

# Manual de ultrasonografie

## Fundamentele efectuării și interpretării imaginilor ecografice

### A patra ediție extinsă și revizuită

**Matthias Hofer**, MD, Profesor asociat, MPH, MME  
(Univ. Berna)

Director de programe educaționale la Institutul  
Universitar de Diagnostic, Radiologie Intervențională  
și Pediatrică (DIPR)

Șef de Departament: Univ.-Prof. Johannes  
Heverhagen, MD, Inselspital Bern, Universitatea  
Berna, Elveția

Imagini de ultrasonografie furnizate de:

Alexis Müller-Marbach, MD

Șef Departament Gastroenterologie, Hepatologie și  
Îngrijiri Paliative

Spitalul Helios Niederberg, Germania

Jasmin D. Busch, MD, profesor asociat

Șef Secție de Radiologie Pediatrică, Inselspital Bern,  
Universitatea Berna, Elveția

### Editori:

**dr. Anca W. Gheorghiu**  
**dr. Gh. P. Cuculici**

**CALLISTO, 2023**

**Planuri standard** (verso coperta față)**Principiile fizice și fundamente tehnice**

Generarea de imagini, transmiterea sunetelor, reflectarea 8

Ecogenitate, limite ale frecvențelor 9

Operarea și caracteristicile ecografelor 10

Selectarea ecografelor, tipuri de transductoare 11

**Tehnici noi**

Imagistică panoramică, 3D, CVE 12

Imagistică armonică, inversarea de fază 13

Agenți de contrast 14

Ultrasonografie CT 15

Compresia pulsului 16

Cateter ultrasonografic diagnostic 17

**Artfacte**

Reverberație, grosimea secțiunii, augmentare acustică 18

Umbrire acustică, artefacte în oglindă 19

Artefacte de lob lateral, chestionar 20

Sfaturi și trucuri practice pentru începători 21

**Lecția 1****Retroperitoneul**

Anatomie 24

Retroperitoneul superior, constatări normale 25

Retroperitoneul inferior, constatări normale 26

Anevrism aortic 27

Insuficiența cardiacă dreaptă 29

Chestionar 30

**Lecția 2****Retroperitoneul, planul transvers**

Anatomie 32

Aspecte normale 33

Ecogenitatea corelată cu vârsta 34

Pancreatita acută, pancreatita cronică 35

Tumori pancreatice 36

Noduli limfatici retroperitoneali 37

Chestionar 38

**Lecția 3****Fisura hepatică transversă, planul transvers**

Anatomie 40

**Fisura hepatică transversă**

Aspecte normale 41

Hipertensiunea portală 42

Tromboza venei porte, noduli limfatici 43

**Vezica biliară**

Colecistita 44

Diagnosticul diferențial al colecistitei 45

Litiază biliară 46

Polipi ai vezicii biliare, colestaza 47

**Tractul biliar**

48

**Lecția 4****Ficatul**

Anatomia segmentelor ficatului 50

Planul sagital, dimensiunile organului, unghiul lateral 51

Planul transvers, venele hepatice 52

Insuficiența cardiacă dreaptă

Variante normale, steatoza hepatică 53

Infiltrarea grasă focală, cruțarea focală în infiltrarea grasă 54

Chisturi, echinococcus (CE) 55

Echinococcus (CE), hemangioame hepatice 56

Hiperplazia focală nodulară (FNH) 57

Ciroza hepatică 58

Carcinoame hepatocelulare, abcese hepatice 59

Metastaze hepatice, metastaze hipervasculare 60

Metastaze hepatice hipovasacularizate 61

Chestionar 62

**Lecția 5****Rinichii, glandele suprarenale, transplantul renal, splina**

Anatomie rinichilor și a glandelor suprarenale 64

Constatări normale 65

Variante normale, chisturi renale 66

Degenerarea hepatică, nefrita 67

Obstrucția urinară 68

Diagnosticul diferențial al obstrucției urinare 69

Calculi renali, infarct renal 70

Tumori renale benigne, maligne 71

Constatări normale 72

Determinarea dimensiunilor rinichiului transplantat, limfocel 73

**Splina**

Anatomie, tehnici de examinare 74

Dimensiunile splinei, splenomegalie 75

Splenomegalia, infarcte splenice, sugestii practice 76

Infiltrarea limfomatoasă, hematoame splenice, leziuni hiperecogene, chisturi splenice 77

Chestionar 78

**Lecția 6****Glanda tiroidă, nodulii limfatici, tractul gastrointestinal**

Anatomie, măsurători de volum, valori normale 80

Constatări normale 81

Gușa 82

Noduli focali solizi, tiroidita 83

**Noduli limfatici**

Gâtul: nodulii limfatici 84

Criterii de diagnostic diferențial, parametrii de perfuzie 85

Criterii de diagnostic diferențial, inflamație 86

Nodulii limfatici retroperitoneali 87

**Tractul gastrointestinal**

Anatomie, straturile peretelui 88

Tumori gastrice 89

Boala Crohn 90

Invaginația intestinală, hernii, clisma cu contrast 91

Îngroșarea peretelui, diareea, apendicita 92

Impactarea cu fecale, colita, carcinom de colon 93

Diverticulita 94

Chestionar 95

**Lecția 7**

**Vezica urinară și organele reproducătoare**  
Anatomie 98

**Vezica urinară**  
Tehnica de examinare, determinarea volumului rezidual postmicțional 99

Cateter in situ și diagnostic diferențial al cistitei, îngroșarea peretelui, ecouri interne și sedimente, peristaltism ureteral 100

**Organele reproducătoare**

Prostata și testiculii 101

Testiculul necoborât în scrot, orhita, hidrocel 102

Ultrasonografie endovaginală, orientarea imaginii 103

Uterul, aspect normal 104

Tumori uterine 105

Ovarele, volum, fazele ciclului menstrual 106

Chisturi și tumori ovariene 107

Testare de sarcină 108

Poziția placentei și determinarea genului 109

Teste 110

**Lecția 8**

**FAST, eFAST, plămânul, algoritmul FAST**  
**Algoritmul eFAST** 112

Semnul "litoralului" 114

Mobilitatea pulmonară, pulsul pulmonar 115

Punctul pulmonar în pneumotorax 116

**Pleura** 117

Cuantificarea exsudatelor pleurale  
Pleurita, empiemul, mezoteliomul 118

**Coastele** 119

Fracturi costale, metastaze costale

**Plămânul** 120

Pneumonia 121

Chestionar 122

**Lecția 9**

**Pediatrie**

**Craniul și sistemul nervos**

Anatomia spațiilor LCR 124

Rezultate normale în planul sagital 125

Variante normale 126

Constatări normale în planul frontal (coronal) 127

Hemoragie cerebrală 129

Hidrocefalie, atrofie cerebrală 130

Șunt în hidrocefalie, canalul spinal 131

**Șoldul**

Pregătire și poziționare 132

Rezultate normale 133

Erori de configurare și de măsurare 134

Clasificarea șoldului la sugar după Graf 135

**Rinichii, vezica urinară, splina**

Rinichii la nou-născut 136

Ecogenitate crescută difuză, nefrocalcinoză 137

Obstrucție și reflux urinar 138

Obstrucție urinară, cistouretrogramă micțională 139

Tumori renale și suprarenale 140

Uraca, ureterocel, dimensiunea splinei 141

**Tractul gastrointestinal**

Hipertrofie pilorică, reflux, boala Hirschsprung 142

**CAPITOLE, LECȚII**

**Principii fizice** 7

**Lecția 1**

**Retroperitoneul, planul sagital** 23

**Lecția 2**

**Retroperitoneul, planul transversal** 31

**Lecția 3**

**Șanțul hepatic transvers, vezica biliară, tractul biliar** 39

**Lecția 4**

**Ficatul** 49

**Lecția 5**

**Rinichii, glandele suprarenale, transplantul renal, splina** 63

**Lecția 6**

**Glanda tiroidă, nodulii limfatici, tractul gastrointestinal** 79

**Lecția 7**

**Vezica urinară și organele reproducătoare** 97

**Lecția 8**

**FAST, eFAST, plămânul** 111

**Lecția 9**

**Pediatrie** 123

**Anexe** 143

**Anexe**

Introducere în interpretarea rezultatelor ecografice	144
Index	148
Șablon pentru raportarea constatărilor normale	149
Șabloane pentru raportarea planurilor standard	150
Răspunsuri la chestionare	155
Mulțumiri celor care au contribuit	159
Listă de abrevieri	160
Algoritmi de examinare	161
Referințe	166
Notițe	167

ONLINE :

CODURILE QR CORESPONDENTE  
FILMELOR SE AFLA LA PAGINA 163

**Cum pot beneficia maxim de această carte?****Cum puteți utiliza optim acest manual?**

Pe măsură ce parcurgeți capitolele individuale, veți beneficia de caracteristicile adaptate studiului metodic și didactic.

Găsiți rapid...

