



Toracentesi eco-guidata*

David Feller-Kopman, MD, FCCP

I versamenti pleurici rappresentano un problema molto comune che ogni anno negli Stati Uniti coinvolge circa un milione e mezzo di persone. Negli ultimi anni la disponibilità di ecografi portatili ha permesso un notevole miglioramento della valutazione e del trattamento dei pazienti con malattie pleuriche. Questo articolo passerà in rassegna la letteratura che supporta l'uso dell'ecografia per la valutazione dei pazienti con malattie pleuriche e tratterà alcuni aspetti pratici che riguardano l'uso dell'ecografia.

(*CHEST Edizione Italiana 2006; 3:60-65*)

Parole chiave: effusione pleurica; gestione pratica; ultrasuoni

Abbreviazioni: ACEP = American College of Emergency Physicians; AMA = American Medical Association; CPT = current procedural terminology (terminologia procedurale attuale)

Ogni anno negli Stati Uniti circa un milione e mezzo di persone si presenta con versamento pleurico.¹ Negli ultimi anni la disponibilità di ecografi portatili ha permesso un notevole miglioramento della valutazione e del trattamento dei pazienti con malattie pleuriche. I vantaggi dell'ecografia rispetto alla radiografia standard del torace e alla TAC includono l'assenza di radiazioni, la trasportabilità, la possibilità di avere immagini in tempo reale e la possibilità di effettuare una valutazione dinamica. È stato dimostrato che l'ecografia è più sensibile della radiografia nell'identificare la presenza di liquido pleurico,² e sebbene essa sia leggermente meno sensibile della TC, l'ecografia si effettua più facilmente ed è più sensibile nel distinguere l'ispessimento dal versamento pleurico.³ Sebbene ci sia una curva di apprendimento associata all'uso dell'ecografia questa è ancora breve.⁴ L'ecografia è anche un eccellente strumento di insegnamento e noi la usiamo routine-

riamente per spiegare meglio l'esame obiettivo agli studenti di medicina.⁵ L'American Medical Association supporta l'uso dell'ecografia da parte di coloro che non sono radiologi. È responsabilità dei medici di altre specialità, quali pneumologi e rianimatori, anestetisti, medici di pronto soccorso e chirurghi sviluppare linee guida per il training e includere questa tecnologia nella pratica clinica quotidiana. Questo articolo passerà in rassegna la letteratura che supporta l'uso dell'ecografia per la valutazione dei pazienti con malattie pleuriche e tratterà alcuni aspetti pratici che riguardano l'uso dell'ecografia, particolarmente per coloro che non sono radiologi.

ASPETTI TECNICI

L'ecografia del torace è limitata in primo luogo dalla riflessione degli ultrasuoni da parte dell'aria e delle ossa. La finestra acustica è pertanto limitata agli spazi intercostali. Per fortuna la presenza del liquido pleurico fornisce un buon contrasto per le lesioni pleuriche sia a livello della pleura parietale che viscerale e può essere facilmente osservata tra il polmone areato iperecogeno e il diaframma, fegato, milza o rene. L'esame dello spazio pleurico con l'ecografia risulta migliore quando si usa una sonda alla frequenza di 3,5-5 MHz.⁶ Questa frequenza fornisce un'eccellente risoluzione e penetrazione che permette la visualizzazione delle strutture profonde del

*Dal Department of Interventional Pulmonology, Beth Israel Deaconess Medical Center, Boston, MA.

Manoscritto ricevuto il 13 gennaio 2006; revisione accettata il 16 febbraio 2006.

La riproduzione di questo articolo è vietata in assenza di autorizzazione scritta dell'American College of Chest Physicians (www.chestjournal.org/misc/reprints.shtml).

