

sub redacția

**Tudor Toma**

# Ecografia clinică a toracelui

*Manual pentru  
pneumologi, cardiologi, interniști, intensivști*

## Cuprins

<b>Introducere</b>	9
Butoane, achiziția imaginii, interpretarea imaginii	12
Cum se folosește această carte?	12
<b>Elemente de fizică a ultrasunetelor și de utilizare a ecografului</b>	15
Ce sunt ultrasunetele?	15
Efectul piezoelectric	17
De ce sondele au diverse „frecvențe“?	19
Cum alegem transductorul potrivit?	19
Terminologia ultrasonografică	20
Formularea rezultatului ecografic	22
Ce ecograf să cumpăr pentru serviciul meu?	22
Setări de bază și butoanele cele mai importante	23
Depth	24
Gain	24
Alte setări	25
Îngrijirea echipamentului	25
<b>Achiziția imaginilor</b>	29
Manevrarea sondei de ecografie	29
Tehnica de scanare	32
Sfaturi practice	40
Alternative și variații la tehnica de bază	41
<b>Interpretarea imaginilor – forme, artefacte</b>	43
Artefacte importante în ecografia toracică	43
Imaginile ecografice reale	47
<b>Algoritmi de examinare pentru diferite afecțiuni și scenarii clinice</b>	51
Pleurezia	51
Pleureziile complicate și empiemul	54
Îngroșările pleurale și fibrotoraxul	55

Respect pentru oameni și cărți

Tumorile pleurale	56
Tumorile toracice	58
Pneumonia	60
Pneumotoraxul	61
Dispneea	64
Durerea toracică	66
Hemoptizia/Hemoragia alveolară	68
Afecțiunile interstițiale difuze	69
Sarcoidoza	70
Embolia pulmonară	71
Examinarea venelor periferice	72
Hipertensiunea pulmonară	74
Afecțiuni bronșice	75
Apneea de somn	76
Examinarea diafragmului	76
<b>Ecografia toracică la copii</b>	<b>79</b>
Setări	79
Aplicații și imagini caracteristice	80
Bronșiolita	81
Pneumonia la copil	82
Pleurezia la copil	87
Pneumotoraxul la copil	89
Tumori pulmonare la copil	89
Malformații pulmonare	90
Concluzii	91
<b>Evaluarea cordului</b>	<b>93</b>
Setări și reglaje pentru examinarea cordului	93
Achiziția imaginii pentru examinarea cordului	95
Evaluarea ventriculului stâng	98
Elemente de fiziologie	98
Evaluarea ecografică	98
Evaluarea ventriculului drept	106
Elemente de fiziologie și anatomie	106
Evaluarea ecografică	106
Evaluarea pericardului	111
Elemente de anatomie și fiziologie	111
Pericardita lichidiană	113
Tamponada cardiacă	115
Pericardita constrictivă	118
Pericardita constrictiv-efuzivă	121

Evaluarea valvelor	122
Evaluarea valvei mitrale	122
Evaluarea valvei aortice	124
Evaluarea valvei tricuspide	126
Evaluarea valvei pulmonare	128
Diagnosticul unor mase intracardiace	130
Evaluarea statusului volemic	133
Ecografia în resuscitarea cardio-respiratorie	136
<b>Proceduri</b>	<b>137</b>
Scanarea în mod steril	137
Tehnici de vizualizare ecografică a acului de procedură	138
Puncția arterială	140
Cateterizarea venoasă periferică	143
Cateterizarea venoasă centrală	145
Puncția aspirație pleurală	151
Biopsia pleurală	155
Biopsia pleurală cu ac Tru-Cut	158
Puncția biopsie pulmonară	159
Puncția aspirație a ganglionilor limfatici periferici	163
Insertia unui tub de dren pleural Seldinger	166
Pleurodeza	171
Drenajul abceselor	172
Intubarea traheală verificată ecografic	173
<b>Tehnici de învățare și perfecționare</b>	<b>175</b>
Pregătirea pe simulator	176
Model de simulator low-cost	177
Programe de mentorat	181
Competențe	181
<b>În loc de încheiere</b>	<b>183</b>

## Elemente de fizică a ultrasunetelor și de utilizare a ecografului

Aletta Kinga Vallasek

Cunoașterea unor elemente de bază de fizică și tehnică ecografică este necesară pentru o examinare corectă și pentru a înțelege cum se poate optimiza imaginea ecografică. Ecografii buni, profesioniștii radiologi cunosc foarte multe detalii legate de fizica ultrasunetului și de setările posibile ale aparatului, care îi ajută în multe situații complexe. Însă pentru o examinare rapidă, de bază la patul bolnavului, nu este nevoie de a ști tot ce se cunoaște despre ultrasunete și ecografe. Datele prezentate aici au fost simplificate din punctul de vedere al nevoilor practice pentru un medic non-radiolog.

