

ULTRASONOGRAFIE MULTIPARAMETRICĂ

Aplicații centrate pe tehnici, aborduri și specialități

Ediția I



Cuprins

Cuvânt din partea autorilor	v
Prefață	vii
Autori	ix
Listă contributori (în ordine alfabetică)	xi
 I Introducere în ultrasonografia multiparametrică. Principii, tehnici, moduri și recomandări de bună practică	 1
<i>Simona Ioanițescu, Monica Platon Lupșor, Victor Eșanu, Radu Badea</i>	
 II Ultrasonografia intra- și perioperatorie. Aplicații în urgențe, traumatologie și stări critice	 25
CAPITOLUL 1 Urgențe non-traumatice, stări acute și stări critice	27
<i>Radu Badea, Adriana Mercan-Stanciu, Andra Ciocan, Adrian Sabou, Nadim Al Hajjar</i>	
CAPITOLUL 2 Traumatologie. Valoarea adăugată a explorării armonice cu contrast.	47
<i>Simona Ioanițescu, Adriana Mercan-Stanciu, Laura Iliescu, Radu Badea</i>	
CAPITOLUL 3 Ultrasonografie intraoperatorie. Indicații. Limite. Aplicații esențiale	63
<i>Adrian Bartoș, Andrei Roman, Ioana Bartoș</i>	
CAPITOLUL 4 Aplicații multiparametrice perioperatorii	75
<i>Andra Ciocan, Nadim Al Hajjar, Radu Badea</i>	
 III Ultrasonografia multiparametrică în aplicații personalizate. Evaluarea eficienței terapiilor în oncologie și imagistică intervențională	 93
CAPITOLUL 5 Stenturi, refluxuri și fistule. Aplicații nestandardizate ale ultrasonografiei multiparametrice	95
<i>Simona Ioanițescu, Alexandra Andrieș, Cosmin Caraiani, Radu Badea</i>	
CAPITOLUL 6 Proceduri intervenționale dirijate ultrasonografic	107
<i>Andrei Roman, Cosmin Caraiani, Zeno Spârchez</i>	
CAPITOLUL 7 Evaluarea eficienței terapiilor locale, loco-regionale și sistemice	119
<i>Andrei Roman, Zeno Spârchez, Valentin Militaru, Cosmin Caraiani, Radu Badea</i>	
CAPITOLUL 8 Transplantul de organ. Evaluare ultrasonografică multiparametrică	131
<i>Radu Badea, Adriana Mercan-Stanciu, Mihai Socaciu, Oana Nicoară-Farcău, Andra Ciocan, Nadim Al Hajjar, Florin Elec</i>	
CAPITOLUL 9 Ecoendoscopie. Explorarea în scară gri și optimizare armonică	147
<i>Andrada Seicean, Irina Dragomir</i>	

IV Ultrasonografia multiparametrică centrată pe organe și sisteme	155
CAPITOLUL 10 Cordul	157
<i>Sorin Pop</i>	
CAPITOLUL 11 Arterele carotide și vertebrale. Venele jugulare	167
<i>Silviu Stanciu, Ioana Teofana Dulgheriu, Alexandru Florin Badea, Radu Badea</i>	
CAPITOLUL 12 Arterele și venele periferice. Microcirculația	181
<i>Sorin Pop, Alexandru Florin Badea, Victor Eșanu</i>	
CAPITOLUL 13 Plămânul. Pleura	207
<i>Simona Ioanițescu, Adriana Mercan-Stanciu, Radu Badea</i>	
CAPITOLUL 14 Tegumentul. Țesutul celular subcutanat	217
<i>Diana Crișan, Alexandru Florin Badea, Maria Crișan</i>	
CAPITOLUL 15 Mușchii	237
<i>Valentin Militaru, Iulian Claudiu Bădulescu, Radu Badea</i>	
CAPITOLUL 16 Sistemul osteoarticular	245
<i>Valentin Militaru, Nicolae Rednic, Radu Badea</i>	
CAPITOLUL 17 Tiroida. Glandele paratiroide	255
<i>Mihai Socaciu, Alexandru Florin Badea, Radu Badea</i>	
CAPITOLUL 18 Glandele salivare	267
<i>Alexandru Florin Badea, Mihai Socaciu, Manuela Lenghel</i>	
CAPITOLUL 19 Glandele mamare	279
<i>Mihai Socaciu, Ioana Bene</i>	
CAPITOLUL 20 Limfonodulii	289
<i>Simona Ioanițescu, Laura Iliescu, Radu Badea</i>	
CAPITOLUL 21 Vasele intracraniene. Explorarea armonică în neurochirurgie	299
<i>Annamaria Ilyes, Réka Dávid, Ioan Ștefan Florian</i>	
CAPITOLUL 22 Ultrasonografia multiparametrică în pediatrie	317
<i>Simona Ioanițescu, Adriana Mercan-Stanciu, Otilia Fufezan, Laura Iliescu</i>	
V Studii de caz	327
<i>Radu Badea, Simona Ioanițescu, Monica Platon Lupșor</i>	
Glosar de termeni (Index alfabetic)	401