- **Găsiți** un capitol: veți găsi numerotarea și culoarea corespondentă fiecărui capitol la pagina 5.
- **Găsiți** întrebări dificile pentru un studiu aprofundat.
- **Găsiți** referințe încrucișate: figurile sunt numerotate conform paginii pe care apar. Spre exemplu, Fig. 115.2 se află la pagina 115.
- **Găsiți** o figură explicativă sau o diagramă ajutătoare textului. Acestea sunt evidențiate color în textul explicativ și se află aproape întotdeauna pe aceeași pagină, eliminând necesitatea de a răsfoi cartea în căutarea corespondențelor.

**Găsiți** structuri numerotate. Numerele de referință apar cu caractere aldine în textul însoțitor sau pe interiorul copertei din spate (aceiași număr pentru fiecare structură este folosit pe parcursul întregii cărți).

**Găsiți** cuvinte cheie la pagina 148 (sau la paginile 4-6).

**Găsiți** pentru fiecare structură valori normale și liste de verificare. Acestea sunt, de asemenea, furnizate pe un card laminat, rezistent la apă.

**De ce numim această carte "manual de lucru"?**

O caracteristică unică a acestei cărți este faptul că puteți folosi fiecare pagină ca un chestionar pentru a vă testa cunoștințele. Diagramele conțin numere de referință în loc de etichete. Aceasta înseamnă că puteți parcurge materialul de mai multe ori și puteți folosi orice figură pentru a verifica ce structuri cunoașteți deja și pe care trebuie să le aprofundați. Chestionarele test și exercițiile de desen au scop similar. În acest fel, vă puteți familiariza cu mai multe metode eficiente de studiu care vă permit să integrați material nou în memoria dumneavoastră pe termen lung și mai rapid – chiar dacă acest lucru necesită o abordare mai activă de învățare. Vă doresc mult succes la acest curs și totodată sper să găsiți și un aspect ludic în această activitate!

**Matthias Hofer, MD,**

Profesor asociat, MPH, MME, 2020
















Director de Educație la Institutul Universitar de

Radiologie Diagnostică, Intervențională

și Pediatrică (DIPR)

Inselspital Bern, Universitatea Berna, Elveția

**Ce reprezintă codurile de culoare din diagrame?**

	Tumori		Țesut conjunctiv, adipos
	Artere		Ficat, glanda tiroidă
	Vene		Mușchi
	Peretele vezicii biliare		Lumenul gastric
	Pancreas		Aer, os
	Bila		Fereastră acustică
	Rinichi		Splina, noduli limfatici
	Urina		Prostata, uter, ovar

## Introducere

Principii fizice și fundamente tehnice	8
Tehnici noi	12
Artefacte	18
Chestionar	20
Sfaturi și trucuri practice pentru începători	21

## Generarea de imagini

Imaginile cu ultrasunete sunt generate nu de raze X, ci de undele sonore care sunt transmise în corpul uman de un transductor și reflectate de structuri care produc ecouri diferite. În ecografia abdominală, frecvențele utilizate sunt în general între 2,5 și 5,0 megahertz (MHz; vezi p. 11). Condiția principală necesară pentru reflexia undelor sonore este prezența așa-numitelor "nepotriviri de impedanță". Acestea apar la interfața dintre două straturi de țesut cu proprietăți diferite de transmisie a sunetului (interfețe în Fig. 8.1). Este interesant de observat că diferitele țesuturi noi prezintă doar diferențe minore în viteza de transmisie a sunetului (Tabelul 8.1).

Doar aerul și oasele prezintă o transmisie a sunetului foarte diferită în comparație cu alte țesuturi umane. Din acest motiv, echipamentele de ultrasonografie pot fi operate la o frecvență medie preselectată de aproximativ 1540 m/s fără a produce inexactități majore în originea calculată („adâncimea”) a ecoului.

Procesorul calculează adâncimea de origine a ecoului din diferența de timp detectată între emisia impulsului sonor și recepționarea ecoului.

Ecourile din țesutul din apropierea transductorului (A) ajung mai devreme ( $t_A$ ) decât ecourile din țesuturile mai profunde ( $t_B$ ,  $t_C$  în Fig. 8.1a). Frecvența medie este strict teoretică, deoarece procesorul nu poate ști ce tip de țesut au traversat undele sonore.

### Transmiterea sunetului în țesutul uman

Aer	331 m/s	
Ficat	1549 m/s	
Splină	1566 m/s	$m = 1540 \text{ m/s}$
Mușchi	1568 m/s	
Os	3360 m/s	

Tab. 8.1

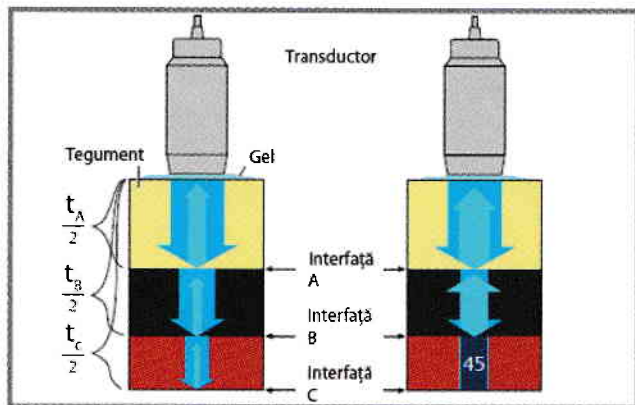


Fig. 8.1 a b

## Ce componentă a undei sonore este reflectată?

Fig. 8.1a prezintă în stânga trei blocuri de țesut traversate de unde sonore care diferă doar minim în viteza lor de transmisie (indicată prin nuanțe similare de gri). Fiecare interfață reflectă doar o mică parte din undele sonore originale (↓) ca ecou (↑). Diagrama din dreapta arată o nepotrivire mai mare a impedanței la interfața A dintre diferitele țesuturi (Fig. 8.1b). Aceasta crește proporția undelor sonore reflectate (↑) în comparație cu țesuturile prezentate în stânga. Totuși, ce se întâmplă dacă undele sonore întâmpină aerul din stomac sau o coastă? Acest fapt determină o așa-numită „reflexie totală”, așa cum este ilustrat la interfața B din Fig. 8.2b: transductorul nu

detectează unde sonore reziduale profund de această structură din care să poată genera o imagine. În schimb, reflexia totală creează o umbră acustică (45).

### Concluzie:

Aerul intestinal sau pulmonar și oasele sunt impenetrabile de către undele sonore, împiedicând orice obținere a oricărei imagini profund de aceste structuri. Scopul va fi mai târziu de a obține imagini în jurul aerului intestinal sau coastelor prin manevrarea transductorului. Presiunea aplicată transductorului asupra peretelui abdominal (vezi p. 21) și gelul acustic care dislocă aerul dintre suprafața transductorului și pielea pacientului (vezi p. 22) joacă un rol semnificativ.

## De la o „furtună de zăpadă” la o imagine...

Nu vă descurajați dacă la început puteți vedea doar o "furtună de zăpadă" orbitoare pe imaginile cu ultrasunete. Veți fi surprinși cât de rapid veți învăța să recunoașteți morfologia ultrasonografică a organelor și vaselor individuale. Fig. 8.2 vizualizează vezica biliară (14) ca o structură de culoare neagră și evidențiază doi polipi rotunzi (65) în interiorul acesteia. "Furtuna" cenușie din jur corespunde parenchimului hepatic (9) care este traversat de vasele hepatice (10, 11). Cum puteți afla rapid care structuri din imagine par luminoase și care sunt întunecate? Cheia constă în conceptul de ecogenitate (vezi p. 9).

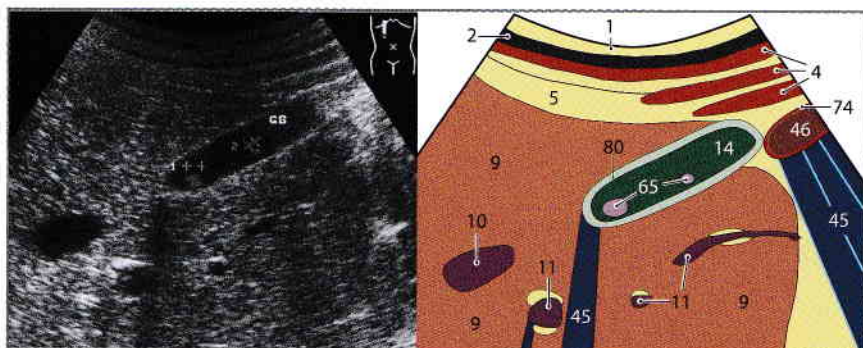


Fig. 8.2 a Vezica biliară cu polipi b

### Ce înseamnă termenul "ecogenitate"?

Țesuturile sau organele cu multe nepotriviri intrinseci de impedanță produc multe ecouri și par "hiperecogene" = strălucitoare. În schimb, țesuturile și organele cu puține nepotriviri de impedanță apar "hipoecogene" = întunecate. În consecință, fluidele omogene fără nepotriviri de impedanță (sânge, urină, bilă, lichid cefalorahidian, revărsat pericardic sau pleural, ascita, secreție de chist) apar "anecogene" = negre. Numărul de nepotriviri de impedanță nu depinde de densitatea fizică (= masa pe unitatea de volum). Acest lucru este cel mai bine ilustrat cu un ficat gras (9). Pe această scanare CT fără contrast (Fig. 9.1a), parenchimul unui ficat gras apare mai întunecat (adică, mai puțin dens) decât vasele hepatice sau ficatul normal (Fig. 9.1b).