Corrispondenza: David Feller-Kopman, MD, FCCP, Interventional Pulmonology, Beth Israel Deaconess Medical Center, One Deaconess Rd, Suite 201, Boston, MA 02215; e-mail: dfellerk@bidmc.harvard.edu

(*CHEST 2006; 129:1709-1714*)



FIGURA 1. Spazio pleurico destro. Il diaframma si vede a destra dell'immagine. Il fegato è usato come riferimento per l'ecogenicità delle altre strutture. Il polmone areato si vede come galleggiare nel liquido pleurico ipoecogeno. (©2006 da *Ultrasound Guided Procedures and Investigations*, Armin Ernst, David Feller-Kopman, eds., Taylor and Francis, New York, NY 2006, Riprodotto col permesso di Routledge/Taylor & Francis Group, LLC).

torace. Tutte le sonde a ultrasuoni sono dotate di un incavo in un lato che corrisponde ad un punto sullo schermo che si trova tipicamente nell'angolo in alto a sinistra (Figura 1). Per convenzione, l'incavo nel sensore è diretto in senso apicale. È pertanto necessario rotare l'immagine sullo schermo di 90° in senso orario mentalmente per correlare l'immagine ecografica con l'anatomia del paziente. In pratica, con la sonda sulla parte posteriore del paziente, la parte sinistra dello schermo è apicale e quella destra è caudale, la parte superiore è posteriore e quella basale è anteriore. La sonda dovrebbe essere mossa in direzione superiore-inferiore così come trasversalmente al torace, nello spazio intercostale.

La pelle e il tessuto sottocutaneo si vedono come strati multipli con l'ecogenicità dei tessuti molli e la pleura parietale e quella viscerale si vedono come due linee iperecogene, di solito di spessore inferiore a 2 mm.⁷ In assenza di liquido pleurico, l'identificazione della pleura parietale e viscerale iperecogene può essere difficile.^{6,8} Il polmone areato si mostra come un pattern di echi intensi dovuti ad artefatti. Quando l'aria penetra nel polmone durante l'inspirazione, gli echi si intensificano e la struttura diventa iperecogena. Il movimento del polmone durante la respirazione produce un segno a "scivolamento" o "gliding" e il movimento dinamico permette di identificare la pleura viscerale e il parenchima. I movimenti diaframmatici possono anche essere visualizzati in tempo reale e rappresentano un punto chiave quanto si inizia un esame ecografico dello spazio pleurico. Il fegato viene usato come riferimento per definire il riflesso ipoecogeno, esoecogeno e iperecogeno (Figura 1).

CARATTERISTICHE ECOGRAFICHE DEI VERSAMENTI

Diversi studi hanno dimostrato che l'ecografia può essere utile nel distinguere i versamenti trasudativi da quelli essudativi. Uno studio precoce dimostrava che la presenza di liquido organizzato o settato è essudato nel 74% dei casi,⁹ studi più recenti suggeriscono che il liquido organizzato, settato o meno, o i versamenti omogeneamente esogeni, sono sempre essudati. Tuttavia, non sempre il contrario corrisponde al vero. Sebbene i trasudati siano quasi sempre anecogeni, il versamento anecogeno può essere sia essudato che trasudato. La presenza di ispessimento pleurico associata ad anomalia parenchimale si correla anche con la presenza di versamento pleurico e versamenti omogeneamente esogeni sono tipicamente associati a emorragia o empiema.¹⁰ Chiaramente, per poter correlare le caratteristiche ecografiche dei versamenti, è necessaria più esperienza rispetto a quella richiesta per la sola identificazione del liquido pleurico. La presenza di setti nelle immagini ecografiche predice la necessità di un intervento pleurico quale la fibrinolisi intrapleurica o l'asportazione chirurgica ed è anche associata ad un maggior tempo di mantenimento del tubo di drenaggio e di ospedalizzazione.¹¹ Questi dati comunque venivano riportati prima del recente trial di Moskell e coll.,¹² che suggerisce la mancanza di efficacia del trattamento fibrinolitico. Il ruolo esatto della ecografia nel predire il trattamento invasivo resta da stabilire.

