

Ultrasonografi Toraks

Apri Lyanda, Budhi Antariksa, Elisna Syahrudin

Departemen Pulmonologi dan Ilmu Kedokteran Respirasi FKUI – RS Persahabatan, Jakarta

PENDAHULUAN

Ultrasonografi (USG) adalah alat diagnostik noninvasif menggunakan gelombang suara dengan frekuensi tinggi diatas 20.000 hertz (>20 kilohertz) untuk menghasilkan gambaran struktur organ di dalam tubuh.¹ Manusia dapat mendengar gelombang suara 20-20.000 hertz.¹ Gelombang suara antara 2,5 sampai dengan 14 kilohertz digunakan untuk diagnostik. Gelombang suara dikirim melalui suatu alat yang disebut *transducer* atau *probe*. Obyek didalam tubuh akan memantulkan kembali gelombang suara yang kemudian akan ditangkap oleh suatu sensor, gelombang pantul tersebut akan direkam, dianalisis dan ditayangkan di layar. Daerah yang tercakup tergantung dari rancangan alatnya.^{1,2} Ultrasonografi yang terbaru dapat menayangkan suatu obyek dengan gambaran tiga dimensi, empat dimensi dan berwarna.²

Pemeriksaan USG toraks lebih aman dibanding dengan pemeriksaan *computed tomography scanning* (CT Scan) dan radiologi karena tidak menggunakan radiasi. USG toraks dibandingkan dengan *magnetic resonance imaging* (MRI) lebih aman karena tidak menggunakan medan magnet yang kuat. Kekurangan dan kelebihan USG toraks dan radiologi dapat dilihat pada tabel 1.³ Efek samping yang sering dilaporkan adalah alergi pada jeli yang diberikan untuk membantu meningkatkan perambatan gelombang suara yang dipancarkan oleh *transducer*. Pengaruh dari gelombang ultrasonik sendiri belum ada yang melaporkan berakibat buruk bagi kesehatan manusia.^{3,4}

Penemuan alat USG diawali dengan penemuan gelombang ultrasonik yaitu sekitar tahun 1920 ketika prinsip kerja gelombang ultrasonik mulai diterapkan dalam bidang kedokteran. Gelombang ultrasonik pertama kali digunakan untuk terapi bukan untuk mendiagnosis suatu penyakit. Gelombang ultrasonik digunakan untuk menghancurkan sel-sel atau jaringan berbahaya dalam tubuh, diterapkan pula untuk penyembuhan penyakit-penyakit lainnya. Penyakit yang diterapi menggunakan gelombang ultrasonik antara lain artritis, hemoroid, asma, ulkus peptikum, elefantiasis (kaki gajah) dan terapi angina pektoris.⁴ Baru pada awal tahun 1940 gelombang ultrasonik dinilai memungkinkan untuk digunakan

sebagai alat mendiagnosis suatu penyakit bukan lagi hanya untuk terapi. Hal tersebut disimpulkan berkat eksperimen Karl Theodore Dussik seorang dokter ahli saraf dari Universitas Vienna Austria.⁵ Bersama dengan saudaranya, Freiderich seorang ahli fisika berhasil menemukan lokasi sebuah tumor otak dan pembuluh darah pada otak besar dengan mengukur pantulan gelombang ultrasonik melalui tulang tengkorak. Hasil pemindaian dengan menggunakan *transducer* (kombinasi alat pengirim dan penerima data) masih berupa gambar dua dimensi yang terdiri dari barisan titik-titik berintensitas rendah. George Ludwig ahli fisika Amerika kemudian menyempurnakan alat temuan Dussik tahun 1950.⁶