Acest fapt se datorează densității mai mici a țesutului gras în comparație cu țesutul hepatic normal. Ultrasonografic, depozitele grase produc mai multe nepotriviri de impedanță (Fig. 9.1c) decât țesutul hepatic normal (Fig. 9.1d). În consecință, un ficat gras pare mai ecogen (mai luminos) la ultrasunete, în ciuda densității sale fizice semnificativ mai mici.

#### O neînțelegere comună:

Ce înseamnă faptul că examinatorii cu ultrasunete se referă la un „ficat dens”? Fie nu se exprimă clar, fie nu au reușit să înțeleagă principiul fundamental al imaginii cu ultrasunete și modul în care aceasta diferă de radiografie. Ultrasunetele nu vizualizează densitățile fizice ale țesuturilor, ci diferențele de transmisie a sunetului (nepotriviri de impedanță) care nu au legătură cu densitatea.

Vă rugăm să utilizați următorii termeni:

Aceste fluide sunt anecogene (= negru):

**Hiperecogen (= luminos)**

revărsat pericardic sau pleural,

**Hipoecogen (= întunecat)**

ascită, chisturi, sânge, urină, bilă,

**Anecogen (= negru)**

lichid cefalorahidian

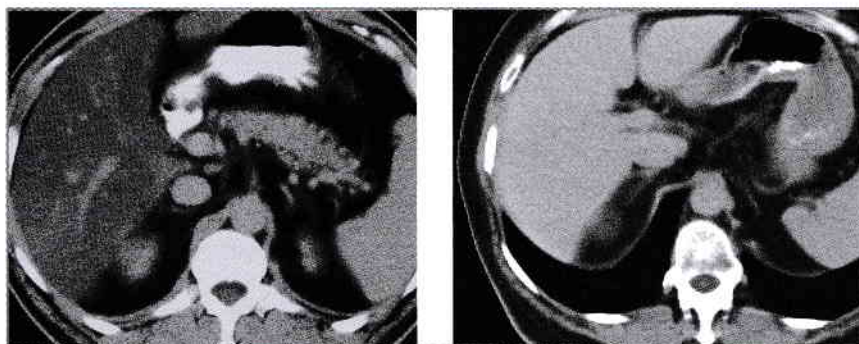


Fig. 9.1 a CT: Ficat gras

b CT: Ficat normal

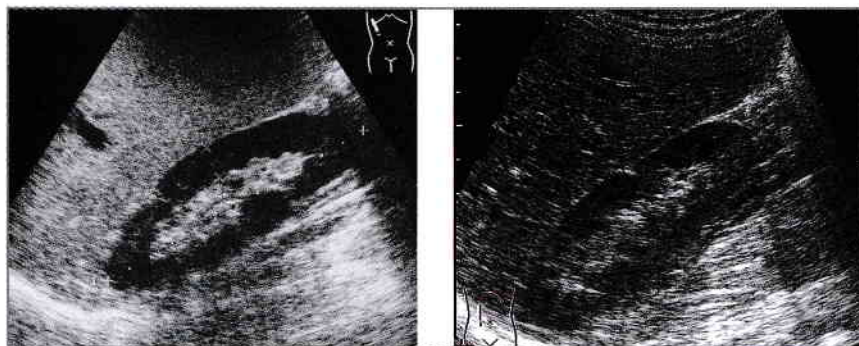


Fig. 9.1 c Ecografie: Ficat gras

d Ecografie: Ficat normal

### Generarea și intervalele de frecvență ale undelor sonore

Undele sonore sunt generate de „efectul piezoelectric” invers. Undele de presiune ale unui ecou distorsionează cristalele, determinându-le să emită un impuls electric. Reversul are loc în timpul transmisiei. Un transductor include multe astfel de cristale. În funcție de impulsul aplicat, ele pot produce unde sonore de diferite frecvențe specificate în megahertzi (MHz). Un transductor "3,75–MHz" nu emite exclusiv unde de presiune (unde sonore) la o frecvență de 3,75 MHz. Aceasta este doar frecvența mediană specificată (= "frecvența centrală"). De fapt, un astfel de transductor poate emite frecvențe de unde sonore între, de exemplu, 2 și 6 MHz. Așa-numitele "transductoare cu mai multe frecvențe" au capacitatea suplimentară de a crește sau de a reduce această frecvență centrală și lățimea

de bandă înconjurătoare a frecvențelor sunetului transmis. De exemplu, la pacienții supli sau la copii, lățimea de bandă poate fi variată (de exemplu 4–8 MHz cu o frecvență centrală de 6 MHz) pentru a obține o rezoluție spațială mai bună. Totuși, aceasta scade penetrarea în adâncime a undelor sonore.

La pacienții cu obezitate marcată, utilizarea frecvențelor inferioare (1–5 MHz cu o frecvență centrală de 2,5 MHz) poate fi adecvată pentru a obține penetrarea necesară, dar cu prețul unei rezoluții mai mici (vezi p. 11). Metodele mai noi își bazează generarea imaginii pe schimbări de frecvență sau frecvențe armonice ale ecoului în raport cu impulsul ecografic original (vezi p. 13).

## Operarea unei unități cu ultrasunete

Multe comenzi ale diferitelor ecografe sunt destul de asemănătoare ca funcție și dispunere, indiferent de producător. Prin urmare, această secțiune va analiza consola unei unități furnizate de Samsung (Fig. 10.1), care va fi apoi folosită pentru a introduce termeni tehnici obișnuiți.

### Selectarea transductorului și a presetării

După ce ați pornit unitatea (A), selectați **presetarea corespunzătoare (PS)** și transductorul corespunzător pentru examinarea respectivă și introduceți **datele curente ale pacientului (PD)**. De obicei, veți selecta un transductor cu **matrice liniară (L)** pentru evaluarea glandei tiroide și a extremităților, dar un transductor cu **matrice convexă (C)** pentru examinările abdominale. **Transductorul sectorial (E)** este utilizat în principal în ecocardiografie, iar **transductorul endovaginal (G)** este utilizat pentru examinările ginecologice.

### Selectarea modului de imagine, a câștigului și a focalizării

De obicei, veți începe cu ultrasunete în alb-negru "normale" sau în **modul B (B)**, înainte de a trece ulterior la **imagistica codificată cu culori (C)**. Dacă doriți să obțineți și un profil de flux dintr-un vas de sânge, atunci veți activa și **modul Doppler (D)**. Această unitate este echipată cu butoane de control care măresc semnalamul (câștig) modului activ de imagistică atunci când sunt rotite în sensul acelor de ceasornic și îl reduc atunci când sunt rotite în sens invers acelor de ceasornic. **Amplificarea (câștigul)** poate fi, de asemenea, ajustată folosind funcția de compensare a **amplificării adâncimii (G)**. **Unghiul transductorului (A)** trebuie de asemenea introdus pentru a determina vitezele de curgere în modul Doppler. Dacă doriți să afișați modificarea într-o linie a imaginii în timp, comutați la **modul M (MM)**. De asemenea, puteți seta intervalul specific de adâncime care trebuie să aibă cea mai bună rezoluție spațială; în acest caz folosiți un comutator pentru a seta una sau mai multe **zone focale (FZ)** în adâncimea dvs. de penetrare. De asemenea, anumite unități dețin un **Doppler CW (CW)** care măsoară schimbările de frecvență (= vitezele de curgere) ca însumarea tuturor vitezelor pe o linie întreagă a imaginii și nu prin intermediul compensării câștigului de adâncime.

### Funcția de mărire și zoom

În special pentru structuri țintă mai mici, puteți crește semnificativ detectarea modificărilor patologice prin **mărirea organului țintă (Mag)** sau **mărirea (Z)** anumitor părți ale imaginii. O caracteristică comună la aproape toate unitățile este poziția butonului de stabilizare (**fixare a imaginii**) sau **oprire (St)** în colțul din dreapta jos al consolei. Acesta stabilizează ("îngheață") imaginea în mișcare. Se recomandă să sprijiniți ușor un deget al mâinii stângi pe acest buton în timpul examinării pentru a minimiza întârzierea în capturarea unei imagini dorite.