**INTRODUCERE
ÎN ULTRASONOGRAFIA
MULTIPARAMETRICĂ.
PRINCIPII, TEHNICI, MODURI ȘI
RECOMANDĂRI DE BUNĂ PRACTICĂ**

Simona Ioanițescu,
Monica Platon Lupșor,
Victor Eșanu,
Radu Badea

Ultrasonografia este o tehnică imagistică de primă intenție folosită în practica medicală. Metoda este capabilă să furnizeze informații și detalii foarte utile, adesea esențiale, care orientează rapid medicul spre obținerea unui diagnostic. Efectuată în continuarea anamnezei și a examenului fizic, reprezintă o continuare firească a gândirii clinice. Este o procedură dinamică („real time”), neinvazivă, agreată de pacienți. Fiind efectuată chiar de către medicul clinician sau radioimagist, ea permite comunicarea cu pacientul, ceea ce îi conferă un statut de „prelungire a simțurilor clinice”. Din acest punct de vedere, este denumită POCUS – „point of care ultrasonography” (1).

Tehnica folosește ultrasunetele pentru a vizualiza structurile interne ale corpului uman. Are la bază fenomenul de reflexie a undelor sonore la nivelul interfețelor dintre diferite medii. Este neiradiantă, ceea ce o face repetabilă ori de câte ori e nevoie. Caracterizată prin portabilitate, poate oferi informații inclusiv la patul pacientului sau pe teren, în situații de urgență (1).

Aplicabilitatea ultrasonografiei este foarte largă, metoda regăsindu-se în aproape toate specialitățile medicale. Optimizarea tehnologiilor (transductor, procesoare, display, aplicații etc.), miniaturizarea acestora, ameliorarea permanentă a informației, introducerea diagnosticului automatizat folosind algoritmi de construcție a imaginii și procedee de inteligență artificială sunt de natură să impulsioneze metoda ultrasonografică și să o facă indispensabilă în zona medicinei curente (pacienți cronici aflați în regim de internare sau ambulatoriu), a medicinei de urgență, a stărilor critice, a consultului la domiciliu sau în situații particulare (în ambulanță, pe front, în stații circumterestre etc.).

Termenul de „multiparametric” a fost introdus prima dată în imagistică în relație cu rezonanța magnetică nucleară (IRM) pentru a descrie într-un cuvânt multitudinea unor

tehnici și procedee folosite aproape concomitent și care conduc la obținerea unui diagnostic complex și complet. Complexitatea informațiilor vizuale a plasat IRM în fruntea progreselor realizate în imagistica medicală, fiind considerată un „standard de aur” în acest domeniu. În aparentă competiție cu IRM, examinarea computer-tomografică (CT) are o contribuție importantă în patologia traumatică, oncologică, degenerativă, neurologică sau toracală. În ciuda acestor avantaje cunoscute ale imagisticii secționale (IRM/CT), s-au identificat anumite limitări, între care timpii de așteptare excesivi, nevoia de transport a pacientului la sala de investigație, claustrofobia și durata lungă a procedurii (în principal în cazul IRM, ceea ce impune sedare în cazul copiilor), iradierea în cazul CT, toxicitatea agenților de contrast și, nu în ultimul rând, costurile ridicate ale procedurilor.