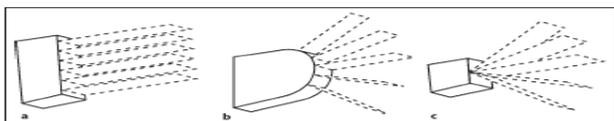
Teknologi *transducer* digital sekitar tahun 1990 memungkinkan sinyal gelombang ultrasonik yang diterima menghasilkan tampilan gambar suatu jaringan dengan lebih jelas. Penemuan komputer pada pertengahan 1990 sangat membantu teknologi ini. Gelombang ultrasonik akan melalui proses sebagai berikut, pertama gelombang akan diterima *transducer* kemudian gelombang tersebut diproses sedemikian rupa dalam komputer sehingga bentuk tampilan gambar akan terlihat pada layar monitor. *Transducer* yang digunakan terdiri dari *transducer* penghasil gambar dua dimensi atau tiga dimensi. Bentuk-bentuk *transducer* dapat dilihat pada gambar 2. Pada tinjauan pustaka ini membahas USG toraks yang berhubungan dengan paru.^{7,8}

Cara Kerja USG

Cara kerja USG adalah memantulkan gelombang suara dan menerima kembali gelombang suara yang telah dipantulkan setelah terkena suatu obyek. Obyek disini berupa organ tubuh. Gelombang suara dikeluarkan oleh *transducer* dengan panjang gelombang 2,5-14 kilohertz, panjang gelombang yang dikeluarkan bervariasi tergantung dari bentuk *transducer*. Hasil pemantulan gelombang suara tersebut kemudian akan diterima kembali oleh *transducer* dan diproses oleh mesin USG kemudian ditayangkan dalam monitor. Kinerja USG tergantung dari semua alat-alat yang ada pada mesin USG yaitu :^{9,10}

1. *Transducer*
Transducer adalah komponen USG yang ditempelkan pada bagian tubuh yang akan diperiksa seperti dinding dada untuk pemeriksaan paru atau

dinding perut untuk pemeriksaan kehamilan. Di dalam *transducer* terdapat kristal yang digunakan untuk menangkap gelombang yang disalurkan oleh *transducer*. Gelombang diterima dalam bentuk akustik (gelombang pantul) sehingga fungsi kristal disini adalah untuk mengubah gelombang tersebut menjadi gelombang elektronik yang dapat dibaca oleh komputer sehingga dapat diterjemahkan dalam bentuk gambar. Bentuk-bentuk *transducer* dan arah gelombang ultrasonik dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Bentuk probedan arah gelombang
Dikutip dari (3)



Gambar 2. Bentuk-bentuk probe USG
Dikutip dari (9)

2. Monitor

Monitor adalah layar yang digunakan untuk menampilkan bentuk gambar dari hasil pengolahan data komputer.⁹ Monitor yang digunakan pada awal penemuan USG masih berupa layar tabung besar yang terpisah dari mesin USG. Perkembangan teknologi yang terus berkembang pesat membawa kemajuan pada teknologi monitor. Kalau pada awal penemuan memakai layar tabung yang besar kini sudah menggunakan layar kecil dan tipis. Awal penemuan USG layar monitor masih hitam putih sekarang sudah berwarna. Layar monitor sekarang juga menjadi satu dengan alat USG sehingga bentuk USG lebih terlihat kecil. Contoh monitor dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 3. Monitor USG

Dikutip dari (9)

3. Mesin USG

Mesin USG merupakan bagian dari USG berfungsi mengolah data yang diterima dalam bentuk gelombang dan mengubah gelombang menjadi gambar. Mesin USG merupakan pusat pengolahan data seperti *central processor unit* (CPU) pada komputer. Mesin USG sangat mempengaruhi hasil pencitraan USG. Semakin baik CPU yang dipakai pada mesin akan semakin baik dan cepat hasil yang ditayangkan di layar monitor USG. Kemajuan teknologi juga mempengaruhi perkembangan bentuk mesin USG. Awal penemuan mesin USG masih berbentuk sangat besar dan berat sehingga sulit untuk dipindah-dipindahkan, sekarang ukuran mesin USG sudah sangat kecil. Penggunaan radiologi untuk pemeriksaan toraks dibandingkan USG toraks lebih menguntungkan terutama untuk pasien-pasien gawat darurat. Keuntungan dan kerugian radiologi dapat dilihat pada tabel 1. Gambar mesin USG dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Mesin USG