### Măsurători de dimensiune și distanță

După fixare (**St**) puteți prelua imagini individuale din arhiva digitală cu funcția de **bucă cinematografică**; pentru a face acest lucru, rotiți **cursorul cu bilă (T)** la stânga la ora 9:00 și reveniți imagine cu imagine până ajungeți la punctul dorit. În funcție de producător și de presetare, pot fi efectuate una după alta până la opt măsurători simple (**M**) pe imaginea fixată. Utilizați **cursorul rotativ cu bilă (T)** și **butonul de setare (S)** pentru a defini pozițiile de început și de sfârșit ale distanțelor măsurate. Poate fi util să comutați la modul **imagine dublă (2x)** pentru măsurători comparative în planuri diferite. Chiar lângă acesta, majoritatea unităților au un alt buton pentru comutarea înapoi la modul de **imagine unică (1x)**. Măsurătorile mai complexe, cum ar fi măsurătorile de volum sau indici de debit, pot fi accesate cu **programul de măsurare (MP)**.

### Suplimente utile

Când doriți să explicați pacientului sau unui coleg rezultatele imagistice, este util să activați un **indicator (P)** pe care îl puteți deplasa peste imaginea fixată cu cursorul rotativ (**T**) pentru a exemplifica și explica rezultatele. Dacă doriți să **exemplificați și să explicați** cât mai ușor pacienților dvs., instalați un monitor suplimentar sub tavan în câmpul lor vizual. Unitățile bine echipate oferă suplimentar **optimizare automată a imaginii (QS)**, mai multe taste rapide pentru setările utilizate frecvent (P1-P3) și, de asemenea, mai multe **prize pentru transductoare (SP)** care vă scutesc de timpul și bătaia de cap de a conecta și deconecta sondele.

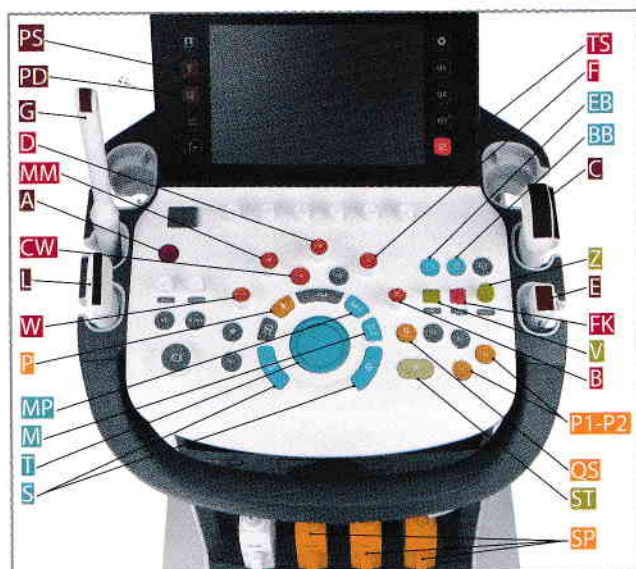


Fig. 10.1 Consolă și tastatură

## Selectarea unităților de ultrasunete

În plus față de unitățile Doppler color mari, ecografele cu conexiuni pentru mai multe transductoare cu frecvență multiplă s-au dovedit utile în special într-un cadru spitalicesc. Astfel de unități mobile sunt ușor mutate din camera de ecografie în secții sau în secția de terapie intensivă (Fig. 11.1). Cea mai importantă precauție atunci când transportați unitatea este să vă asigurați că transductoarele sunt depozitate în siguranță, astfel încât cablurile atârinate să nu se prindă de clanțe etc. Un transductor care cade pe podea poate reprezenta cu ușurință o pierdere de 3000–7000 EUR în funcție de model. Din același motiv, transductorul nu trebuie lăsat niciodată nesupravegheat pe abdomenul pacientului atunci când examinarea este întreruptă, de exemplu printr-un apel telefonic. Stocarea transductorului în locașul predestinat doar cu cablul atârnat evită îndoirea inutilă care poate duce la întreruperea conductorilor din cablu.

### Tipuri de transductoare

Dintre numeroasele tipuri de transductoare, doar trei dintre cele mai importante vor fi discutate mai jos (pentru transductoarele endovaginale, vezi p. 103).

Un transductor liniar sau "scanner paralel" emite unde sonore paralele în țesut și produce o imagine dreptunghiulară (Fig. 11.2a). Lățimea imaginii și numărul de linii de scanare rămân constante la toate nivelurile de țesut. Transductoarele cu matrice liniară au avantajul unei rezoluții bune în câmp apropiat și sunt utilizate în principal cu frecvențe înalte (5,0–10,0 MHz sau mai mari) pentru evaluarea țesuturilor moi și a glandei tiroide. Dezavantajul lor este suprafața mare de contact. Acest lucru poate duce la goluri de aer între piele și transductor atunci când este aplicat pe un contur curbat al corpului (pierderea cuplajului acustic). În plus, umbrirea acustică (45) cauzată de coaste, plămâni sau gaze intestinale poate degrada foarte mult calitatea imaginii. În consecință, transductoarele cu matrice liniară sunt rareori utilizate pentru vizualizarea organelor abdominale.

Un **transductor sectorial** produce o imagine de tip evantai care este îngustă în apropierea transductorului și crește în lățime cu o penetrare mai adâncă (Fig. 11.2b). Acest tip de transductor a devenit standard în primul rând în cardiologie pentru frecvențe mai joase (2,0–3,0 MHz) permițând o penetrare mai profundă. Datorită propagării sub formă de evantai a undelor sonore, inima poate fi bine vizualizată printr-o fereastră intercostală mică, fără umbre acustice provenite de la coaste. Dezavantajele acestui tip de transductor sunt rezoluția slabă în câmpul apropiat și scăderea densității liniei în câmpul îndepărtat, cu o rezoluție în scădere corespunzătoare. Mai mult, găsirea planului de imagistică dorit este dificilă și necesită puțină practică.

Un **transductor cu matrice curbă** sau convex este o combinație a celor două tipuri descrise mai sus (Fig. 11.2c). Forma imaginii monitorului seamănă cu un filtru de cafea și combină o rezoluție bună în câmp apropiat cu o rezoluție relativ bună în câmp îndepărtat. Avantajul major al suprafeței de contact ușor curbate este capacitatea sa de a deplasa aerul intestinal interferat în afara planului imagistic prin aplicarea unei presiuni crescânde (vezi p. 21). Cu acest tip de transductor, totuși, trebuie să acceptăm o rezoluție în scădere odată cu creșterea adâncimii și, în anumite locații, umbrirea acustică în spatele coastelor. Acest tip este folosit de obicei în ecografiile abdominale cu frecvențe centrale de la 2,5 MHz (la pacienții cu obezitate marcată) la 5,0 MHz (la pacienții zvelți).

Frecvența medie (frecvența centrală) este de obicei 3,5–3,75 MHz. Pentru memorizare facilă, cu cât frecvența este mai mare, cu atât rezoluția este mai bună și penetrarea mai proastă. Cel mai bun mod de a-ți aminti acest lucru este să o compari cu muzica zgomotoasă din apartamentul vecinului tău. Ce tonuri penetrează cel mai bine chiar și pereții groși? Bașii. Aceste frecvențe joase călătoresc mai departe (adică pătrund mai adânc), vezi pagina 9.



Fig. 11.1

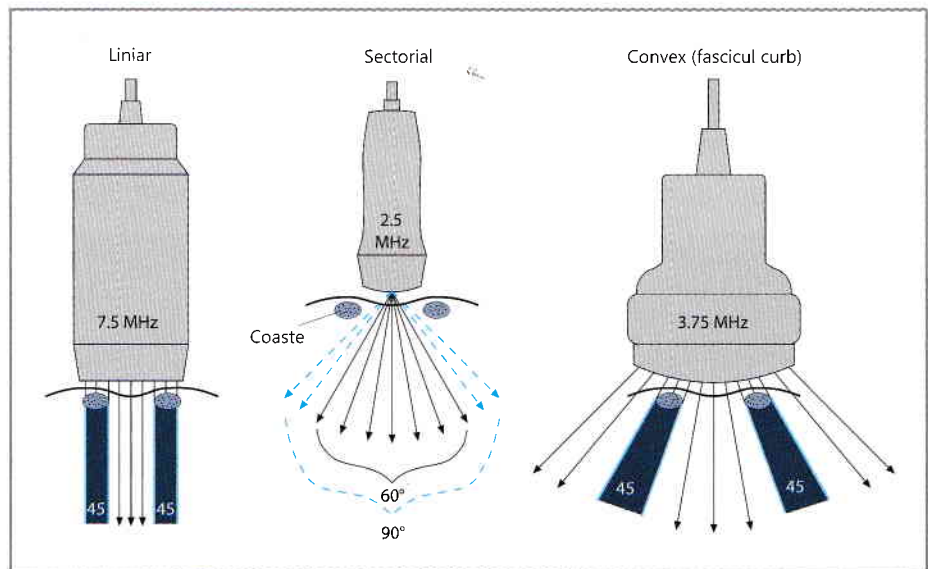


Fig. 11.2 a

b

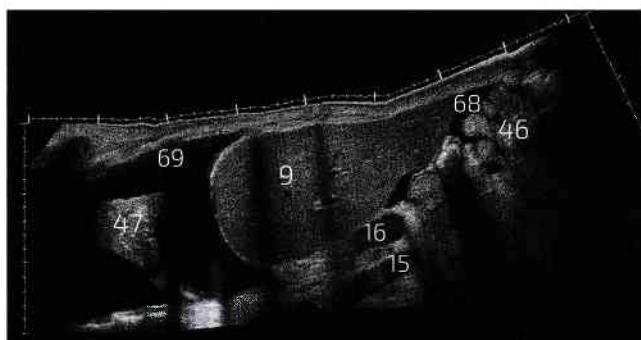
c

### Imagini panoramice (SieScape®)

Noile procesoare de imagine de înaltă performanță generează imagini cu ultrasunete extinse din datele obținute pe măsură ce examinatorul mișcă transductorul lent și continuu peste regiunea de interes. Cu puțină practică, examinatorul poate produce imagini impresionante și nedistorsionate care permit măsurători ale distanței cu o precizie de 1-3% chiar și pe o suprafață curbată a corpului. **Fig. 12.1** prezintă