Deși aparent „pusă în umbră” de dezvoltarea metodelor secționale, US a cunoscut progrese tehnologice majore, îndeosebi în ultimii 15-20 de ani. Inițial cu aplicații limitate, generate de evitarea de principiu a structurilor cu conținut gazos sau grănos sau de informația statică și „neprietenosă” – astăzi se poate vorbi despre ultrasonografie „multimodală” sau „multiparametrică”. Prin această denumire se înțelege o abordare diagnostică avansată, care implică utilizarea mai multor moduri de lucru într-o singură examinare, având ca scop o evaluare cât mai precisă, nu doar morfologică și vasculară, ci și cu date referitoare la rigiditatea și teaurizarea (în principal lipomatoasă) a unui organ sau a unei leziuni. Toate aceste detalii sunt livrate de către această metodă într-un timp foarte scurt și au caracter „real time”. Având în vedere aceste considerente, considerăm necesară o prezentare oarecum „holistică” a conceptului în care noțiunile centrate pe echipament, moduri, principii elementare și tehnici de examinare pot fi de utilitate pentru medicul practician.

1.2. Echipamentul ultrasonografic

Ecograful, în termeni fizici, este un conglomerat tehnologic compact extrem de sofisticat, rezultatul unor cicluri istorice de inovație și progres, care se întind pe parcursul mai multor decenii. Dimensiunile și modurile de lucru ale echipamentului sunt foarte variabile, în funcție de scopul căruia îi este dedicat: screening, situații de urgență, aplicații clinice dedicate sau aplicații multiple de uz general.

Ecograful pentru uz general este un complex tehnologic care permite efectuarea tuturor aplicațiilor clinice. Este dotat cu un mare număr de transductoare, fiecare cu formă și frecvență de lucru distincte. Aparatul de ultrasonografie „dedicat” este fie miniaturizat și portabil (utilizat în condiții ambulatorii), fie configurat pentru aplicații înguste (ex. ecoendoscopie, ecografie intraoperatorie, ecografie intralaparoscopică etc.) [fig. 1.1.a.b]. Modul de utilizare al acestor echipamente este similar, dar performanța vizuală a informației este superioară și numărul de transductoare accesibile este mai mare în cazul aparatelor de uz general.

O atenție specială trebuie acordată aparatelor ultraportabile, denumite și „de buzunar”. Acestea sunt aparate



Fig. 1.1.a.b. Echipamente ecografice. Aparat pentru uz general (a) și aparat miniaturizat, portabil (b). Imagine obținută prin amabilitatea dlui ing. Adrian Tarta, firma Numeris <https://numeris.ro>.



Fig. 1.2. Echipament ultraportabil („de buzunar”).

Aparatul are la extremitatea activă un agregat interșanjabil (în funcție de aplicația clinică și frecvența necesară) de cristale generator/receptor de ultrasunete cu frecvențe diferite. Imaginea este reprodusă pe un display (telefon mobil, tabletă) care funcționează pe baza unei aplicații descărcate de pe Internet. Este compatibil cu orice sistem de operare. Imagine obținută prin amabilitatea dr. Radu Agrosoaie (www.estimamedical.ro).



Fig. 1.3. Butoane și taste dispuse la nivelul consolei echipamentului ecografic. Au coduri de imagine standardizate, folosite pentru recunoașterea inițială a funcției aferente. Imaginea prezentată este alcătuită din asocieri de taste, a căror aranjare la nivelul consolei este variabilă în funcție de producător.

miniaturizate, care livrează informația prin cablu sau în sistem wireless către display-ul unui telefon mobil sau al unei tablete digitale. Calitatea imaginii este foarte bună, iar examinarea este adesea multimodală, folosind modul în scară gri și, cel puțin, modul Doppler color. Sunt echipamente care permit obținerea de informații esențiale în terapie intensivă (mobilitatea organelor, colecțiile, anomalii structurale, aerul se identifică cu ușurință), la patul pacientului (la domiciliu, în ambulanță, în secția clinică). Au capacități de dirijare optimă a procedurilor invazive, cum ar fi aborduri vasculare sau blocuri nervoase [fig. 1.2].

Echipamentul ecografic „convențional” este alcătuit din trei componente: unitatea centrală, monitorul și unul sau mai multe transductoare (1).