### Ce sunt ultrasunetele?

Ultrasunetele sunt vibrații, adică oscilații mecanice transmise de către particulele mediilor solide, lichide sau gazoase. Ele se propagă numai printr-un mediu material, nu și în vid. Propagarea lor este modificată de densitatea mediului pe care-l străbat și acest lucru face posibilă caracterizarea acestui mediu. Cu cât densitatea mediului este mai mare, cu atât propagarea ultrasunetelor este mai bună, și invers, motiv pentru care aerul este izolator pentru ultrasunete, dar și pentru zgomote în general.

Vibrațiile mecanice folosite în diagnosticul ecografic sunt în plaja de frecvențe cuprinse între 1-10 MHz și sunt caracterizate prin: (figura 1)

1. Amplitudine (A) – **deplasarea maximă** a particulei de la poziția de echilibru. În funcție de amplitudinea undelor reflectate ecograful construiește intensitatea de alb a imaginii.
2. Perioadă (T) – **timpul** în care particula efectuează o oscilație completă și revine la poziția inițială de echilibru. În funcție de timpul în care revine ecoul se construiește distribuția spațială a imaginii.
3. Lungime de undă ( $\lambda$ ) – **distanța** parcursă pe durata perioadei.
4. Frecvență (F) – numărul de oscilații complete pe secundă. Se măsoară în Hertz,  $1 \text{ Hz} = 1 \text{ oscilație/secundă}$ . Cu cât frecvența este mai mare, cu atât penetrarea prin țesuturi este mai scăzută.

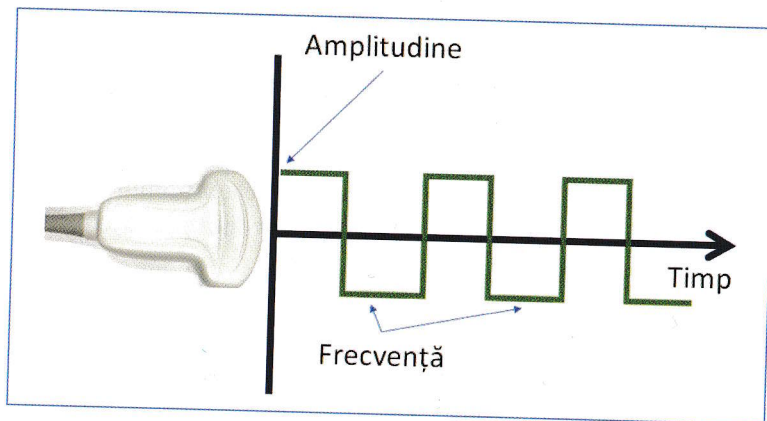


Figura 1. Parametrii unei ultrasonice.

O particularitate importantă a ultrasunetelor este faptul că la interfața dintre două țesuturi cu densități diferite, o parte din unde sunt reflectate, iar altă parte își poate continua drumul prin țesut. În funcție de diferența de densitate, toate, sau niciuna din undele ultrasonice sunt modificate, iar această particularitate duce la apariția unor ecouri caracteristice, pe baza cărora

se construiește, electronic, imaginea ecografică. La interfața lichid – aer și lichid – os toate undele sunt reflectate și, ca urmare, nu există imagine ecografică reală sub aceste interfețe, însă pot apărea anumite artefacte.

## Efectul piezoelectric

Ultrasunetele sunt emise de piesa numită transductor, în limbaj comun „sonda” de ecografie. Tot transductorul recepționează ecourile întoarse de la țesuturi. Emisia și recepția ultrasunetelor se realizează alternativ: după emisia unui puls scurt de US (1 microsecundă) urmează o perioadă mai lungă de recepție (99 microsecunde).