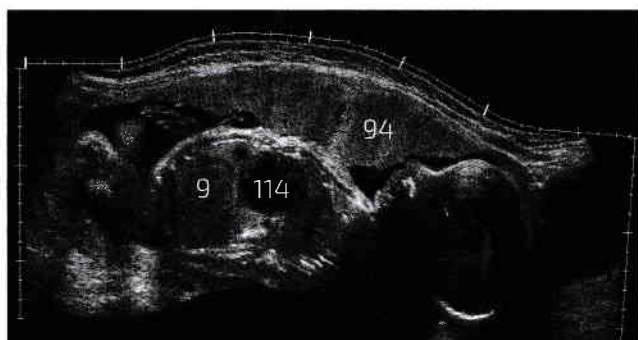
o scanare sagitală cu revărsat pleural masiv (**69**), atelectazie compressivă a plămânului (**47**) și, inferior ficatului (**9**), ascita anecogenă (**68**) care pare să inunde intestinul subțire (**46**).

**Fig. 12.2** ilustrează impresionant poziția placentei (**94**) față de făt. Rezoluția de contrast mare permite chiar evaluarea interfeței dintre ficatul fetal (**9**) și inimă (**114**).



**Fig. 12.1**

(Cu permisiunea doctorilor C.F. Dietrich și D. Becker, de la Farbduplexsonographie des Abdomens, Schnetztor-Verlag, Konstanz, Germania)



**Fig. 12.2**

### Vizualizare 3-D

În special în obstetrică, vizualizarea tridimensională a trăsăturilor faciale fetale îmbunătățește diagnosticul malformațiilor precum cheiloschizis și palatoschizis. Această tehnică poate vizualiza morfologia craniului fetal cu o acuratețe uimitoare (**Fig. 12.3**).

De asemenea tehnicile convenționale de imagistică în secțiune transversală pot detecta atât malformații ale scheletului cât și alte malformații dar mai puțin impresionant și clar decât ecografia tridimensională.

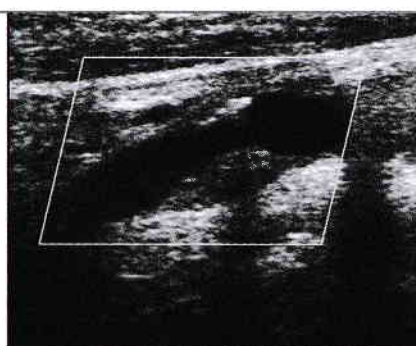
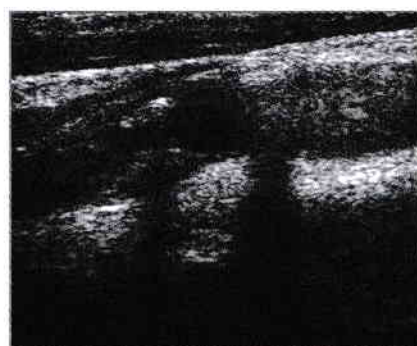


**Fig. 12.3**

### Clarify Vascular Enhancement Technology\*

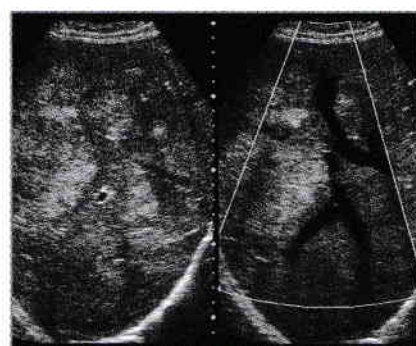
Această tehnică se bazează pe un algoritm care este capabil să reducă în mod semnificativ neclaritatea la scanările în modul B rezultată din artefactele de volum parțial sau grosimea secțiunii. Sunt utilizate informații de flux din modul Power Doppler, care ajută la îmbunătățirea rezoluției spațiale a conturilor vasculare pe imaginea în modul B.

Consecința este vizualizarea semnificativ îmbunătățită a rezultatelor, spre exemplu a conturilor plăcilor de aterom din arterele carotide (**Fig. 12.4b**) în comparație cu vizualizarea realizată prin tehnica convențională prezentată în **Fig. 12.4a**. De asemenea, facilitează evaluarea rarefierii vasculare periferice în ficat, deoarece lumenele venelor hepatice și ramurile venelor porte sunt vizualizate mai clar în parenchimul hepatic (**Fig. 12.5**).



**Fig. 12.4** a Imagine "normală" a arterei carotide...

b ... cu Clarify



**Fig. 12.5** Vasele hepatice

Materialul din următoarele cinci pagini nu este o condiție prealabilă sine qua non pentru primele sesiuni de practică. Începătorii pot prefera să treacă de aici direct la pregătirile pentru Lecția 1 (vezi p. 21). După o practică inițială, ar trebui să se întoarcă la aceste pagini pentru a-și consolida înțelegerea fundamentală a imagisticii cu ultrasunete.

**Imagistica armonică a țesuturilor (THI):** Această tehnică nu folosește frecvența fundamentală (de bază) a impulsului ecografic original, ci armonicile acestora, multipli întregi ai frecvenței de bază (de exemplu 7,0 MHz pentru o frecvență de bază de 3,5 MHz). Aceste armonice cresc odată cu creșterea penetrării, dar amplitudinea (intensitatea) acestora rămâne mult mai mică decât cea a semnalului de bază. Avantajul acestor armonici este că ele nu apar aproape deloc în apropierea transductorului,

ci se dezvoltă doar odată cu creșterea adâncimii de penetrare (Fig. 13.1). În consecință, acestea sunt mai puțin afectate de sursele majore de distorsiuni de imagine, care apar în special în peretele abdominal anterior. De ce se dezvoltă armonicile doar odată cu creșterea adâncimii de penetrare? Ultrasunetele sunt distorsionate pe măsură ce traversează țesuturi cu proprietăți acustice diferite. Undele lor de presiune comprimă și relaxează țesutul pe măsură ce îl pătrund. Țesutul comprimat crește viteza sunetului. Cu toate acestea, pe măsură ce țesutul se relaxează, viteza scade, provocând propagarea mai lentă a undei de presiune. Distorsiunea rezultată a formei de undă (Fig. 13.2) induce armonici. Acesta este un efect cumulativ care crește odată cu adâncimea de penetrare. În consecință, amplitudinile frecvențelor armonice cresc inițial cu adâncimea de penetrare până când această creștere este compensată de absorbția generală (Fig. 13.1).

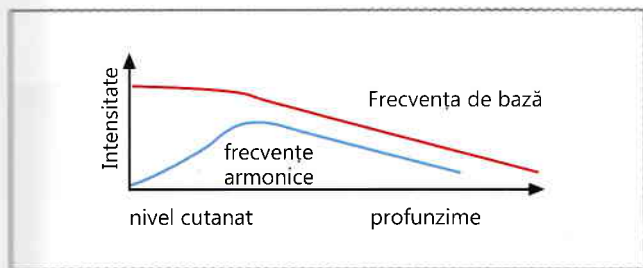


Fig. 13.1

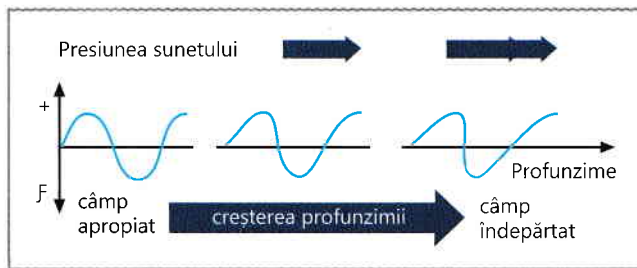


Fig. 13.2

**A doua imagine armonică:** Această tehnică folosește doar frecvența dublată a semnalului de bază pentru imagistică. Pentru a evita orice suprapunere a intervalului de frecvență fundamentală (Fig. 13.3a) trebuie utilizat un semnal de bandă îngustă pentru a distinge componentele mai puternice ale frecvenței fundamentale de componentele mai slabe ale armonicii (Fig. 13.3b). Cu toate acestea,

lățimea de bandă mai îngustă a semnalului duce la o ușoară reducere a contrastului și a rezoluției spațiale. În ciuda acestor neajunsuri, această tehnică a îmbunătățit considerabil detectarea detaliilor (Fig. 13.4b) comparativ cu imagistica cu ultrasunete convențională (Fig. 13.4a), în special la pacienții obezi (al căror perete abdominal produce "împrăștiere" excesivă).

