

Ecografia del diaframma: tecnica e indicazioni

Roberta Di Tria
Roberta Rosso
Giovanni M. Ferrari

Il diaframma è il principale muscolo respiratorio. Ha una particolare forma a emisfera, costituita da una parte tendinea centrale e una parte periferica a prevalente componente muscolare. La componente muscolare può essere divisa in due parti: una porzione crurale e una porzione costale. Quest'ultima parte, più estesa rispetto alla crurale, si trova a decorrere parallelamente alla superficie interna della parete toracica, nella cosiddetta zona di apposizione (ZdA) che gioca un ruolo fondamentale durante la respirazione: infatti, la contrazione del muscolo causa un abbassamento della cupola diaframmatica con conseguente riduzione della pressione pleurica.

Il monitoraggio della funzione diaframmatica trova numerose indicazioni in clinica; fino a pochi anni fa i metodi di indagine più utilizzati risultavano essere l'elettromiografia, la fluoroscopia, la ri-

sonanza magnetica e la valutazione della pressione transdiaframmatica (che risulta essere il *gold standard*). Negli ultimi anni la valutazione ecografica del diaframma è stata sempre più utilizzata per i numerosi vantaggi che offre:

- ▶ non invasività;
- ▶ facilmente disponibile al letto del paziente;
- ▶ assenza di esposizione alle radiazioni;
- ▶ ripetibilità;
- ▶ valutazione in tempo reale;
- ▶ buoni livelli di riproducibilità intra e inter-osservatore.

Aspetti tecnici ed esecuzione dell'esame

L'apparecchio ecografico necessario per eseguire la valutazione diaframmatica deve essere dotato di una sonda *convex* e di una sonda lineare, necessarie per valutare rispettivamente l'escursione e lo spessore del diaframma.

L'esame viene eseguito con il paziente in posizione semi-seduta (a 30-45°).

Escursione

Per valutare l'escursione del diaframma, è possibile utilizzare una sonda cardiaca o *convex* (2-5 MHz), utilizzando il fegato o la milza come finestra acustica. La sonda deve essere posizionata in regione sottocostale, tra la linea medio-claveare e la linea ascellare anteriore; il muscolo è identificato come una linea iperecogena (rappresentata dai foglietti pleurici e peritoneali strettamente adesi al muscolo) che si avvicina alla sonda durante l'inspirazione. Una volta ottenuta una buona immagine, l'escursione inspiratoria viene misurata attivando la modalità *M-mode* (Figura 1). Nei soggetti sani, durante la respirazione spontanea tranquilla, l'escursione inspiratoria del diaframma è risultata essere di 1,8 (0,3) e 1,6 (0,3) cm nei soggetti di

nesso maschile e femminile rispettivamente. L'assenza di un'escursione inspiratoria o un movimento paradossale (escursione inspiratoria negativa) è suggestiva di paralisi dell'emidiaframma (Figura 2).

Spessore

Lo spessore del diaframma deve essere valutato nella *ZdA*, tra l'VIII e il X spazio intercostale, sulla linea ascellare media. Per ottenere un'immagine di qualità sufficiente è indispensabile utilizzare una sonda lineare con frequenza > 10 MHz; in tal modo si visualizza un'immagine caratterizzata da due strati paralleli iperecogeni (pleura parietale e peritoneo), mentre il muscolo stesso è rappresentato dalla struttura ipoecogena tra le due linee (Figura 3).