Dikutip dari (9)

Tabel 1. Keuntungan dan kerugian radiologi dan USG

Keuntungan	Kerugian
Radiologi	Radiologi
1. Membedakan kelainan di dalam atau di luar paru	1. Satu lapangan pandang
2. Pendeteksian edema paru dan pneumotoraks lebih baik	2. Menggunakan radiasi
	3. Memerlukan empat film untuk seluruh rongga toraks
	4. Alat mahal dan besar
USG toraks	USG toraks
1. Kecakapan menggunakan alat lebih mudah dan cepat	1. Tulang rusuk penghalang USG
2. Relatif lebih murah dan mudah dibawa atau dipindahkan	2. Gambar yang didapat lebih dangkal
	3. Gambar yang terfokus sesuai kemampuan <i>transducer</i>

Dikutip dari (2)

Jenis pemeriksaan USG

Pemeriksaan USG toraks berkembang sesuai dengan perkembangan teknologi. Jenis pemeriksaan USG juga berkembang sejalan dengan perkembangan teknologi yang ada. Pemeriksaan USG awalnya hanya ada satu jenis pemeriksaan yang dihasilkan akan tetapi karena kebutuhan

akan hasil yang lebih baik dan didukung pula oleh kemajuan teknologi jenis pemeriksaan USG dapat bermacam-macam. Jenis pemeriksaan yang baru dikembangkan dari teknologi awal penemuan USG. Perkembangan dari satu jenis menjadi empat jenis seperti yang ada sekarang disesuaikan dengan kebutuhan pemeriksa dan kemampuan pasien. Teknologi yang baik membutuhkan biaya lebih mahal dibandingkan dengan teknologi biasa. Jenis-jenis pemeriksaan USG toraks yaitu :^{10,11}

1. Ultrasonografi dua dimensi

Menampilkan gambar dua bidang (memanjang dan melintang). Kualitas gambar yang dihasilkan cukup baik, sebagian besar keadaan organ dapat ditampilkan. Contoh hasil USG dua dimensi dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil USG dua dimensi
Dikutip dari (5)

2. Ultrasonografi tiga dimensi

Alat USG ini menampilkan tambahan satu bidang gambar lagi yang disebut koronal. Gambar yang ditampilkan mirip aslinya. Permukaan suatu benda dapat dilihat dengan jelas dan dapat dilihat dari posisi yang berbeda. Ini memungkinkan karena gambar dapat diputar. Contoh hasil dari USG tiga dimensi dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil USG tiga dimensi
Dikutip dari (5)

3. Ultrasonografi empat dimensi

Ultrasonografi empat dimensi hanya istilah untuk USG tiga dimensi yang dapat bergerak. Gambar yang diambil dari USG tiga dimensi tidak dapat

bergerak sementara pada USG empat dimensi gambarnya dapat bergerak seperti keadaan sebenarnya.

4. Ultrasonografi Doppler

Pemeriksaan USG yang mengutamakan pengukuran aliran darah, baik di arteri maupun di vena, juga dapat menentukan kelenjar limfe.

INDIKASI PENGGUNAAN USG TORAKS

Indikasi penggunaan USG toraks pada awalnya hanya terbatas pada kasus-kasus gawat darurat. Penggunaan pada kasus darurat dikarenakan pemeriksaan radiologi membutuhkan ruang khusus dan alat yang lebih besar dan rumit untuk dijalankan sedang USG toraks lebih kecil dan tidak memerlukan ruangan khusus. Penggunaan USG toraks dapat langsung dikerjakan disamping tempat tidur pasien tanpa harus memindahkan pasien. Pemeriksaan juga dapat langsung dilakukan oleh dokter diruang gawat darurat tanpa perlu dokter ahli radiologi. Berikut ini indikasi penggunaan USG toraks :¹²