1.2.1. Unitatea centrală

Unitatea centrală este „creierul” echipamentului. Îndeplinește funcții complexe legate de:

- generarea și recepția semnalelor electrice
- sincronizarea timpilor de emisie-recepție
- conversia semnalului analog în semnal digital la nivelul procesorului
- stocarea imaginilor într-o memorie dedicată
- prelucrarea și generarea de semnale de comandă și fluxuri de date către modulele ecografice, care permit obținerea imaginilor și analiza acestora

Pe suprafața unității centrale se găsesc conectoarele. Prin intermediul acestora se realizează legătura dintre circuitul electronic al sondei (transductorului) și cel al ecografului, precum și recunoașterea automată a tipului de sondă. Ecografele sunt dotate cu un număr variabil de conectoare, în funcție

de dimensiunile și complexitatea acestora. Astfel, echipamentele mici (portabile) au 1 – 2 astfel de conectoare, în timp ce echipamentele mari (de uz general) au 3 – 4 conectoare, care pot fi preselectate de la nivelul tastaturii. Selecția transductorului care urmează să fie utilizat se realizează la nivelul unității centrale prin apăsarea unui buton distinct, aflat pe consola aparatului, reprezentat de o pictogramă asociată cu indicativul transductorului.

Unitatea centrală este dotată cu butoane (taste) dispuse pe consolă, care îndeplinesc funcții de bază legate de setarea imaginii [fig. 1.3].

Câteva funcții de bază ale echipamentului ecografic care se activează de la nivelul consolei sunt (1):

- a. funcția „gain”: reglează amplitudinea ecourilor afișate, respectiv luminozitatea imaginii, fără a modifica intensitatea ultrasunetelor emise. Este reglabilă printr-un buton rotativ, care crește sau scade „câștigul” de ultrasunete. În practică, medicul examinator va avea grijă să asigure un echilibru între ecourile care provin de la suprafața și cele care provin din profunzimea imaginii [fig. 1.4.a.b.c.d].
- b. alte funcții care permit selectarea modului de lucru: 2D (bidimensional, în scară gri), PW (Doppler pulsat, spectral), CFM (colour flow map, Doppler color), PD (modul power Doppler).
- c. selectarea frecvenței transductorului și, implicit, a rezoluției imaginii.
- d. funcția „focus” permite selecția adâncimii la care se concentrează fasciculul de ultrasunete (în mod normal, trebuie setat la nivelul regiunii de interes, dar aparatele moderne au această funcție automatizată).
- e. funcția TGC (time gain compensation) reglează intensitatea ecourilor la anumite niveluri de adâncime.

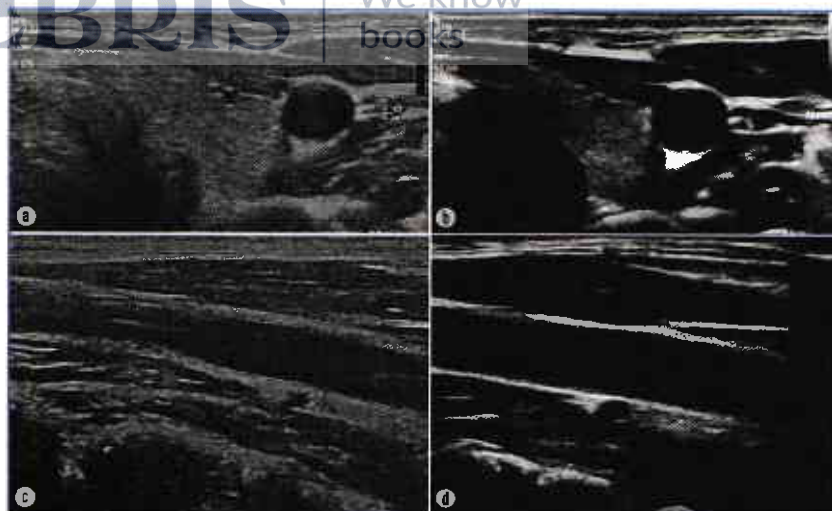


Fig. 1.4.a,b,c,d. Aspectul imaginii ultrasonografice în scară gri în raport cu „excesul de gain” (a,c), respectiv „gain corect reglat” (b,d).

TABELUL 1.1. Comenzi esențiale pentru optimizarea imaginii în scară gri (modul B). Adaptare după [2].