Există o mare varietate de transductoare, însă toate funcționează pe baza **efectului piezoelectric**: curentul electric poate deforma mecanic cristalele de cuarț și produce unda mecanică, însă și deformarea cuarțului poate genera curent electric, ceea ce produce imaginea electronică a ecoului mecanic. Aplicarea unei diferențe de potențial electric asupra cristalului de cuarț din sondă generează energie mecanică (ultrasunet). La fel, sunetul întors sub formă de ecou de la țesuturi generează o diferență de potențial (energie electrică) la nivelul cristalului de cuarț. Astfel, materialul piezoelectric conținut în interiorul transductorului transformă o formă de energie în alta: energie mecanică în energie electrică, și invers.

În funcție de cum sunt dispuse cristalele piezoelectrice în interiorul sondelor deosebim sonde liniare, convexe și sectoriale, fiecare generând o formă specifică de imagine. Există un mare număr de transductoare foarte diferite ca aspect, datorită faptului că ultrasonografia este o examinare cu o aplicabilitate foarte largă. Pe lângă cele „clasice” care se aplică pe exteriorul corpului, există și sonde endocavitare (pentru examinare intravaginală sau intrarectală), sonde de ecoendoscopie și sonde de ecografie pentru uz intraoperator (figura 2). Pentru examinarea toracelui cele mai utile sunt sondele convexe sau microconvexe, sondele sectoriale (folosite și la examinarea cordului), și sondele liniare.

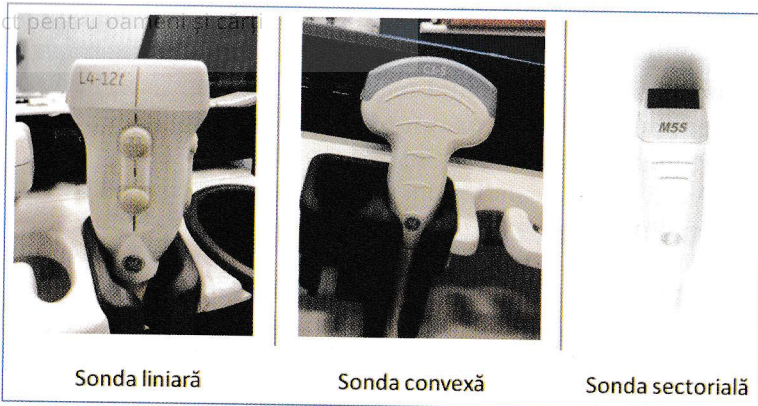


Figura 2. Diferite tipuri de sonde pentru ecografie.

Procesul fizic complet este următorul:

- Un impuls electric este trecut prin cristalul piezoelectric al sondei ecografice, și acesta produce un sunet cu frecvență foarte înaltă.
- Sunetul este trimis spre țesuturi.
- Cristalul piezoelectric așteaptă apariția ecourilor.
- Dacă unda de ultrasunete atinge o zonă de interfață a două țesuturi cu impedanță acustică diferită, se produce un ecou reflectat înapoi către sondă.
- Când ecoul ajunge la sondă va genera un impuls electric.
- Impulsul electric este amplificat, apoi transformat în informație digitală de un convertor, ducând la afișarea imaginii ecografice pe monitor.
- Întârzierea cu care apar ecourile (time delay) măsoară distanța față de sondă a interfeței respective.
- Se inițiază un alt impuls electric, pentru a se determina următorul cadru.

## De ce sondele au diverse „frecvențe”?

În afară de formă, o altă caracteristică importantă a sondei este frecvența undelor de ultrasunete pe care le generează. Cu cât este mai înaltă frecvența unei unde de ultrasunete, cu atât rezoluția ecourilor reflectate este mai mare, și imaginea obținută are mai multe detalii, însă penetrarea în țesuturi este redusă. Undele cu frecvență mai joasă penetrează mai în profunzime, însă oferă o rezoluție mai scăzută.

