantém o esforço por 1 a 2 segundos
- Deve-se repetir a manobra de 3 a 8 vezes e o valor considerado é o maior obtido

Aplicabilidade clínica

- Avaliar a força da tosse

Pressão expiratória máxima

Homens

$$P_{em\acute{a}x} = 183,31 - (1,26 \times idade)$$

Mulheres

$$P_{em\acute{a}x} = 119,35 - (0,68 \times idade)$$

Pressão gástrica na manobra de tosse

Teste complementar na investigação da fraqueza muscular expiratória porque a musculatura abdominal é a principal responsável pelo fluxo expiratório

Vantagens

- Valores de referência bem estabelecidos (limite inferior da normalidade de 95 cmH₂O para mulheres e de 130 cmH₂O para homens)
- Maior especificidade que a P_{emáx}
 - 42% dos pacientes com P_{emáx} reduzida, tinham valor normal de P_{ga} na tosse

Pressão gástrica na manobra de tosse

Desvantagens

- Método invasivo que requer a inserção de cateter com sensor de pressão no estômago

Como medir

- Inserção de um cateter, seguindo as mesmas recomendações para a medida da Pdi
- Paciente na posição sentada é instruído a inspirar até a CPT e então tossir com força máxima, repetindo a manobra com intervalo de 30 segundos até o valor não aumentar mais (em torno de 6 manobras)

Aplicabilidade clínica

- Descartar a presença de fraqueza expiratória

Métodos não volitivos para medida da força muscular expiratória

Pressão gástrica após estimulação magnética dos músculos da parede anterior do abdome

O estímulo magnético é feito colocando-se a bobina circular na região dorsal sobre a coluna vertebral, ao nível da oitava a décima vértebra torácica (T8 a T10)

Vantagem

- O valor é independente da colaboração do paciente

Desvantagens

- Medida invasiva porque precisa da passagem de um cateter em posição gástrica
- Há somente um estudo que descreveu os valores de referência em uma pequena amostra de indivíduos (limite inferior da normalidade de 10 cmH₂O para mulheres e homens)

Pressão gástrica após estimulação magnética dos músculos da parede anterior do abdome

Como medir

- Cateter com balão ou microtransdutor locado no estômago
- Observar a curva de pressão (mais positiva), para garantir que o cateter esteja na posição correta
- Outra manobra é a de compressão manual do epigástrio e observação da elevação da Pga
- Estímulo magnético na região dorsal entre T8 e T10
- Registra-se a variação da pressão
- Aproximadamente 5 medidas com intervalos mínimos de 30 segundos para evitar a potencialização muscular

Aplicabilidade clínica

- Também é usada para confirmar possível fraqueza expiratória

Eletromiografia

- Estudo da atividade muscular baseado na análise de sinais eletromiográficos, que são atividades elétricas geradas durante uma contração voluntária ou estimulada
- Realizado através de eletrodos colados à pele (eletromiografia de superfície) ou através de agulhas finas inseridas na superfície do músculo a ser avaliado (eletromiografia por agulha)
- No caso dos músculos ventilatórios, há uma terceira via, que é o uso de cateteres esofágicos com eletrodos para se realizar a eletromiografia do diafragma na sua parte crural

Eletromiografia

Vantagens

- Na forma de eletromiografia de superfície, é um método não invasivo e de simples manuseio, sendo bastante útil para monitorizações contínuas
- É extremamente sensível para captar a contração muscular
- Mesmo a eletromiografia por agulha é minimamente invasiva e pouco dolorosa

Eletromiografia

Desvantagens

- Interferência da atividade de outros grupos musculares
- Difícil isolar a atividade somente de um grupo muscular
- Pouca normatização para a análise do sinal
- A eletromiografia diafragmática com cateter esofágico é invasiva e depende de material e habilidades muito específicas e ainda pouco disponíveis (modo Neurally Adjusted Ventilatory Assist [NAVA])
- Não há valores de referência populacional, o que dificulta essa medida como índice de diagnóstico de fraqueza muscular

Eletromiografia

Aplicabilidade clínica

- Bom método de monitorização contínua, principalmente de mms abdominais e inspiratórios acessórios
- Verificar qualitativamente a ativação dos músculos inspiratórios acessórios e dos expiratórios
- A eletromiografia diafragmática é usada como guia no modo ventilatório NAVA

Considerações finais

Tabela 1 - Limites inferiores dos valores normais do teste de força dos músculos respiratórios.^a

Métodos	Limite inferior de normalidade
Plmáx (cmH ₂ O)	60 (F) / 80 (M)
PEmáx (cmH ₂ O)	120 (F) / 150 (M)
SNIP (cmH ₂ O)	60 (F) / 70 (M)
Pes, <i>sniff</i> (cmH ₂ O)	60 (F) / 70 (M)
Pdi, <i>sniff</i> (cmH ₂ O)	70 (F) / 80 (M)
Pes, tw (cmH ₂ O)	12 (F e M)
Pdi, tw (cmH ₂ O)	20 (F e M)
Pga, tw (cmH ₂ O)	16 (F e M)
Pga, tosse (cmH ₂ O)	95 (F) / 130 (M)
Pga, tw em T10 (cmH ₂ O)	16 (F e M)
Mobilidade diafragmática ao USG – respiração em repouso (mm)	11
Mobilidade diafragmática ao USG – respiração profunda (mm)	47
Espessamento diafragmático ao USG – respiração em repouso (mm)	1,5
Taxa de espessamento em inspiração até a CPT ao USG	20%

Considerações finais

- O acometimento da musculatura ventilatória está presente não somente nas doenças respiratórias, mas em outras diversas doenças, e sua correta avaliação depende da **aplicação dos testes apropriados**
- Os **testes não invasivos volitivos** ainda são os mais empregados na prática clínica em função do maior conhecimento e fácil manuseio em diferentes centros
- Pacientes com elevada suspeita de fraqueza ventilatória e com dificuldade de entendimento dessas medidas devem ter uma avaliação complementar com os testes não volitivos e mais invasivos, apesar de estes testes serem pouco disponíveis e estarem, até o momento, mais presentes em centros de pesquisa

Obrigado