1. Membedakan efusi pleura atau penebalan pleura
2. Mendeteksi efusi pleura dan pemandu untuk punksi terutama efusi yang minimal dan terlokalisir
3. Membedakan efusi pleura dan kelumpuhan diafragma, dilihat dari gambaran radiologi meragukan
4. Menentukan pneumotoraks terutama dalam keadaan gawat darurat dan peralatan radiologi tidak tersedia atau masih menunggu lama hasil radiologi
5. Menilai invasi tumor ke pleura atau dinding dada dan memandu biopsi jarum untuk tumor
6. Mengevaluasi pasien dengan pleuritis yang sangat nyeri

PRINSIP DASAR USG TORAKS

Hasil pemeriksaan USG toraks yang baik tergantung pada keterampilan dan pengalaman operator (pemeriksa) juga didukung oleh alat yang baik. Kadang-kadang USG sudah baik tapi karena salah pemakaian *probe* hasil yang didapat tidak optimal. Gambaran yang ditampilkan USG toraks bersifat dinamis sebagian besar didasarkan pada analisis artefak. Keakraban dengan berbagai artefak dan kecakapan teknis adalah kebutuhan dasar untuk pemeriksa USG toraks.¹² Posisi pasien yang akan diperiksa tidak diharuskan dalam keadaan tidur terlentang seperti pada pemeriksaan CT scan dan MRI. Pemeriksaan USG toraks ini sangat bergantung keterampilan individu operator maka hasil gambaran USG toraks tidak sama tepat seperti *imaging* lain.

Gambaran optimal tergantung pada pilihan dan penempatan pemeriksa sesuai posisi pasien.^{13,14} Alat USG toraks ada yang besar, kecil dan sangat kecil dan semuanya mempunyai prinsip kerja yang sama.¹⁴ Bentuk alat USG dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Alat USG toraks besar, sedang dan kecil
Dikutip dari (13)

Echogenicity

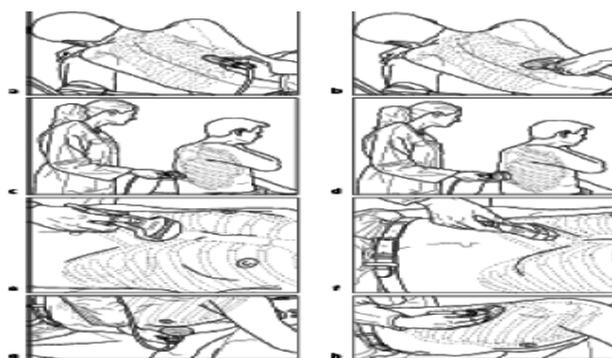
Gambaran USG toraks ditayangkan dalam bentuk hitam dan putih. Gema yang dipantulkan paling kuat digambarkan warna putih sedangkan gelombang suara yang tidak dipantulkan berwarna hitam.¹⁵ Kuat dan lemahnya gelombang pantul tergantung dari organ apa yang diperiksa. Gelombang suara yang dipantulkan lemah berwarna hitam disebut *hipoechoic* dan gelombang yang dipantulkan kuat disebut *hyperechoic*. Gambaran berwarna abu-abu disebut *isoechoic* contohnya pada organ limpa dan ginjal.¹⁶ Hasil gambaran USG toraks untuk organ yang terletak lebih ke permukaan akan lebih baik mempergunakan frekuensi *transducer* tinggi. Sebaliknya untuk organ lebih dalam dari permukaan menggunakan frekuensi *transducer* rendah.¹⁷ Peralatan USG kebanyakan sudah disesuaikan dengan organ yang akan diperiksa, sehingga gambaran yang dihasilkan lebih baik. Ada tiga jenis *transducer* yang digunakan dalam pemeriksaan USG toraks yaitu :¹⁸