Butoane/comenzi de reglaj	Acțiune și efect pe ecran
Presetări	setări preconfigurate de către producător pentru anumite examinări, recomandate pentru optimizarea imaginii ecografice în timpul cel mai scurt (ex. puterea acustică, adâncimea, poziția și numărul de focare, vitezele de curgere etc.)
Putere acustică	- modifică intensitatea ultrasunetelor emise de transductor; - există indici de siguranță afișați pe ecran pentru a monitoriza expunerea: index mecanic (MI) și index termic (TI) - intensitatea este ajustată automat sau manual de către examinator, pentru a menține principiul ALARA („As Low As Reasonably Achievable” - cât mai mică posibil, în mod rezonabil realizabil). - ecografele moderne sunt concepute pentru a obține imagini clare, fără a provoca încălzirea semnificativă a țesuturilor sau cavitație, asigurând examinarea în siguranță a organelor, inclusiv în timpul sarcinii. - valori presetate pentru modurile ecografice la valori maxime admise, pentru a asigura o penetrabilitate maximă.
2D Gain „câștigul de ecouri” (buton unic)	- ajustează luminozitatea generală a imaginii pe ecran. - nu afectează intensitatea ultrasunetelor emise (spre deosebire de puterea acustică). - imaginea optimă implică setarea atât a puterii acustice, cât și a luminozității.
TGC „Time Gain Compensation” (cursoare)	- compensează atenuarea naturală a fasciculului de ultrasunete pe măsură ce străbate țesuturile. - constă într-un set de cursoare glisante, care ajustează luminozitatea la adâncimi specifice ale imaginii - sunt folosite pentru a oferi utilizatorului o imagine uniform luminoasă, astfel încât orice anomalie să fie mai ușor evaluată. - ecografele moderne beneficiază de ajustări automate ale TGC.
Depth / Zoom	- adâncimea („depth”) – mărește/micșorează câmpul vizual general, prin concentrarea fasciculelor de ultrasunete până la adâncimea prestabilită, fără a pierde din rezoluție. „zoom” – mărește o regiune de interes (ROI) pentru a obține detalii anatomice superioare. Crește densitatea liniilor și rata de baleiaj (numărul de cadre pe secundă) în acea zonă, însă cu costul scăderii rezoluției.
Focus (Poziția Focarului)	- îngustează fasciculul de ultrasunete la o anumită adâncime, oferind rezoluția laterală optimă în acea zonă. - se pot selecta mai multe focare, dar aceasta reduce rata de schimbare a imaginii active („frame rate”) - echipamentele moderne au focare multiple și automatizate, care nu necesită intervenția medicului examinator
Frecvența	- permite selectarea frecvenței de lucru a transductorului în acord cu rezoluția și penetrabilitatea dorite de examinator - se bazează pe tehnologia actuală a transductoarelor care pot emite/recepționa pe „plaje” de frecvențe

TABELUL 1.2. Funcții folosite după obținerea imaginii dorite, pentru a extrage date cantitative. Adaptare după [2].

Funcție	Descriere
Măsurători (Callipers)	- permite măsurarea dimensiunilor și delimitarea structurilor - poate calcula arii și volume
Trackball	funcționează ca un „mouse”, permițând mutarea cursorului, a casetei Doppler, poziționarea cursorilor de măsurare sau derularea cadrelor
Freeze/Cineloop (funcție de tip da/nu, respectiv on/off)	„înghețarea” („freeze”) – pune pe pauză imaginea activă „cineloop” – permite revizuirea manuală a cadrelor salvate automat între două apăsări ale butonului
Store (Still/Cine)	salvează o imagine statică („still”) sau un clip video scurt („cine”) în scop educațional, pentru compararea examinărilor repetitive efectuate și/sau document medico-legal
Adnotare/Pictogramă („Body Mark”)	adaugă text asupra imaginii sau o pictogramă anatomică, pentru a indica organul examinat și poziția/orientarea sondei

TABELUL 1.3. Setări avansate ale imaginii. Algoritmi folosiți pentru a „curăța” imaginea de artefacte și a îmbunătăți contrastul. Adaptare după [2].