Con l'ecografia si può stimare la quantità di liquido nella cavità pleurica e quando si esaminano i pazienti in posizione supina, la quantità di liquido stimata con l'ecografia si correla meglio con la quantità di liquido reale rispetto a quella che si stima con la radiografia in decubito laterale.¹³ Due punti importanti nell'usare questo metodo di valutazione del volume del liquido sono i seguenti: il trasduttore deve essere perpendicolare al torace, perché un angolo obliquo sovrastimerebbe o sottostimerebbe il volume ed inoltre nei pazienti con torace largo il liquido si distribuirà su una vasta superficie, perciò la quantità di liquido vista con l'ecografo sarà sottostimata.

Poiché l'ispessimento pleurico può essere anecogeno, la sola presenza di uno spazio ecoprivo non garantisce la presenza di versamento pleurico. I cambiamenti dinamici includono il cambiamento di forma con i movimenti respiratori e la presenza di densità ecogene mobili sono considerate la *conditio sine qua non* del versamento pleurico.¹⁴ Alcuni autori^{15,16} parlano di "segnale del colore", che significa che i cambiamenti di colore che si osservano durante la respirazione o il battito cardiaco si utilizzano per evidenziare versamenti piccoli o localizzati.

L'ecografia è stata anche studiata nei pazienti con versamento a camicia. Usando la TC come gold

standard, l'ecografia ha dimostrato una sensibilità del 95% nell'identificare le lesioni pleuriche in questo gruppo di pazienti.³ Come uno si aspetterebbe, la capacità dell'ecografia di identificare le malattie parenchimali o mediastiniche è più limitata rispetto alla TC. I vantaggi dell'eco comunque includono la portabilità, i costi, l'assenza di esposizione alle radiazioni e la possibilità di eseguire procedure guidate in tempo reale al letto del paziente. È stato dimostrato che l'ecografia è utile ad ottenere un'adeguata quantità di liquido nei piccoli versamenti (definiti come obliterazione di meno della metà dell'emidiaframma), indipendentemente dal fatto che la raccolta fosse saccata o meno.¹⁷

TORACENTESI ECO-GUIDATA

La toracentesi è considerata una procedura semplice con poche complicanze. L'incidenza di pneumotorace tuttavia va dal 20 al 39%.¹⁸ I fattori procedurali che riducono l'incidenza di pneumotorace includono l'esecuzione da parte di personale esperto¹⁹ e l'uso della guida ecografica.^{18,20,21}

Sebbene non esistano trial randomizzati in cieco che confrontano la toracentesi guidata dall'ecografia vs l'esame obiettivo, diversi studi hanno associato l'uso della guida ecografica con una più bassa incidenza di complicanze. Grogan e coll.¹⁸ hanno dimostrato una riduzione significativa nell'occorrenza di pneumotorace quando si utilizzava l'ecografia per il posizionamento dell'ago (0% vs circa il 29%). Una riduzione simile nell'incidenza di pneumotorace è stata riportata da Raptopoulos e coll.²¹ (18% vs 3%). Ciò si è dimostrato vero in presenza di grandi o piccole quantità di liquidi, per la toracentesi diagnostica o terapeutica e in assenza di liquido. Forse di maggior rilevanza clinica è il fatto che il numero di pneumotoraci che richiedevano toracostomia si riduceva usando l'eco-guida.^{21,22}

La maggior parte degli studi sulla toracentesi ecoguidata non si basa sulla guida in tempo reale per l'inserimento dell'ago, ma l'ago viene inserito subito dopo l'identificazione di un sito appropriato. È interessante notare che usando questa tecnica se l'ago viene inserito in ritardo, per esempio dopo che il radiologo ha eseguito l'eco ed il paziente torna in piedi, non si ha riduzione dell'incidenza di pneumotorace.²¹

Un altro beneficio dell'ecografia sta nel fatto che il successo della toracentesi aumenta anche dopo che quella guidata dall'esame clinico non ha avuto risultato positivo. Diversi studi^{9,17,23} suggeriscono che il liquido può essere ottenuto anche fino all'88% dei pazienti dopo una toracentesi tradizionale che non ha avuto esito. Forse è ancora più importante notare

che nel 58% dei casi in cui il liquido non si aspirava l'inserzione dell'ago avveniva sotto il diaframma.²³ Diacon e coll.²⁴ hanno dimostrato che l'ecografia aumenta la probabilità di trovare il sito esatto del 26% e diminuisce il numero di punture a vuoto, in particolare riduce del 10% le inserzioni di ago potenzialmente pericolose rispetto alle tecniche di identificazioni del liquido tramite esame obiettivo o radiografia del torace.