Astfel, cu cât este mai mare frecvența unei sonde, cu atât este mai mare rezoluția imaginii obținute, dar este mai mică profunzimea la care se poate face examinarea. O sondă liniară cu frecvența prestabilită de 7-15 MHz poate fi utilizată pentru explorarea structurilor superficiale: pleură, strat muscular, ganglioni limfatici, dar și tiroidă, elemente vasculare, alte elemente musculo-scheletale – sân, scrot, glob ocular – chiar și piele. Oferind o rezoluție înaltă, se pot deosebi structuri de dimensiuni foarte mici, situate foarte aproape de vârful sondei. O astfel de sondă nu poate fi folosită însă pentru vizualizarea pleureziilor mari, a inimii, a rinichilor sau ficatului, situate mai profund. Pentru explorarea organelor intraabdominale se folosește o sondă convexă, cu frecvență mai mică (2,5-5 MHz) însă cu penetrabilitate mai bună.

De reținut:

- Frecvență mare = rezoluție mare + penetrabilitate redusă (pentru structuri superficiale).
- Frecvență mică = rezoluție mai slabă + penetrabilitate adâncă (pentru structuri mari).

## Cum alegem transductorul potrivit?

Alegerea transductorului potrivit contribuie mult la obținerea unei imagini de calitate. Particularitatea ecografiei toracice este fereastra ecografică dificilă: cele mai multe imagini se obțin prin spațiul intercostal îngust, obținerea imaginii fiind îngreunată și de coastele care nu permit trecerea ultrasunetului

(imagine hiperecogenă). De aceea, pentru torace, la examinarea pacientului adult, avem nevoie de o sondă cu o frecvență de cel puțin 2,5 MHz. De obicei examinarea toracelui se începe cu o sondă convexă, sau microconvexă, pentru că ajută la orientare, iar pentru examinarea detaliilor se folosește sonda liniară. Sonda convexă mai are un avantaj important: forma triunghiulară a imaginii, perfectă pentru o imagine mai amplă achiziționată print-un spațiu îngust.

Ca o regulă generală, folosim cea mai mare frecvență care permite o vizualizare bună a structurilor examinate (frecvență crescută = rezoluție mai bună!)

Aparatele permit în general modificarea frecvenței fără a schimba sonda. La pacienți slabi și la copii peretele toracic este mai subțire, putem să folosim frecvența de 3-3,5 MHz. La un pacient obez, unde ultrasunetele trebuie să traverseze un perete toracic mult mai gros, sunt necesare frecvențe mai joase.

În concluzie, cel mai des folosim sonda convexă, folosită și pentru examinare abdominală. Această sondă este ideală pentru explorarea diafragmului, dar și a spațiilor intercostale. În situații speciale, de exemplu spații intercostale foarte strâmte, unde nu reușim să captăm o imagine bună cu sonda convexă, putem să folosim sonda liniară, sau sonda sectorială folosită la ecocardiografie.

## Terminologia ultrasonografică

Ecografia dispune de o terminologie specifică datorată particularităților de propagare ale ultrasunetelor în corpul uman, determinate de densitatea mediilor străbătute.

Astfel, cu cât este mai dens un mediu, cu atât mai intense vor fi ecourile returnate. Imaginați-vă că aruncați cu o minge de cauciuc spre o suprafață. Dacă această suprafață este dură (sticlă, perete), mingea sare înapoi rapid. Dacă lovim mingea de ceva moale, de o saltea sau de un prosop agățat, mingea nu se întoarce.

La fel se întâmplă și cu ultrasunetele: când se lovesc de suprafața dură a osului, se întorc în proporție foarte mare spre

transductor, generând un semnal puternic, care apare pe monitor în alb – termenul folosit fiind **hiperecogen (alb)**.

Prin mediile lichide (apa, bilă, sânge) ultrasunetele trec ușor, fără să producă ecouri – imaginea de pe monitor va fi neagră – termenul folosit este **transsonic, sau hipoeecogen (negru)**.

Majoritatea țesuturilor se situează ca și duritate între cele două extreme, întorcând o parte din undele sonore, și pe monitor vor fi reprezentate prin nuanțe de gri (**ecogen**). Cu cât densitatea țesutului este mai mare, cu atât nuanța de gri va fi mai deschisă, mai apropiată de alb.

Excepția de la regulă reprezintă aerul: acesta se comportă din punct de vedere ultrasonografic ca și o suprafață dură, producând imagine hiperecogenă.

Exemple:

- Structuri hiperecogene: os, metal, grăsime, țesut conjunctiv, parenchim și aer
- Structuri hipoeecogene și transsonice: colecții pleurale, ascită, vezică biliară, chisturi.