1. *Linear array transducer*, bentuk gelombang lurus dengan frekuensi tinggi 7,5-10 MHz untuk pemeriksaan organ yang lebih dangkal terutama struktur dari leher, empiema, efusi peura, massa pleura atau subpleura.
2. *Curved array transducer*, bentuk gelombang melebar dengan frekuensi rendah sehingga menghasilkan lapangan pandang yang luas dan lebih dalam. *Transducer* ini sangat baik digunakan untuk pemeriksaan paru, efusi pleura, struktur perut dan gambaran paru dari arah perut.
3. *Phased array transducer*, bentuk gelombang paling sempit dan dalam dengan frekuensi 2-5 MHz. *Transducer* ini paling baik digunakan untuk pemeriksaan atelektasis paru, komplikasi efusi

pleura dan jantung dari sela-sela iga.

Posisi pasien dan organ yang diperiksa

Organ tubuh paru terdiri dari udara, benda padat dan air yang mengikuti hukum gravitasi.¹⁹ Organ dan cairan tubuh bergeser sesuai dengan posisi pasien. Pemeriksaan USG toraks akan mendapatkan hasil terbaik jika pemeriksa memahami anatomi tubuh dalam hubungan dengan posisi pasien saat diperiksa. Posisi pasien dalam pemeriksaan USG toraks dapat dilihat pada gambar 8. Kemampuan pemeriksa untuk menghubungkan gambaran yang diperoleh dengan anatomi pasien akan menghasilkan kesimpulan yang baik setara dengan hasil radiologi. Walaupun USG menghasilkan gambar dalam bentuk dua dimensi dengan penempatan *probe* yang tepat pada tubuh akan didapat hasil seperti gambaran tiga dimensi. Keterampilan ini didapat dari pengalaman pemeriksa.^{20,21}



Gambar 8. Posisi pasien pada pemeriksaan USG toraks
Dikutip dari (20)

Kecakapan teknik

Penempatan *transducer* yang tepat sangat penting untuk menghasilkan gambar terbaik. Memegang *transducer* dengan baik akan memberikan kenyamanan bagi pasien yang diperiksa sehingga gambar didapat lebih baik jika dibanding pemeriksaan yang dilakukan bila pasien merasa tidak nyaman. Posisi pasien ketika diperiksa juga menentukan hasil terbaik, kelainan tertentu dapat menghasilkan gambar sempurna jika posisinya tepat. Kecakapan pemeriksa ini didapat dari pengalaman, paham akan anatomi tubuh dan penyakit pasien. Pemeriksa juga perlu untuk fleksibel ketika memegang *transducer* dan memposisikan pasien agar gambar yang diinginkan tidak berubah. Beberapa USG toraks sekarang dilengkapi dengan pedal kaki untuk mengambil gambar agar posisi pemeriksa dan pasien tidak berubah ketika gambar diambil. Sebelum ada USG toraks tanpa pedal diperlukan seorang pembantu untuk mengambil gambar.²¹

Gambaran normal toraks

Gambaran dinding dada normal terdiri dari lapisan jaringan lunak, otot dan fascia adalah *echogenic*. Tulang rusuk digambarkan seperti garis *echogenic* diatas lapisan jaringan lunak, otot dan fascia. Gambaran ini dapat dilihat pada gambar 9. Pleura parietal digambarkan seperti dua garis *echogenic* dibawah tulang rusuk. *Transducer* yang digunakan sebaiknya berbentuk *linier array* dengan panjang gelombang 7,5-10 MHz. Bentuk *transducer* lain dapat digunakan untuk pemeriksaan ini tapi hasil yang didapat tidak sebaik jika menggunakan *transducer linier array*. Gambaran normal toraks dapat berbeda tergantung dari posisi pemeriksa dan letak *transducer*.²¹



Gambar 9. Gambaran normal USG toraks
Dikutip dari (20)