I rianimatori possono facilmente imparare a eseguire le tecniche ecografiche necessarie per eseguire l'ecografia nelle UTI e lo possono fare senza una preparazione radiologica ufficiale. Mayo e coll.⁴ evidenziavano un'incidenza dell'1,3% di pneumotorace nel loro studio su 232 toracentesi eco-guidate in pazienti che richiedevano ventilazione meccanica. È improbabile che i pazienti nelle UTI siano messi seduti, un'operazione che richiede almeno due operatori. In generale, valutiamo la parete laterale del torace con il paziente supino in posizione ipsilaterale con il braccio portato sopra il torace in direzione opposta. Questa posizione è la più facile per il paziente e l'operatore e i versamenti di entità moderata possono essere evidenziati facilmente. In caso di versamenti minori, la testata del letto deve essere sollevata oppure facciamo scivolare il paziente vicino all'estremità del letto in modo che la sonda possa essere posizionata posteriormente.

PNEUMOTORACE

Sebbene un pneumotorace possa essere facilmente visto attraverso una radiografia o una TC, la portabilità dell'ecografo rende l'esame particolarmente interessante per escludere un pneumotorace post-procedurale. La perdita della scivolabilità del polmone così come la perdita di artefatti a "coda di cometa" sono fortemente associati a presenza di aria nel cavo pleurico.²⁵ Gli artefatti a coda di cometa sono causati da riverberi ecogeni del polmone areato e appaiono come opacità che si estendono dalla linea pleurica all'estremità dell'immagine. Lo scivolamento polmonare può essere limitato anche da lesioni pleuroparenchimali o da paralisi diaframmatiche e pertanto la principale utilità dell'eco per la valutazione dello pneumotorace si riferisce proprio alla possibilità di escluderlo. Ciò significa che la presenza di artefatti a coda di cometa e la presenza di scivolamento polmonare permettono di escludere la presenza di pneumotorace con un valore predittivo negativo pari al 100%.^{26,27} Sebbene l'eco possa escludere la presenza di un pneumotorace, non permette di valutarne le dimensioni ed è pertanto necessaria una radiografia standard. Lichtenstein e coll.²⁸ hanno recentemente revisionato l'utilizzo del-

l'eco per l'identificazione dello pneumotorace e descritto la visualizzazione del "punto polmonare" in modalità tempo-movimento come un segno specifico (100%) per identificare lo pneumotorace. È anche importante per lo pneumologo notare che in un recente piccolo studio si usava l'ecografia per escludere l'occorrenza di pneumotorace dopo biopsia transbronchiale.²⁹

IMPLICAZIONI PRATICHE

L'American Medical Association (AMA) si esprime in questi termini sul valore dell'immagini ecografiche:

l'esecuzione dell'ecografia va oltre lo scopo della comune pratica medica... in medicina esistono ampie e diverse indicazioni e diverse applicazioni dell'ecografia... la prerogativa del medico di effettuare l'ecografia dovrebbe essere specificata sui moduli specifici... lo staff di ciascun ospedale dovrebbe revisionare e approvare i criteri per garantire la possibilità di effettuare l'ecografia basandosi sul background e sul training sull'uso di questa tecnologia e raccomandare che questi criteri siano concordi con il training e la formazione standard di ciascun medico nella sua rispettiva specialità.³⁰

Si afferma che l'ecografia non deve essere eseguita in modo esclusivo dai radiologi e l'AMA fornisce anche rimborsi per i medici ben addestrati.