Cuantificarea nuanțelor de gri este ușor subiectivă, și depinde atât de ochiul examinatorului, cât și de setările aparatului.

Pentru o mai bună orientare ne ajută comparația cu elementele învecinate. De exemplu: o colecție pleurală veche, în proces de organizare este mai hiperecogenă decât vezica biliară sau vasele de sânge care apar complet negre, dar mai hipoeecogenă decât capsula hepatică strălucitoare, parenchimul hepatic dens sau coasta hiperecogenă.

Linia de demarcație între două structuri cu densități diferite se numește **interfață**. Cu cât diferența de densitate între cele două structuri este mai mare, cu atât este mai bine vizibilă interfața. De exemplu: interfața dintre diafragmul dens, hiperecogen și colecția pleurală posterioară hipoeecogenă este foarte evidentă.

Deși examinarea la patul bolnavului este de obicei făcută de medicul curant pentru decizia lui clinică, rezultatul trebuie consemnat în foaia de observație a pacientului. Se menționează toate structurile explorate, chiar dacă sunt semiologic normale. Structurile care prezintă modificări vor fi descrise amănunțit, sub aspectul formei și a densităților ecogene, folosind terminologia specifică.

La final se va formula o concluzie, eventual diagnostic diferențial, sau o sugestie de alte examinări imagistice/paraclinice.

Ecografia toracică se va efectua întotdeauna bilateral, chiar dacă suspectăm o patologie unilaterală – e posibil să avem surprize!

### Ce ecograf să cumpăr pentru serviciul meu?

Preferința pentru un anumit ecograf se bazează pe experiența medicului în ecografie, dar și pe utilizările cele mai frecvente în practica clinică respectivă.

Ecografele utilizate de medicii pneumologi sunt satisfăcătoare dacă au anumite caracteristici, printre care portabilitate, calitatea imaginii, ușurința de utilizare, preț.

**Portabilitate.** Posibilitatea de a te deplasa la patul bolnavului cu ecograful este esențială pentru utilizarea acestuia de către medicul curant, atât în saloanele de medicină internă, cât și în ambulatoarele de specialitate, sau saloanele de terapie intensivă. Un ecograf care este ultraportabil (cum sunt ecografele de buzunar), pot fi ținute în apropierea medicului în permanență, însă calitatea imaginii acestora nu este foarte bună și limitează aplicațiile POCUS la câteva afecțiuni. Pe de altă parte, un ecograf foarte mare, dificil de deplasat de la un punct la altul în spital limitează oportunitatea efectuării ecografiei acolo unde este nevoie, însă oferă o imagine de calitate superioară. Opțiunea noastră este pentru un ecograf de tip laptop, cu sau fără cărucior pentru ecograf și proceduri, disponibil ca echipament cu utiliza-

tori multipli, accesibil tuturor medicilor care știu și trebuie să-l folosească. Varinatele preferate sunt General Electric Logiq V2, Mindray DP-50, Sonosite M-Turbo – sau înlocuitorii mai moderni ai acestora.

**Calitatea imaginii.** Cu cât imaginea este mai de calitate, cu atât aplicațiile clinice sunt mai multe, însă prețul este mai mare și portabilitatea tinde să scadă.

**Ușurința setărilor și numărul de butoane.** Majoritatea ecografelor portabile moderne sunt ușor de setat, au presetări pentru diverse tipuri de examinare, și folosirea acestora este foarte ușor de învățat. O discuție cu reprezentantul firmei la începutul utilizării ecografului și după aproximativ o lună-două de utilizare constantă, poate ajuta foarte mult la clarificarea butoanelor esențiale, precum și a micilor trucuri care există pentru fiecare aparat, sau alte setări de detaliu.

**Preț/calitate.** Nu toate ecografele care arată la fel oferă aceeași calitate în utilizare. În general, cu cât este mai scump ecograful, cu atât calitatea imaginii și posibilitățile lui de a manipula imaginea sunt mai mari. Pentru ecografia toracică și POCUS nu avem însă nevoie de echipamente la fel de competitive cum sunt cele necesare la ecografia cardiacă sau obstetricală. De asemenea, sunt module funcționale (de exemplu 3D) care nu au utilități clinice imediate pentru POCUS. Este necesară așadar o analiză atentă a nevoii de utilizare și un compromis între preț și calitate. Doppler este util, dar nu este esențial pentru început, la fel și alte module de evaluare volumetrică. Sonda abdominală microconvexă este probabil cea mai utilă, însă, dacă bugetul permite, o sondă liniară ajută foarte mult, sonda sectorială fiind utilă doar pentru serviciile cu examinare cardiacă extensivă.