Tehnologie	Beneficiu
Tissue Harmonics (THI)	- formează imaginea folosind doar semnalul armonic non-liniar secundar (armonica a 2-a) - reduce „zgomotul” din imagine, îmbunătățește rezoluția, scade penetrabilitatea.
Compounding / Speckle Smoothing	achiziționează și mediază imagini din unghiuri multiple pentru a reduce zgomotul (speckle)
Panoramic Imaging	- lărgeste câmpul vizual prin stocarea de imagini 2D consecutive într-o singură imagine panoramică - necesită o deplasare continuă și cu viteză constantă a transductorului
Virtual convex	- lărgeste câmpul vizual și îl transformă din varianta dreptunghiulară în varianta trapezoidală - permite examinarea unor regiuni anatomice/organe mai mari cu transductorul linier

- f. funcția „freeze” – „îngheață” imaginea pe ecran, prin oprirea fluxului de ultrasunete, ceea ce permite analiza imaginii și efectuarea de măsurători.

La funcțiile menționate se adaugă comenzi esențiale care permit efectuarea de măsurători (distanțe, volume etc.) la nivelul regiunii de interes, mai mult sau mai puțin complexe, în funcție de tipul și destinația echipamentului.

Aparatele care dețin tehnologii de vârf prezintă funcții de activare a modulului de contrast (CHI) sau de elastografie. Poziția acestor comenzi și modul de activare (buton sau touchscreen) de pe consolă, precum și denumirea acestora pot varia în funcție de producător.

De subliniat importanța a două componente ale tastaturii:

- „mașina de scris” este o tehnologie similară cu tastatura calculatoarelor cu taste, adesea cu funcții multiple, care asigură „comunicarea” dintre medic și echipament.
- „trackball”-ul este un echipament care, prin activare, permite indicarea pe ecran a regiunilor de interes, precum și efectuarea de măsurători precise (distanțe, arii, volume, viteze etc.) [tabelele 1.1, 1.2, 1.3].

1.2.2. Transductorul

Transductorul este o piesă esențială a ecografului. Este elementul care vine în contact direct cu pacientul, prin intermediul unei cantități mici de gel care se aplică pe regiunea de

interes. Funcționarea sa constă în activarea succesivă a cristalelor la o rată de baleiaj mai mare de 15 imagini/secundă, ceea ce asigură o percepție cursivă a imaginii ecografice. Procedura de examinare este denumită „scanare” sau „baleiaj”.

Transductorul este un emițător și un receptor de ultrasunete. Este alcătuit din unul sau mai multe cristale de cuarț sau din ceramici speciale, denumite „cristale piezoelectrice”, la nivelul cărora are loc conversia energiei electrice în energie mecanică (ultrasunete) și invers (efectul piezoelectric). Cristalele conțin titanat de zirconiu, material care are capacitatea de a vibra sub acțiunea unei diferențe de potențial electric, generând astfel ultrasunete (1). Fenomenul este valabil și în sens invers, ultrasunetele deformând mecanic cristalul, iar vibrațiile rezultate se transformă în semnal electric. Numărul de cristale piezoelectrice dintr-un transductor este, de regulă, multiplu de 16 (128, 256 sau 512 cristale).

Cristalele sunt împachetate într-o carcasă rigidă, compusă dintr-o rășină epoxidică impregnată cu tungsten, care are rolul de a reduce la maximum vibrațiile secundare ale transductorului, în momentul în care excitarea electrică se oprește. Fiecare cristal este responsabil pentru emisia/recepția unui singur fascicul de US.

Cristalele sunt conectate, prin fire electrice extrem de subțiri, cu unitatea centrală și procesorul. Prin aceste fire se transmite în dublu sens semnalul electric, realizând pe de o parte excitarea cristalelor și emisia ultrasunetelor, iar pe de

altă parte întorcerea înspre procesor a semnalului electric produs de către ecouri la extremitățile cristalului. Grosimea cristalelor este întotdeauna egală cu jumătate din lungimea de undă a fasciculului de ultrasunete, iar orientarea spațială variază în funcție de aplicație.

Aranjarea cristalelor în interiorul unui transductor se face sub formă de „matrice”, de unde și denumirea acestora de transductoare „matriceale” („array”). Recent s-au introdus în practică transductori alcătuiți dintr-un singur cristal, care oferă performanțe superioare față de cristalele convenționale, permițând obținerea unor imagini de înaltă rezoluție. Fiecare cristal funcționează intermitent, pulsativ, având o emisie scurtă și o recepție prelungită, raportul între cele două perioade de timp fiind de cca. 1:100.