L'American College of Emergency Physicians (ACEP), per esempio, ha preparato un documento³¹ in cui si specifica lo scopo della pratica, il training e il miglioramento della qualità dell'ecografia in medicina d'urgenza. Entrambi questi documenti³² supportano l'uso dell'ecografia da parte dei membri delle loro società e spiegano il modo per ottenere e mantenere la competenza, così come quello per assicurare il controllo di qualità. Sfortunatamente l'American College of Chest Physicians, l'American Thoracic Society e la Society of Critical Care Medicine non hanno ancora sviluppato o pubblicato le loro raccomandazioni. Poiché l'uso dell'ecografia si sta espandendo tra gli pneumologi e gli intensivisti,^{33,34} abbiamo bisogno di sviluppare una politica che si occupi di questi problemi così come del modo di addestrare i nostri studenti su una procedura di cui loro sicuramente avranno bisogno e che diventi facile come la broncoscopia con il flessibile.

Per acquisire le tecniche necessarie e per inserire l'ecografia nella pratica clinica, coloro che non sono radiologi devono essere addestrati. Il training per l'acquisizione e l'interpretazione delle immagini include lezioni, dimostrazioni e soprattutto tutoraggio da parte di un esperto. L'ACEP suggerisce un corso di due giorni (16 h) per coprire tutti gli aspetti dell'ecografia diretto ai medici dei reparti di medicina

d'urgenza, ma riconosce che per coloro che desiderano imparare una sola applicazione dell'ecografia la durata del training possa essere ridotta.³¹ Per una singola applicazione, l'ACEP raccomanda da 3 a 4 ore di didattica e da 2 a 4 ore di pratica in laboratorio. Malgrado sia difficile determinare le competenze acquisite basandosi solo sul numero di esami effettuati, l'ACEP suggerisce almeno 25 casi documentati e revisionati per ciascuna applicazione primaria. I casi dovrebbero essere sia normali che patologici, e il training per non perdere la manualità deve essere continuato.³¹ Negli Stati Uniti esistono diversi corsi ECM sull'argomento e la partecipazione dell'American College of Chest Physicians e della Society for Critical Care Medicine alle sessioni sull'ecografia sono aumentate in maniera quasi esponenziale. Inoltre, corsi autodidattici sull'ecografia pleurica sono disponibili on-line (www.sonography-training.com). Una continua verifica di qualità per l'operatore e l'apparecchiatura è indispensabile. Come suggerisce l'AMA sarà responsabilità delle nostre società sviluppare linee guida specifiche per l'addestramento standard.

Gli pneumologi dovrebbero revisionare i codici della terminologia procedurale attuale (CPT) con i loro esperti economici e la terza parte pagante, perché i rimborsi per la procedura variano in base alla regione anche all'interno di uno stesso stato. I codici più comunemente usati per la toracentesi sono 32000 e 32002. Il codice 32000 descrive "toracentesi, puntura del cavo pleurico per aspirazione, iniziale o successiva" ed ha associato un rimborso di circa \$190,69 (non presso istituzioni) e \$82,00 (presso istituzioni) in Massachusetts (www.catalog.ama-assn.org/Catalog/cpt/cpt_search.jsp?_requestid=244532). Il codice 32002, comunque, è descritto come "toracentesi con inserzione di drenaggio" ed è associato ad un rimborso di circa \$223,87 (non presso istituzioni) e \$132,94 (presso istituzioni) in Massachusetts. Questo codice è diverso dal 32020 "torcotomia con drenaggio" (ascesso, emotorace, empiema) pagato \$222,00 (non presso istituzioni e presso istituzioni) in Massachusetts. Questi codici distinguono la toracentesi diagnostica, quando si usa un ago piccolo, da quella terapeutica quando si usa il kit contenente ago e catetere e da quella in cui si usa il drenaggio con tracheostomia. Il medico pertanto dovrebbe documentare appropriatamente quando esegue una toracentesi terapeutica usando il codice 32002 se ha usato un kit con catetere.