### Setări de bază și butoanele cele mai importante

Setările de bază sunt cele esențiale pentru obținerea unei imagini de calitate.

Butoanele cele mai importante ale unui ecograf sunt: on/off, gain, depth.



Respect pentru După pornirea aparatului (on/off) sunt necesare următoarele acțiuni:

- Introducerea datelor pacientului în baza de date a ecografului. Deși „întârzie“ puțin executarea ecografiei, este o acțiune importantă fiindcă permite analiza ulterioară a examinărilor făcute.
- Alegerea sondei pentru scanare. De obicei examinarea toracelui se începe cu sonda abdominală (convexă).
- Alegerea presetărilor de scanare. Pentru torace, cel mai frecvent se utilizează presetările pentru abdomen, însă sunt și ecografe care au presetări specifice pentru ecografie pleurală.

### Depth

Profunzimea (butonul „Depth“): inițial se selectează o profunzime de 12-15 cm, care depinde de configurația pacientului. Pentru un pacient obez, profunzimea este mai mare, pentru unul slab, mai mică. Dimensiunea profunzimii trebuie să fie suficientă pentru a cuprinde în imagine organul de referință (ficatul sau splina) în întregime, acest lucru ajutând la orientare.

### Gain

Butonul „Gain“ modifică amplificarea ecurilor, care pe imagine apare ca o modificare de contrast. Însă nu este un buton de contrast real. Ca urmare, dacă este examinat un organ solid, precum ficatul, și amplificarea ecurilor este prea mare sau prea mică, imagini reale pot lipsi și interpretarea clinică este greșită. Majoritatea ecografelor moderne au o setare de „autogain“, pe care o recomandăm.

În plus, mai există o serie de butoane care modifică „gain“ independent, pentru un anumit sector de profunzime. Acestea pot fi utile pentru obținerea unei imagini clare a diverselor structuri profunde (de exemplu, la un pacient cu cantitate mare de lichid pleural se poate evalua mai bine dacă există sau nu și condensare pulmonară).

### Alte setări

- „Focus“: permite evaluarea unei zone de interes cu o definiție mai bună. Util mai degrabă la ecografia abdominală și mai puțin la ecografia toracică.
- Penetrarea („Penetration“): unele aparate au astfel de setări, care modifică puțin frecvența sondei de scanare.
- „Freeze“: selectează o fotografie din imaginile video.
- „Save“: salvează fotografia sau un clip video.

### Îngrijirea echipamentului

Ce trebuie să facem ca ecograful să rămână într-o stare perfectă pentru cât mai mult timp? Fiindcă de obicei aparatul este folosit de mai multe persoane, sau deservește o secție întreagă, este o idee bună să se pună un afiș cu instrucțiuni și o listă de întreținere pentru utilizatorii multipli, pe aparat, în locul unde este depozitat ecograful, sau pe husa aparatului.

Întreținerea ecografului este importantă atât pentru prelungirea vieții acestuia, cât și pentru asigurarea calității examinării, confortului și siguranței pacientului și examinatorului.

Orice examinare ecografică începe cu o scurtă evaluare vizuală a aparatului: ne asigurăm că toate cablurile sunt intacte și cuplate, sonda este curată și uscată.

După fiecare examinare sonda se curăță imediat de gelul rămas și se șterge cu mișcări blânde cu soluție specială de curățare. Sonda este cea mai importantă, cea mai fragilă și cea mai scumpă piesă din aparat, așa că se va manevra întotdeauna cu grijă, evitând lovirea sau zgârierea suprafeței sensibile care vine în contact cu pacientul. Se va ține întotdeauna ferm, de mâner, niciodată de cablu. De asemenea, se recomandă punerea gelului pe pacient și nu pe sondă, și în nici un caz taparea recipientului cu gel de sondă, pentru a extrage mai mult gel.

În cazul în care sunt mai mulți examinatori la un pacient, recomandarea noastră este ca sonda să nu se dea din mână în