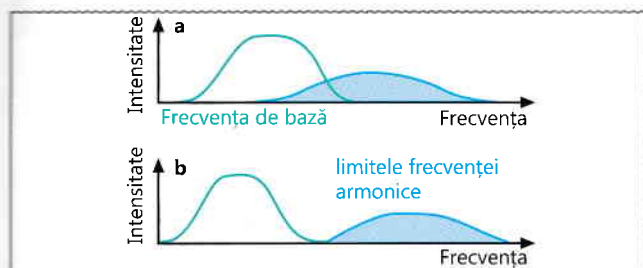


Fig. 13.3

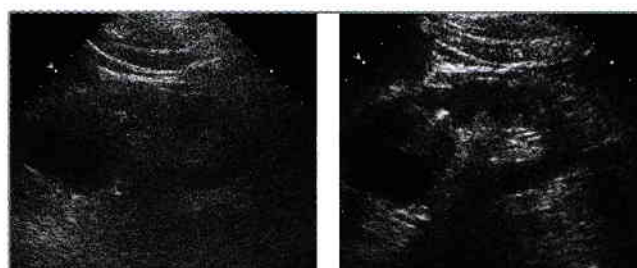


Fig. 13.4 a b

**Tehnica inversării de fază:** S-a stabilit o tehnică de bandă largă care permite utilizarea multiplilor armonici optimizați dinamic ai frecvenței transmise cu o lățime de bandă mai largă (Fig. 14.1c, Ensemble® THI). Cu această tehnică, optimizarea imaginii nu mai depinde de lățimea de bandă îngustă a frecvenței fundamentale (Fig. 14.1a) pentru a o distinge de armonicile sale (Fig. 14.1b). Două impulsuri succesive sunt transmise în așa fel încât faza (excursie în sus a presiunii = pozitiv, excursie în jos = negativ) celui de-al doilea impuls să fie inversată în faza primului impuls (Fig. 13.5).

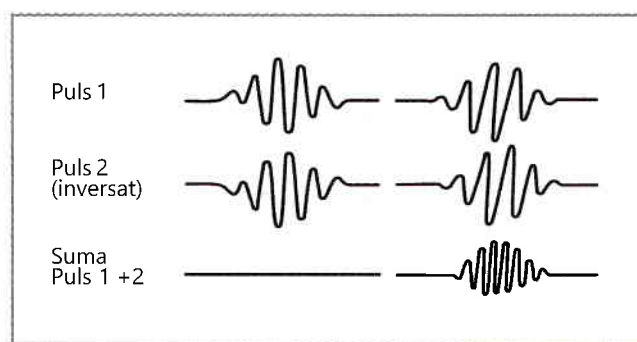


Fig. 13.5 a Liniar b Neliniar

Dacă se adaugă ecourile ambelor semnale, suma este egală cu zero atât timp cât semnalul nu a suferit modificări în corp. Ca rezultat, ambele ecouri de frecvență fundamentală sunt suprimate (Fig. 13.5a), în timp ce componentele semnalului armonic al doilea sunt îmbunătățite (Fig. 13.5b).

Fig. 14.2 ilustrează un caz care prezintă umbră acustică (↑↑↑) profund de calcificări intrarenale (b) care sunt nedetectabile prin imagistica convențională (a). În plus, chistul renal (♥) apare mai bine delimitat și poate fi clasificat drept benign cu mai multă încredere.

### Îmbunătățirea contrastului

Ecogenitatea sângelui și a țesuturilor poate fi îmbunătățită cu microbule cu un diametru de 3–5 μm care trec prin capilare și creează mai multe nepotriviri de impedanță în fluxul sanguin (Fig. 14.3). Până acum, au fost introduși mai mulți agenți de îmbunătățire a contrastului și alți aproximativ 50 de agenți suplimentari sunt în curs de dezvoltare. Agentul de contrast **Levovist**® constă din bule de aer minuscule (★) de aproximativ 3 μm în diametru (95% < 10 μm), care sunt stabilizate cu un înveliș subțire de acid palmitic (Fig. 14.4). Ele sunt inițial legate de microparticule de galactoză care se dizolvă în sânge și eliberează microbulele. Pulberea uscată poate fi amestecată de către examinator în diferite concentrații. Suspensia trece prin circulația pulmonară, dar este injectabilă doar timp de aproximativ 8 minute după preparare. Hipergalactozemia este o contraindicație. Măsurând doar câțiva microni, microbulele au dimensiuni comparabile cu cele ale eritrocitelor (Fig. 14.5), ceea ce explică modul în care sunt capabili să treacă prin capilare.

Impulsurile ultrasunetelor cu presiune sonoră scăzută fac aceste microbule să vibreze la ceea ce este cunoscut sub numele de "indice mecanic" scăzut de 0,05–0,2. Imaginile de contrast sunt create folosind exclusiv frecvența de rezonanță neliniară. Alternativ, se poate folosi un indice mecanic mai mare în jurul valorii de 1,0–1,5 pentru a face ca microbulele să se spargă și să emită un semnal semnificativ mai puternic (deși numai în timpul unui singur pasaj). Aceasta este cunoscută sub numele de metoda burst.

Agentul de contrast **Sonovue**® constă dintr-o soluție apoasă de hexafluorură de sulf (SF<sub>6</sub>) stabilizată de un strat fosfolipidic (Fig. 14.6). Dimensiunea mediană a bulelor este de aproximativ 2,5 μm (90% < 8 μm) cu o osmolalitate de 290 mOsmol/kg. Un posibil avantaj al acestui agent de contrast este că suspensia rămâne stabilă timp de peste 6 ore, permițându-i să fie utilizată pentru mai multe aplicații. Cele mai bune rezultate sunt obținute în combinație cu tehnica imagistică armonică a țesuturilor (THI), denumită "imagistica armonică de contrast (CHI)". Frecvent, este folosit și termenul de **ultrasonografie augmentată cu substanță de contrast (CEUS)**.

O presiune specifică a undelor sonore face ca bulele să vibreze și să emită ecouri armonice. Ca rezultat, imagistica armonică de contrast (Fig. 14.7b) poate detecta mai multe metastaze hepatice semnificativ mai bine decât imagistica fără contrast (Fig. 14.7a).