I codici più comunemente usati per la toracentesi eco-guidata per i medici/intensivisti sono 76942 ("ecoguida per posizionamento dell'ago [biopsia, aspirazione, iniezione, localizzazione] supervisione e interpretazioni delle immagini"); 76937 ("eco-guida per accesso vascolare che richiede valutazione eco-

grafica dei potenziali siti d'accesso, documentazione della pervietà del vaso, visualizzazione in tempo reale dell'ingresso dell'ago nel vaso, con registrazione continua [lista separata oltre al codice della procedura primaria]; e 76604 ("ecografia, torace, B-scan [incluso mediastino] e/o in tempo reale con documentazioni delle immagini") [www.catalog.ama-assn.org/Catalog/cpt/cpt_search.jsp?_requestid=244532]. Dovrebbe essere comunque notato che i codici menzionati sono la componente tecnica e possono essere usati soltanto dai servizi che possiedono l'apparecchiatura per ecografia. Per il rimborso del personale si usa il modificatore "-26". Poiché il rimborso per la componente tecnica è più alto di quello per la competenza professionale, può essere più conveniente per l'ufficio o la divisione del medico acquistare l'ecografo piuttosto che usare quello dell'ospedale. A Boston il rimborso per il codice 76942 è pari a \$175,00 (\$138,56 per l'apparecchiatura, \$36,44 per il personale), e il rimborso per il codice 76937 è di \$38,13 (\$21,25 per l'apparecchiatura, \$16,88 per il personale) [www.cms.hhs.gov/apps/pfslookup/].

È responsabilità del medico assicurarsi dell'addebitamento dei costi e della giusta documentazione, e il lettore dovrebbe conoscere le richieste locali delle compagnie di assicurazione e degli esperti di addebitamento. È anche importante discutere la questione con la terza parte pagante poiché può succedere che questa richieda una lettera dal responsabile della radiologia dell'istituto che dichiara la vostra competenza. Questo è un altro dei motivi per cui è opportuno che le nostre società assumano un ruolo attivo per fare in modo che noi stessi siamo in grado di determinare le competenze.

Inoltre, per usare i codici CPT, è indispensabile un'adeguata documentazione. Per l'ecografia deve essere conservata una copia, cartacea o non, delle immagini. Questo deve essere fatto in rispetto delle linee guida della Health Insurance Portability and Accountability Act, e tutti i dati che identificano il paziente devono essere salvaguardati se le immagini sono conservate elettronicamente.

LIMITI DELL'ECOGRAFIA

Prima di usare l'ecografia per tutte le toracentesi ci sono alcuni aspetti che bisogna considerare. In primo luogo non esistono studi in cieco randomizzati che dimostrino un miglioramento degli outcome. Poiché sarebbe difficile, se non impossibile, disegnare questi trial, dobbiamo necessariamente basarci su un'evidenza di grado B. Gli pneumologi esperti posso effettuare una toracentesi in tutta sicurezza senza l'eco-guida.³⁵ In questo momento i rischi e

benefici di effettuare una toracentesi eco-guidata devono essere valutati da caso a caso. Ovviamente, i benefici che sia lo pneumologo a effettuare la toracentesi, rispetto al radiologo, consistono nella continuità della gestione, nella garanzia che si stia effettuando la procedura appropriata (diagnostica vs terapeutica) e nel fatto che lo pneumologo è addestrato a interpretare i risultati delle analisi del liquido pleurico e può fornire un follow-up specifico. Ci sono casi comunque in cui lo pneumologo che non effettua l'ecografia chiede al collega radiologo di effettuare la procedura. Inoltre, alcune piccole raccolte saccate si drenerebbero meglio con la guida della TC piuttosto che dell'eco. In secondo luogo, esistono diversi apparecchi disponibili, ciascuno con specifici vantaggi o svantaggi. L'investimento iniziale, può essere notevole (da \$25.000 a \$40.000), sebbene si possano trovare apparecchi nuovi o di seconda mano molto più economici anche su Internet per esempio su e-Bay. Inoltre, ci sono i costi di mantenimento e di materiali di ricambio come le fodere sterili e la stampante. Terzo, probabilmente la cosa più importante, l'assicurazione di qualità deve essere elevata ed avere priorità. Anche se è facile apprendere la tecnica, sono necessarie lezioni teoriche e pratiche. Come per altre procedure, la competenza dipende dal numero di esami effettuati e pertanto è opportuno effettuarne un certo numero regolarmente.