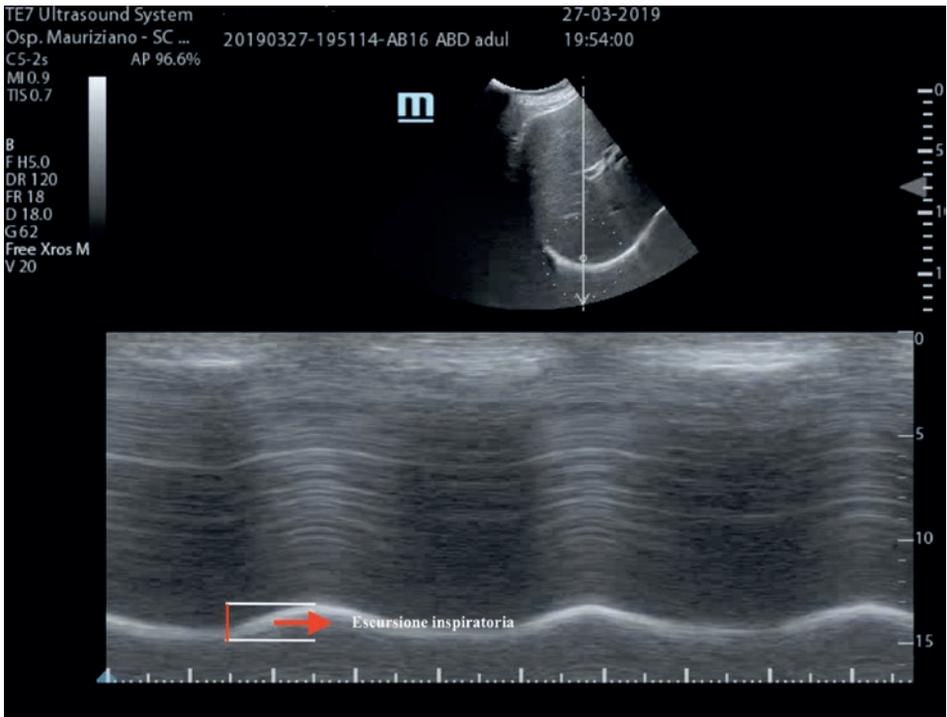


Figura 1. Nella parte superiore dell'immagine, ottenuta in modalità *B-mode*, utilizzando la finestra acustica offerta dal fegato, il diaframma viene visualizzato come una linea iperecogena. Nella parte inferiore, invece, si osserva l'escursione inspiratoria del diaframma, in modalità *M-mode*.

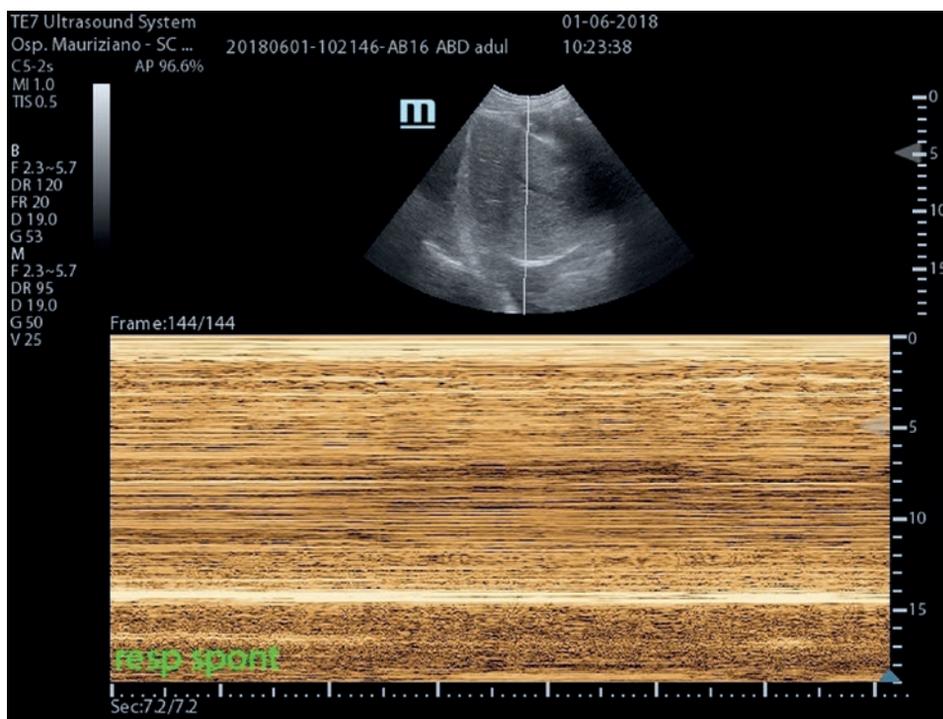


Figura 2. Paralisi diaframmatica: assenza di escursioni respiratorie.