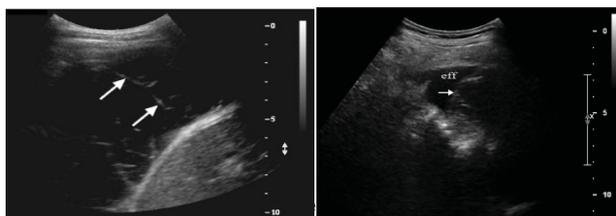
Aplikasi klinis USG toraks

Teknologi USG toraks beragam mulai dari alat besar hingga seukuran kantong yang *ultra portable*. Pemeriksaan USG toraks sebaiknya menggunakan alat seukuran komputer jinjing yang diletakkan diatas meja beroda dengan berbagai *transducer* (linier, curvilinear, phased array). Penjelasan singkat mengenai penggunaan USG toraks adalah sebagai berikut :²²

1. Kelainan pleura

Efusi pleura tampak seperti lapisan *hipoechoic* diantara pleura parietal dan visceral. Gerakan bagian paru yang atelektasis dapat terlihat melalui cairan pleura. Efusi pleura paling baik terlihat dari dinding luar dada dibelakang linea midaksilaris pada posisi terlentang dengan *probe* mengarah ke atas. Pasien yang duduk atau berdiri dapat terlihat dari posterior atau lateral dinding dada. Gambaran efusi pleura dapat dilihat pada gambar 10. Transudat dan eksudat terlihat *anechoic* atau *hipoechoic*. Efusi pleura dengan *echogenicity* merata tampak seperti badai salju umumnya menandakan empiema yang mengandung protein atau sisa jaringan. Lokulasi atau kantong-kantong empiema menandakan empiema kompleks dan lebih bagus terlihat dengan USG toraks dari CT scan. Perbedaan antara abses paru dan empiema kadang sulit karena pusat *hipoechoic*

atau daerah *echogenic* digambarkan sama pada lapisan darah. Penebalan pleura, empiema dan pelebaran pleura digambarkan *hipoechoic*. Efusi ganas, lesi metastasis atau mesotelioma umumnya terlihat *hipoechoic*.



Dikutip dari (20)

2. Pneumotoraks

Udara terlokalisir dalam kavum pleura paling bagus terlihat pada posisi terlentang dengan posisi *probe* dipegang tegak lurus di dinding anterior dada. Kedalaman pneumotoraks tidak dapat diukur. Pneumotoraks umumnya didiagnosis dengan tidak terdapat tanda gerakan normal pleura visceral dan parietal seperti ekor komet dan terdapat gambaran gema yang berlebihan. Operator handal diperlukan untuk menganalisa gambaran ini.

3. Pneumonia

Konsolidasi paru yang menempel dinding dada atau efusi pleura terkantong tampak *echogenic*. Gambaran serupa terlihat pada perdarahan paru, karsinoma bronkoalveolar dan infark paru. Struktur *hyperechoic* yang bercabang menandakan *air bronchogram*. Paru yang atelektasis umumnya *hipoechoic* tanpa ada *air bronchogram*.²²

4. Kanker paru atau metastasis diparu

Gambaran tumor paru pada USG toraks dapat terlihat dengan baik. Massa tumor dekat pleura tampak *hipoechoic*. Gambaran tumor *pancoast* dengan USG toraks dibanding CT scan lebih baik. MRI memberikan gambaran terbaik dibanding USG toraks dan CT scan.

5. Biopsi dengan penuntun USG toraks

Biopsi jarum dengan penuntun USG toraks belum banyak dilakukan. Penelitian besar dengan menggunakan USG dibanding CT scan belum ada yang melakukan. Ahli paru di Amerika dan Jerman melakukan biopsi jarum dengan bantuan USG toraks. Negara-negara lain belum banyak yang melakukan meskipun penggunaan USG toraks lebih murah dan mudah jika dibanding CT scan tapi dikarenakan keterampilan operator pengguna USG toraks belum banyak sehingga masih jarang yang melakukan. Massa subpleura, dinding dada dan dalam pleura dapat dibiopsi jarum dengan penuntun USG toraks.