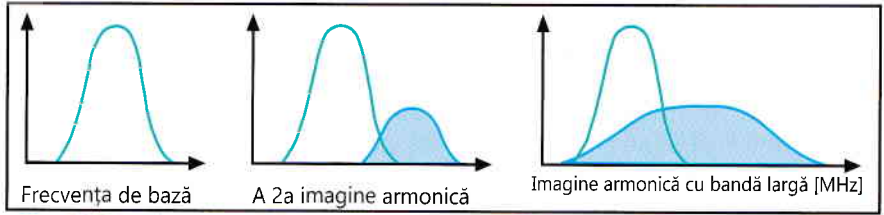


Fig. 14.1

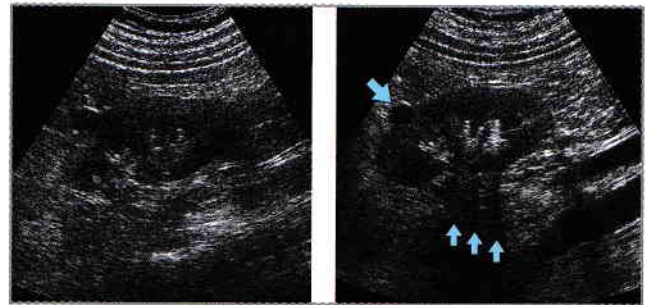


Fig. 14.2

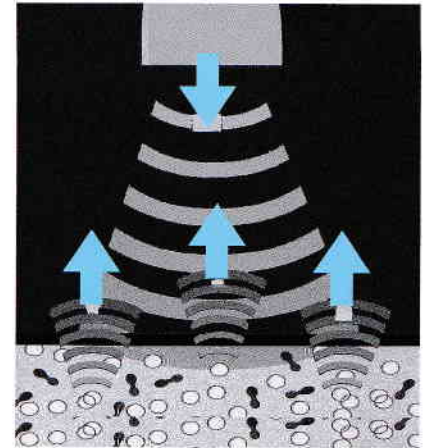


Fig. 14.3

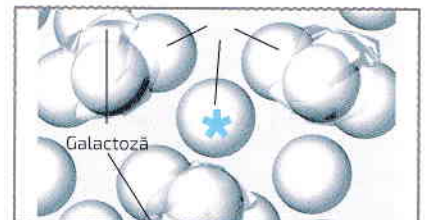


Fig. 14.4

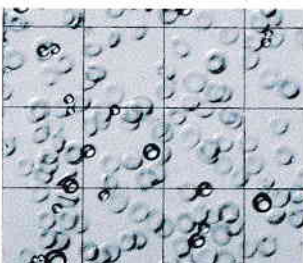


Fig. 14.5 Microbule

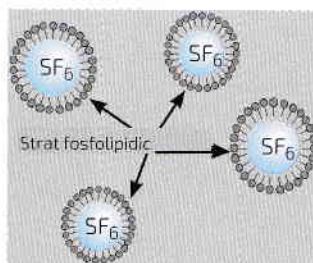


Fig. 14.6 Sonovue®

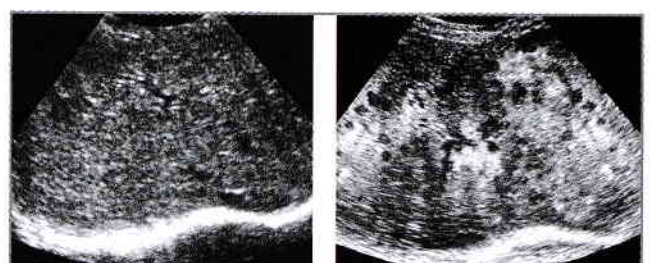


Fig. 14.7 a Fără contrast b CEUS

**Compunere spațială (SonoCT®T)**

Există o altă tehnică pentru suprimarea artefactelor. "Imaginile compuse în timp real" nu scanează o imagine linie cu linie (Fig. 15.1a), ci scanează din diferite unghiuri și îmbină aceste date într-o imagine în timp real (Fig. 15.1b). Pot fi scanate până la nouă secțiuni diferite,

permițând vizualizarea mai precisă a informațiilor despre țesut. Acest fapt este ilustrat aici de morfologia plăcii arteriosclerotice din artera carotidă (↓ în Fig. 15.2a) în comparație cu imagistica convențională (Fig. 15.2b).

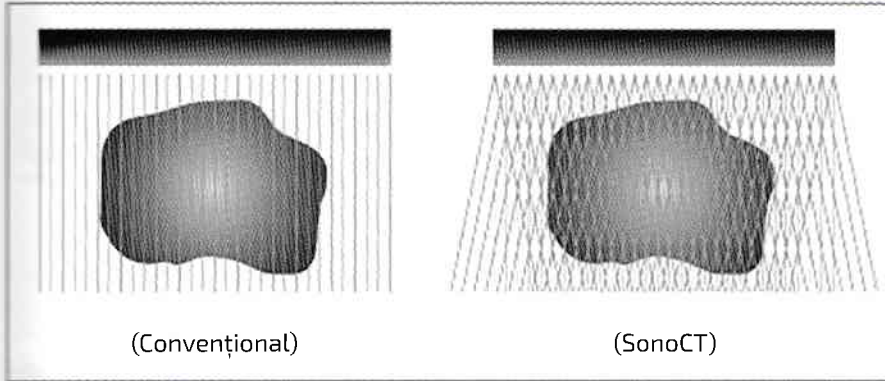


Fig. 15.1 a

b

Această tehnică a prezentat avantaje evidente în ecografia sânelui și a sistemului musculo-scheletic. Fig. 15.3b prezintă o vizualizare îmbunătățită a unui ac de biopsie (↓) în parenchimul mamar în comparație cu imagistica convențională (Fig. 15.3a), făcând posibilă avansarea acului către leziunea suspectă cu o mai mare precizie.

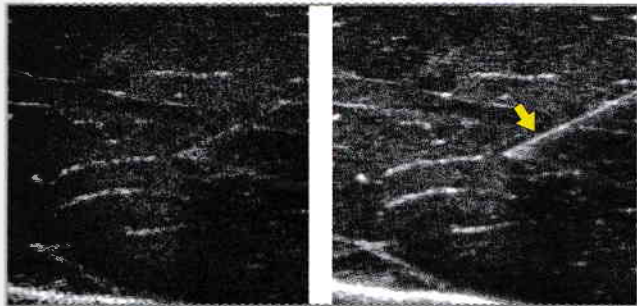


Fig. 15.3 a

b



Fig. 15.4

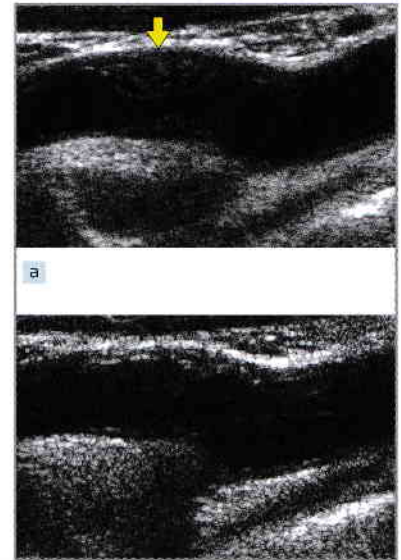


Fig. 15.2 a

b

Combinăția de scanare SonoCT® cu imagistica armonică tisulară (vezi p. 13) a arătat rezultate promițătoare. Permite vizualizarea detaliată a leziunilor hepatice (Fig. 15.5) sau a morfologiei fetale în screeningul ecografic prenatal (Fig. 15.6). Sistemele computerizate

de înaltă performanță disponibile acum pot combina cu ușurință SieClear® sau SonoCT® cu tehnici de imagistică tridimensională (Fig. 15.7) și panoramice (Fig. 15.4). Aici este vizualizat aproape tot ficatul la nivelul sistemului venos hepatic (vezi p. 52).



Fig. 15.5



Fig. 15.6

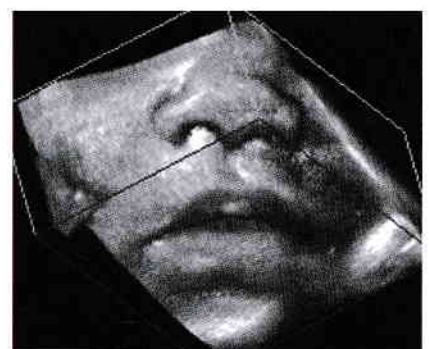


Fig. 15.7

## Compresia pulsului

Această tehnică este derivată dintr-o tehnică dezvoltată inițial pentru radar. Principalul său avantaj este vizualizarea îmbunătățită a structurilor profunde. Nu este posibilă creșterea adâncimii de penetrare pur și simplu prin creșterea puterii de transmisie, deoarece aceasta ar produce efecte termice și mecanice nedorite. Cu toate acestea, este posibil să se mărească durata impulsurilor transmise și să se moduleze frecvența acestora într-un model specific ("codare chirp"). În acest fel, impulsul individual transmis are o energie mai mare, deși amplitudinea sa rămâne neschimbată (Fig. 16.1a). Ecurile reflectate sunt apoi decodificate de un filtru receptor de chirp și transformate înapoi în ecouri mai scurte, cu o amplitudine corespunzător mai mare (Fig. 16.1b).

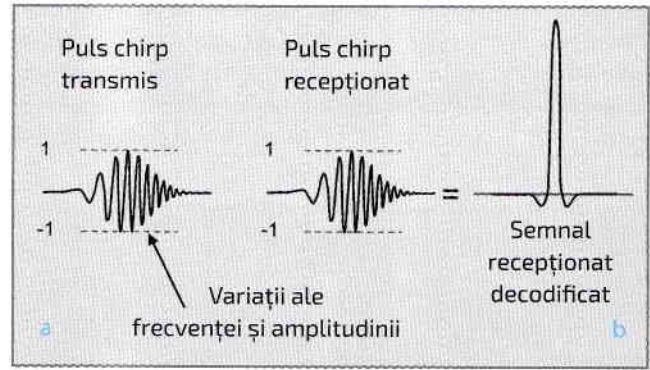


Fig. 16.1 Principiul compresiei pulsului

Rezultatul este o adâncime mai mare de penetrare cu gradul de detaliu anatomic atins în mod normal numai cu frecvențe mai mici și rezoluție mai mică (și, în mod corespunzător, mai proastă). Fig. 16.2c prezintă o masă hipocogenă (54) profund în glanda tiroidă (81) care nu ar fi fost vizualizată fără tehnica compresiei pulsului (Fig. 16.2a).