La valutazione dello spessore inspiratorio ed espiratorio consente di calcolare la frazione di ispessimento del diaframma (Δtdi), secondo la seguente formula:

$$\Delta tdi = \frac{\text{spessore fine inspirazione} - \text{spessore fine espirazione}}{\text{spessore fine espirazione}} \times 100$$

Il valore così ottenuto rappresenta una stima indiretta dello sforzo diaframmatico.

Applicazioni cliniche

Pazienti critici

Nei pazienti critici, la disfunzione diaframmatica (che si osserva in circa il 34% dei pazienti ricoverati in Terapia Intensiva) è associata al fallimento dello svezzamento ventilatorio, alla durata prolungata della ventilazione, all'aumento del tempo di degenza in Terapia Intensiva e all'aumento della mortalità. La disfunzione diaframmatica può essere anche causata o peggiorata dalla

ventilazione meccanica; alcuni studi hanno evidenziato come già dopo 24-48 ore di ventilazione si verifica un'alterazione a livello diaframmatico, riscontrata sia microscopicamente, con l'alterazione della composizione delle miofibrille, sia ecograficamente, con la riduzione dello spessore. Nei pazienti sottoposti a ventilazione meccanica, il monitoraggio dello spessore e del Δtdi può essere di fondamentale importanza per cercare di garantire una ventilazione protettiva polmonare. Recenti lavori hanno dimostrato come la variazione di spessore (sia in termini di incremento che di decremento) sia associata a una ridotta probabilità di svezzamento dalla ventilazione meccanica.

Anche la valutazione dell'escursione del diaframma è un indicatore della disfunzione del diaframma nei pazienti critici (a patto che sia valutata in respiro spontaneo

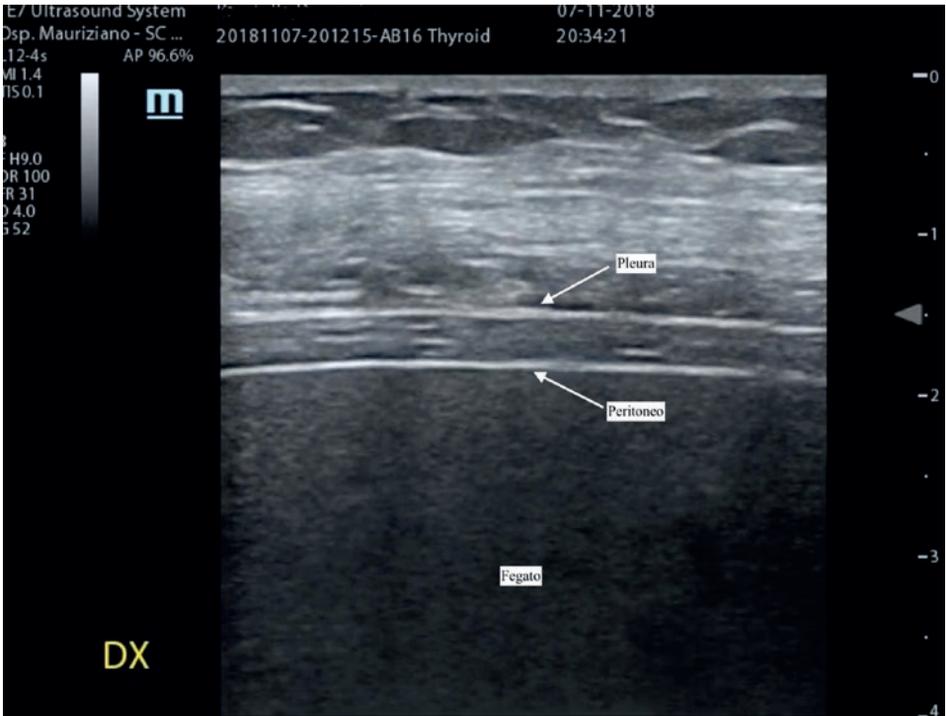


Figura 3. Immagine del diaframma ottenuta con sonda lineare. Il diaframma è visualizzato come una struttura ipoecogena al centro, con due linee iperecogene parallele tra loro (la pleura parietale e il peritoneo).

e non durante ventilazione meccanica); un'escursione diaframmatica $< 1-1,5$ cm è un *cut-off* di disfunzione del diaframma.