KESIMPULAN

1. Pemeriksaan USG toraks merupakan tindakan diagnosis noninvasif, murah dan mudah dioperasikan.
2. Pemeriksaan USG toraks lebih aman dibanding pemeriksaan foto toraks, CT scan dan MRI.
3. Meskipun USG toraks tidak mempunyai risiko fisis yang berbahaya tapi masih mungkin menimbulkan negatif palsu atau positif palsu.
4. Keterampilan dan pengalaman operator menentukan hasil yang lebih baik dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Moore C, Molina A, Lin H. Ultrasonography in community emergency departments in the United States: Access to ultrasonography performed by consultants and status of emergency physician performed ultrasonography. *Ann Emerg Med.*2006;47:147-53.
2. Cardenas E. Limited beside ultrasound imaging by emergency medicine physicians. *West J Med.*1998;168:188-9.
3. Eurlle B, Butler K. Diagnostic ultrasonography in emergency medicine. *Crit Dec In Emerg Med.*2004;18:1-8.
4. American College of Emergency Physicians. ACEP Emergency Ultrasound Guidelines. *Ann Emerg Med.*2001;38:470-81.
5. Fagenholz P, Gutman J, Murray A. Chest ultrasonography for the diagnosis and monitoring of high altitude pulmonary edema. *Chest.*2007;131:1013-18.
6. Krejci CS, Trent EJ, Dubinsky T. Thoracic sonography. *Respir Care.*2001;46:932-9.
7. Rozycki GS, Pennington SD, Feliciano DV. Surgeon-performed ultrasound imaging in critical care setting: Its use as an extension of the physical examination to detect pleural effusion. *J Trauma.*2001;50:636-42.
8. Hersh CP, Feller KD, Wahidi M, Garland R, Herth F, Ernst. An ultrasound guidance for medical thoracoscopy: A novel approach. *Respiration.*2003;70:299-301
9. Beckh S, Bolcskei PL, Lessnan KD. Real time chest ultrasonography. A comprehensive review for the pulmonologist. *Chest.*2002;122:1759-73.
10. Chan SSS. Emergency bedside ultrasound to detect pneumothorax. *Acad Emerg Med.* 2003;10:91-4.
11. Moore C, Gregg S, Lambert M. Performance, training, quality assurance and reimbursement of emergency physician performed ultrasonography at academic medical centers. *J Ultrasound Med.*2004;23:459-66.
12. Zhang M, Liu Z, Yang J. Rapid detection of pneumothorax by ultrasound in patients with multiple trauma. *Crit Care.*2006;10:844-9.
13. Blaivas M, Lyon M, Duggal S. A prospective comparison of supine chest radiography and bedside ultrasound for the diagnosis of traumatic pneumothorax. *Acad Emerg Med.* 2005;12:844-9.
14. Soldati G, Testa A, Sher S. Occult traumatic pneumothorax: diagnostic accuracy of lung ultrasonography in the emergency department. *Chest.*2008;133:204-11.
15. Soldati G, Testa A, Pignataro G. The ultrasonographic deep sulcus sign in traumatic pneumothorax. *Ultrasound Med Biol.*2006;32:1157-63.
16. Carley S. Is ultrasound or chest X-ray best for the diagnosis of pneumothorax in the emergency department? *Emerg Med J.*2009;26:434-5.
17. Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology.*2004;100:9-15.
18. McGee W. Central venous catheterization: better and worse. *J Intensive Care Med.* 2006;21:51-3.
19. Wu RG, Yuan A, Liaw YS. 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;150:510-14.
20. Yang P, Luh K, Chang D. Value of sonography in determining the nature of pleural effusion: analysis of 320 cases. *AJR Am J Roentgenol.*1992;159:29-33.
21. Bolliger CT, Herth FJF, Mayo PH, Miyazawa T, Beamis JF. Clinical chest ultrasound: from the ICU to the bronchoscopy suite. *Prog Respir Res.*2009;37:11-20.
22. Lichtenstein D. Ultrasound in management of thoracic disease. *Crit Care Med.*2007;35:250-61.

AGD