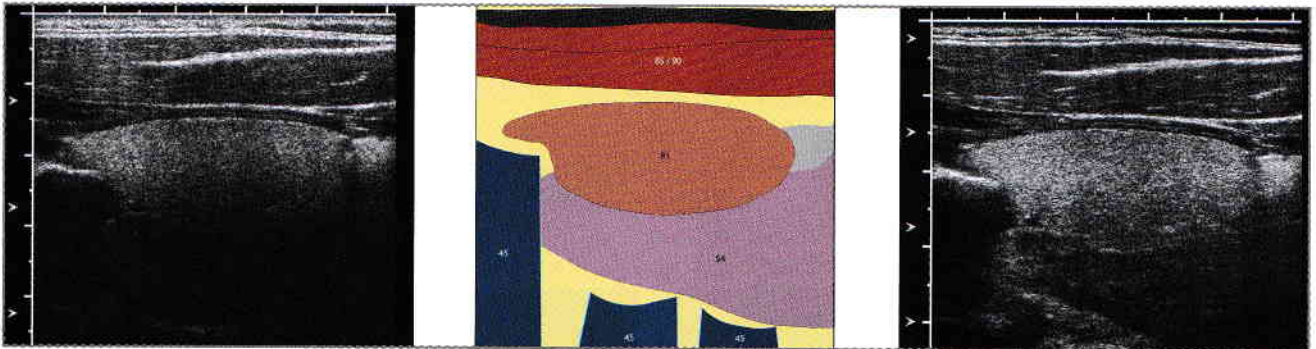


Fig. 16.2 a

b

c

## Supra eșantionare de precizie

În tehnicile convenționale de procesare a imaginii cu transductoare de înaltă frecvență, ecurile ultrasunetelor sunt scanate cu o rată de numai aproximativ 2-5 ori mai mare decât viteza componentelor de frecvență maximă ale ecoului (grilă largă în Fig. 16.3a). În consecință, aceste ecouri sunt detectate doar în câteva puncte de-a lungul curbei lor, iar imaginea de pe monitor reprezintă într-adevăr doar o aproximare a semnalului eco real (Fig. 16.4a). Algoritmii de reconstrucție mai complecși pot înregistra durata și amplitudinea semnalului eco real mult mai precis (grilă mai îngustă în Fig. 16.3b). Rezultatul este faptul că structurile tendonului radial (↑) prezentate aici sunt vizualizate cu o definiție semnificativ mai mare (Fig. 16.4b).

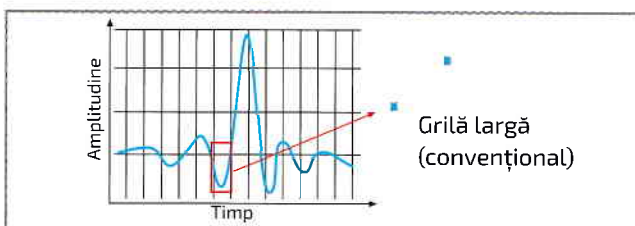
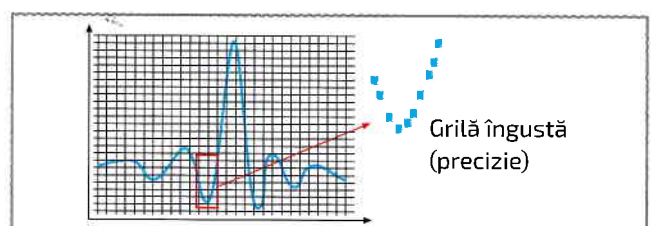


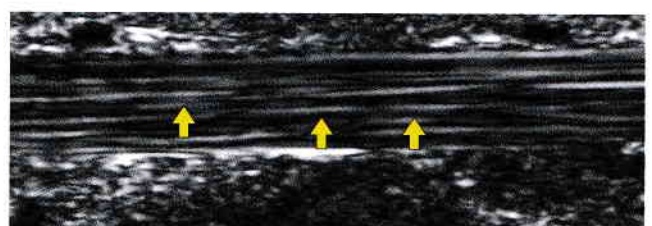
Fig. 16.3 a



b



Fig. 16.4 a



b

## Cateter cu ultrasunete pentru diagnostic

Transductoarele miniaturizate constituie o altă noutate. Aceste transductoare sunt disponibile în catetere fine de numai 3 mm în diametru, care pot fi rotite cu 160° în orice direcție (Fig. 17.1). Fig. 17.2 prezintă dimensiunea unei sonde AcuNav (= Accurate Navigation by Siemens)



Fig. 17.1

în comparație cu un transductor de tipul TEE utilizat în lumenul esofagian. Dimensiunea mică a cateterului de unică folosință îi permite să fie introdus pe calea sistemului venos până în inimă.

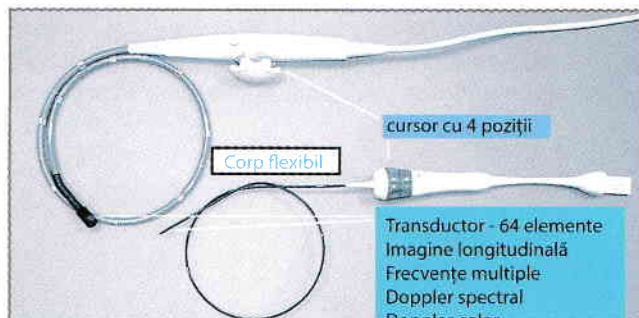


Fig. 17.2

Această tehnică poate vizualiza un defect septal atrial anterior greu accesibil (↓) într-o scanare în modul B (Fig. 17.3a) la frecvențe mai mari în jur de 7,5 MHz. De asemenea, poate vizualiza fluxul prin șunt pe o imagine Doppler cu coduri de culoare (Fig. 17.3b) mult mai precis decât era posibil anterior. Acest fapt facilitează, de asemenea, monitorizarea închiderii instrumentale a defectului septal

atrial (↘ în Fig. 17.3c) și verificarea succesului procedurii. Avantajele acestei tehnici în comparație cu TEE sunt calitatea superioară a imaginii și eliminarea necesității de sedare sau anestezie generală. Acest fapt, la rândul său, face posibil ca pacientul să coopereze în timpul examinării (apnee voluntară, manevra Valsalva etc.) și face examinarea mai puțin stresantă pentru pacient.

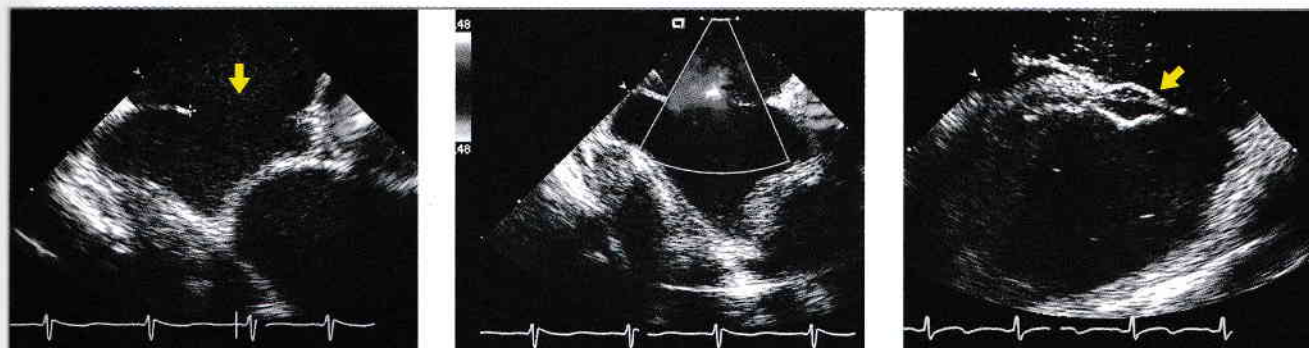


Fig. 17.3 a

b

c

Sistemul de cateter poate fi, de asemenea, introdus prin inima dreaptă în vena cavă inferioară și acolo poate fi folosit pentru a ghida inserția unui șunt porto-sistemic intrahepatic direct (DIPS). Din vena cavă inferioară, este posibil să se vizualizeze varice esofagiene adiacente (↘ în Fig. 17.4) sau ganglioni limfatici retroperitoneali (55) cu rezoluție spațială foarte mare (Fig. 17.5). Unii noduli prezentați aici sunt necrotici (57). Rețineți că straturile peretelui (↘) duodenului adiacent (46) sunt, de asemenea, prezentate la înaltă definiție.

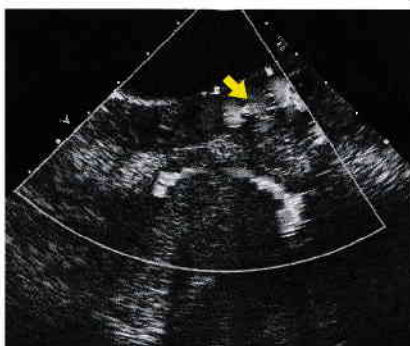


Fig. 17.4

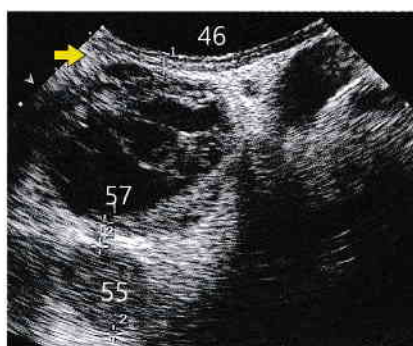


Fig. 17.5