Oltre a valutare la disfunzione diaframmatica in corso di ventilazione, l'ecografia del diaframma può essere utilizzata quale indicatore di svezamento dalla ventilazione meccanica: una escursione del diaframma inferiore a 11-14 mm e una frazione di ispessimento inferiore al 25-36% rappresentano dei valori di *cut-off* predittivi per il fallimento dello svezamento, con una *performance* simile ad altri indicatori di svezamento quali il *rapid shallow breathing index* (RSBI).

Paralisi diaframmatica

L'ecografia del diaframma è la metodica di scelta per la valutazione della paralisi

diaframmatica.

Nei pazienti con paralisi di un emidiaframma lo spessore del muscolo si riduce rispetto all'emidiaframma controlaterale e anche la frazione di ispessimento è ridotta rispetto ai soggetti normali.

La valutazione della paralisi viene eseguita anche mediante valutazione dello spostamento sia durante respirazione spontanea (Figura 2) sia durante esecuzione di uno *sniff test*. In corso di paralisi diaframmatica, si può osservare, nel caso di respiro spontaneo, l'assenza dell'escursione e, nel caso di esecuzione di uno *sniff test*, oltre all'assenza dell'escursione, un movimento paradossale del muscolo con registrazione sul monitor dell'ecografo di un movimento con concavità verso l'alto.

COVID-19

Alcuni studi hanno valutato la funzione del diaframma nei pazienti con polmonite SARS-CoV-2 relata. Nei pazienti con insufficienza respiratoria, è stato osservato che una frazione di ispessimento $< 24\%$ è risultata essere associata al fallimento della ventilazione non invasiva. Anche il riscontro di una riduzione dello spessore diaframmatico (< 2 mm) è risultato essere un fattore di rischio per lo sviluppo di eventi avversi nei pazienti con polmonite da SARS-CoV-2.

Ecografia del diaframma in Medicina d'Urgenza

La dispnea acuta è una causa frequente di accesso in Pronto Soccorso. Molte patologie portano all'affaticamento e all'esaurimento della muscolatura del diaframma a causa dell'aumento del carico di lavoro imposto ai muscoli respiratori.

È stato osservato che, nei pazienti che si presentavano in Pronto Soccorso con dispnea acuta, un'escursione del diaframma $> 2,3$ cm non era associata alla necessità di ventilazione non invasiva (NIV), mentre un'escursione inferiore a 2 cm richiedeva spesso il trattamento con la NIV.

Anche una riduzione del $\Delta tdi < 20\%$ è risultata essere associata al fabbisogno di NIV.

Versamento pleurico

Il versamento pleurico è una causa frequente di dispnea, anche se in genere causa modeste variazioni dei volumi polmonari. La dispnea può essere provocata dalle alterazioni della meccanica diaframmatica conseguente alla formazione di liquido nella cavità pleurica. Lo spostamento caudale del diaframma, a opera del versamento pleurico, fa sì che esso operi in un punto

svantaggioso nella sua curva lunghezza-tensione. Infatti, un diaframma appiattito ha una riduzione della capacità di sviluppare tensione (ricordiamo che la capacità di generare pressione è inversamente proporzionale al raggio), richiedendo una maggiore attivazione neurale. Questo stato di "disaccoppiamento neuromeccanico", per cui una data spinta neurale non produce l'uscita ventilatoria attesa, genera la sensazione di dispnea.

Alcuni lavori hanno dimostrato che l'evacuazione del versamento pleurico è associata a un significativo incremento dell'escursione diaframmatica e anche del Δtdi .

BPCO

L'ecografia del diaframma è stata utilizzata anche per valutare la funzione diaframmatica nei pazienti con Broncopneumopatia Cronica Ostruttiva (BPCO) riacutizzata. Dati preliminari dimostrano che nei pazienti con BPCO riacutizzata sia un'escursione ridotta (< 1 cm) che una riduzione del Δtdi ($< 20\%$) sono risultate essere indicatori associati al fallimento della NIV.

Nei pazienti con BPCO in fase stabile, diversi studi hanno osservato una significativa riduzione sia dell'escursione che dello spessore del diaframma rispetto ai soggetti sani. L'atrofia del diaframma, oltre a correlare con la gravità e la prognosi della BPCO, sembra correlare anche con il grado di ostruzione delle vie aeree, l'iperinflazione polmonare, la capacità ventilatoria e la percezione della dispnea.