SOMMARIO

L'ecografia è un sistema semplice da imparare che non solo migliora il valore dell'esame obiettivo ma ha anche il vantaggio specifico di essere portatile e semplice e può fornirci una valutazione del cavo pleurico in tempo reale. Il suo utilizzo aumenta la sensibilità e riduce la frequenza delle complicanze associate a toracentesi e pertanto sta diventando velocemente uno standard tra le procedure guida. Come pneumologi e intensivisti è giusto che acquisiamo le tecniche ecografiche per le malattie pleuriche e come guida per gli accessi vascolari e per la valutazione dei traumi. È fondamentale che lo pneumologo si adoperi per fare diventare l'ecografia parte della pratica clinica quotidiana, per creare opportunità didattiche per i membri delle nostre società e per inserire l'ecografia nel programma di training degli studenti.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Light RW. Pleural diseases, 4th ed. Philadelphia, PA: Lippincott, Williams & Wilkins, 2001
- 2 Gryminski J, Krakowka P, Lypacewicz G. The diagnosis of pleural effusion by ultrasonic and radiologic techniques. Chest 1976; 70:33-37

- 3 Yu CJ, Yang PC, Wu HD, et al. Ultrasound study in unilateral hemothorax opacification. Image comparison with computed tomography. *Am Rev Respir Dis* 1993; 147:430–434
- 4 Mayo PH, Goltz HR, Tafreshi M, et al. Safety of ultrasound-guided thoracentesis in patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 2004; 125:1059–1062
- 5 Rozycki GS, Pennington SD, Feliciano DV. Surgeon-performed ultrasound in the critical care setting: its use as an extension of the physical examination to detect pleural effusion. *J Trauma* 2001; 50:636–642
- 6 Beckh S, Bolcskei PL, Lessnau KD. Real-time chest ultrasonography: a comprehensive review for the pulmonologist. *Chest* 2002; 122:1759–1773
- 7 Mathis G. Thoraxsonography: part I. Chest wall and pleura. *Ultrasound Med Biol* 1997; 23:1131–1139
- 8 Tsai TH, Yang PC. Ultrasound in the diagnosis and management of pleural disease. *Curr Opin Pulm Med* 2003; 9:282–290
- 9 Hirsch JH, Rogers JV, Mack LA. Real-time sonography of pleural opacities. *AJR Am J Roentgenol* 1981; 136:297–301
- 10 Yang PC, Luh KT, Chang DB et al. Value of sonography in determining the nature of pleural effusion: analysis of 320 cases. *AJR Am J Roentgenol* 1992; 159:29–33
- 11 Chen KY, Liaw YS, Wang HC et al. Sonographic septation: a useful prognostic indicator of acute thoracic empyema. *J Ultrasound Med* 2000; 19:837–843
- 12 Maskell NA, Davies CW, Nunn AJ et al. U.K. controlled trial of intrapleural streptokinase for pleural infection. *N Engl J Med* 2005; 352:865–874
- 13 Eibenberger KL, Dock WI, Ammann ME, et al. Quantification of pleural effusions: sonography versus radiography. *Radiology* 1994; 191:681–684
- 14 Marks WM, Filly RA, Callen PW. Real-time evaluation of pleural lesions: new observations regarding the probability of obtaining free fluid. *Radiology* 1982; 142:163–164
- 15 Wu RG, Yang PC, Kuo SH, et al. “Fluid color” sign: a useful indicator for discrimination between pleural thickening and pleural effusion. *J Ultrasound Med* 1995; 14:767–769
- 16 Wu RG, Yuan A, Liaw YS, et al. Image comparison of real-time gray-scale ultrasound and color Doppler ultrasound for use in diagnosis of minimal pleural effusion. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150:510–514