Conclusioni

La valutazione ecografica del diaframma ha guadagnato sempre più popolarità negli ultimi anni, grazie alla non invasività, alla riproducibilità e alla possibilità di esse-

re eseguita al letto del paziente.

In questo breve contributo abbiamo riassunto le tecniche per valutare sia l'escursione che lo spessore del diaframma.

La misura ecografica del diaframma è utile in diversi contesti clinici; nella valutazione della disfunzione nei pazienti critici è usata come indicatore di svezamento dalla ventilazione meccanica o quale fattore predittivo di fallimento della NIV nei pazienti con dispnea acuta.

Bibliografia di riferimento

- FERRARI G, SKAARUP SH, PANERO F, WRIGHTSON JM. *The diaphragm*. In: LAURSEN CB, RAHMAN NM, VOLPICELLI G. *Thoracic ultrasound*. Sheffield: European Respiratory Society, 2018.
- GOLIGHER EC, DRES M, FAN E, ET AL. *Mechanical ventilation-induced diaphragm atrophy strongly impacts clinical outcomes*. Am J Respir Crit Care Med 2017;197:204-13.
- HAAKSMA ME, SMIT JM, BOUSSUGES A, ET AL. *Expert consensus on diaphragm ultrasonography in the critically ill (EXODUS): a Delphi consensus statement on the measurement of diaphragm ultrasound-derived parameters in a critical care setting*. Crit Care 2022;26:99.
- VIVIER E, DESSAP AM, DIMASSI S, ET AL. *Diaphragm ultrasonography to estimate the work of breathing during non-invasive ventilation*. Intensive Care Med 2012; 38:796-803.
- ZAMBON M, GRECO M, BOCCHINO S, ET AL. *Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review*. Intensive Care Med 2017;43:29-38.

sintex
EDITORIA

NUOVA EDIZIONE

Il presente volume nasce dal lavoro teorico-pratico di un gruppo di operatori sanitari impegnati in diversi Dipartimenti d'Emergenza e che, nel corso degli anni, hanno messo a frutto la loro esperienza sul campo condividendo competenze diverse e promuovendo formazione in tutta Italia.

DIAGNOSTICA DIFFERENZIALE DELLA DISPNEA ACUTA IN PRONTO SOCCORSO

Dall'anamnesi all'ecografia del torace, dalla ventilazione non-invasiva al monitoraggio clinico

Andrea Bellone
Guido Cistoni
Massimiliano Etteri
Giorgio Gadda
Roberto Rossi
Luca Mellace
Stefano Binda



sintex
EDITORIA

La prima sensazione che ho avuto sfogliando le pagine del volume è stata quella di trovarmi direttamente catapultato nel triage di uno dei nostri affollati Pronto Soccorso e dover affrontare in poco tempo le complesse problematiche e le subdole insidie che emergono o si nascondono di fronte a un paziente che entra per "fame di aria" e chiede disperatamente di essere aiutato a respirare. L'intrecciarsi di un percorso sia induttivo che deduttivo nella presentazione dei diversi scenari operativi del paziente disпноico, per cui ogni caso è sempre diverso dagli altri, costituisce un valore aggiunto di come sia stato impostato il contenuto educativo del testo il quale fonde, in modo sapiente, la medicina basata sull'evidenza con quella basata sull'esperienza. Ringrazio gli Autori per aver scritto questo volume e aver voluto così trasmettere la loro pluriennale esperienza a chi già lavora, o si appresta a farlo, nel campo della medicina critica respiratoria.

Raffaele Scala

U.O. Pneumologia e UTIP

Azienda Usl Toscana sud est - P.O. San Donato, Arezzo

EDITORE: Sintex Editoria | PAGINE: 108 | PREZZO: € 24,00 | ISBN: 978-88-943312-2-6 | FORMATO: 15 x 21 cm | RILEGATURA: brossura

PER ORDINARE UNA COPIA SCRIVI A: editoria@sintexservizi.it

Sintex Servizi S.r.l. | via A. da Recanate, 2 | 20124 - Milano | T. +39 02 66790460 | www.sintexservizi.it