- 17 Kohan JM, Poe RH, Israel RH, et al. Value of chest ultrasonography versus decubitus roentgenography for thoracentesis. *Am Rev Respir Dis* 1986; 133:1124–1126
- 18 Grogan DR, Irwin RS, Channick R, et al. Complications associated with thoracentesis: a prospective, randomized study comparing three different methods. *Arch Intern Med* 1990; 150:873–877
- 19 Bartter T, Mayo PD, Pratter MR, et al. Lower risk and higher yield for thoracentesis when performed by experienced operators. *Chest* 1993; 103:1873–1876
- 20 Jones PW, Moyers JP, Rogers JT, et al. Ultrasound-guided thoracentesis: is it a safer method? *Chest* 2003; 123:418–423
- 21 Raptopoulos V, Davis LM, Lee G, et al. Factors affecting the development of pneumothorax associated with thoracentesis. *AJR Am J Roentgenol* 1991; 156:917–920
- 22 Barnes TW, Morgenthaler TI, Olson EJ, et al. Sonographically guided thoracentesis and rate of pneumothorax. *J Clin Ultrasound* 2005; 33:442–446
- 23 Weingardt JP, Guico RR, Nemcek AA Jr, et al. Ultrasound findings following failed, clinically directed thoracenteses. *J Clin Ultrasound* 1994; 22:419–426
- 24 Diacon AH, Brutsche MH, Soler M. Accuracy of pleural puncture sites: a prospective comparison of clinical examination with ultrasound. *Chest* 2003; 123:436–441
- 25 Targhetta R, Bourgeois JM, Chavagneux R, et al. Ultrasonic signs of pneumothorax: preliminary work. *J Clin Ultrasound* 1993; 21:245–250
- 26 Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P, et al. The comet-tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax. *Intensive Care Med* 1999; 25:383–388
- 27 Maury E, Guglielminotti J, Alzieu M, et al. Ultrasonic examination: an alternative to chest radiography after central venous catheter insertion? *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 164:403–405
- 28 Lichtenstein DA, Meziere G, Lascols N, et al. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. *Crit Care Med* 2005; 33:1231–1238
- 29 Reissig A, Kroegel C. Accuracy of transthoracic sonography in excluding post-interventional pneumothorax and hydropneumothorax: comparison to chest radiography. *Eur J Radiol* 2005; 53:463–470
- 30 American Medical Association. Res. 802 I, Reaffirmed: Sub.Res. 108 A. Privileging for ultrasound imaging. Available at: http://www.ama-assn.org/apps/pf_newpf_online?f_n_browse/doc_policyfiles/HnE/H-230.960.HTM. Accessed February 15, 2006
- 31 American College of Emergency Physicians. AECPEP policy statement: emergency ultrasound guidelines. 2001. Available at: www.acep.org/NR/rdonlyres/8024079E-2SE8-4875-93E6-6867EA705A2A/0/ultrasound_guidelines.pdf. Accessed February 15, 2006
- 32 American College of Surgeons. Ultrasound examinations by surgeons. 1998. Available at: www.facs.org/fellows_info/statements/st-31.html. Accessed February 16, 2006
- 33 Beaulieu Y, Marik PE. Bedside ultrasonography in the ICU: part 1. *Chest* 2005; 128:881–895
- 34 Beaulieu Y, Marik PE. Bedside ultrasonography in the ICU: part 2. *Chest* 2005; 128:1766–1781
- 35 Aelony Y. Thoracentesis without ultrasonic guidance: infrequent complications when performed by an experienced pulmonologist. *J Bronchology* 2005; 14:200–202