Imaginea ultrasonografică se realizează prin emisia intermitentă a unei succesiuni de 2–4 pulsuri cu durată foarte scurtă (în total nu depășesc 0,5–3 microsecunde), urmată de o perioadă de recepție care durează între 99 – 99,9% din timpul total de funcționare al echipamentului. Un „puls de unde acustice” are o lungime spațială de 0,01 – 0,1 mm, în funcție de lungimea de undă a fasciculului și de numărul de cicluri de emisie din cadrul pulsului. Deoarece intervalul de timp necesar recepției ecourilor depinde de profunzimea la care se află ținta (viteza de deplasare a ultrasunetelor în țesuturi fiind aproximativ constantă), pentru leziuni situate profund este necesară o rată a emisie pulsurilor mai scăzută. În schimb, pulsurile scurte sunt alcătuite din unde acustice cu frecvență înaltă, ceea ce atrage după sine o rezoluție axială foarte bună. Rezoluția axială reprezintă jumătate din lungimea spațială a pulsului. Aspectele menționate constituie baza construcției imaginii ultrasonografice, permițând localizarea în spațiu a elementelor reflectante.

1.2.2.1. Forma transductorului

În funcție de poziția elementelor active în interiorul carcasei, transductoarele se clasifică în liniare, convexe sau anulare („phased array”) [fig. 1.5]. Dispoziția spațială a cristalelor dictează forma imaginii generate de transductor. Există mai multe tipuri de transductoare:

- Transductorul convex conține cristale care sunt orientate divergent, iar excitarea electrică se poate face individual

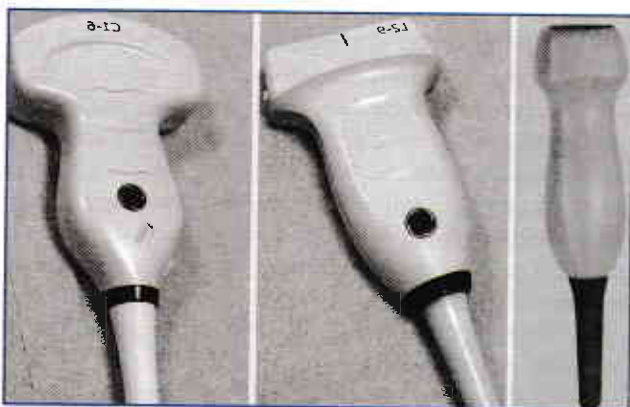


Fig. 1.5. Transductoare folosite în practica ultrasonografică curentă pentru aplicații externe (transtegumentare). De la stânga la dreapta: transductor convex (aplicații abdominale), transductor liniar (aplicații centrate pe organe superficiale), transductor anular (aplicații cardiace).

sau în grup. Aceste transductoare au o gamă de frecvențe de emisie/recepție variabilă în funcție de producător (între 1 și 7 MHz, mai frecvent între 2 și 5 MHz). Sunt utilizate pentru explorarea abdominală, ținta fiind reprezentată de structurile anatomice profunde.

- Transductorul liniar conține cristale care sunt dispuse paralel, iar excitarea electrică se face succesiv, de la un capăt la celălalt al sondei. Viteza de excitare este foarte mare (respectând raportul de 1:100 dintre perioada de activare și așteptare), astfel încât imaginea apare continuă la nivelul retinei. Transductorul liniar utilizează frecvențe înalte (7-12 MHz sau chiar mai mult). La nivelul acestui transductor apare fenomenul de „atenuare pronunțată a ultrasunetelor”; de aceea, utilizarea este centrată pe organe de suprafață, de regulă situate la mai puțin de 6 cm adâncime față de tegument. Acest tip de transductor se folosește, așadar, pentru examinarea structurilor superficiale (tiroidă, sân, scrot, ochi, structuri musculo-scheletale) sau a vaselor periferice. Având o rezoluție superioară, este util pentru obținerea de detalii, de regulă superioare celor obținute cu transductorul convex.
- Transductorul sectorial conține cristale care sunt activate în succesiune, dar forma fasciculului și orientarea fiecărei unde de ultrasunete emise de acestea sunt condiționate de un reglator electronic al câmpului de ultrasunete. Fasciculul de ultrasunete realizează un baleiaj dirijat electronic, similar cu cel de la nivelul transductorului mecanic. Față de transductorul mecanic, cel electronic este mult mai fiabil și are posibilitatea focalizării multiple, etajate.
- Transductorul anular are o suprafață de contact cu tegumentul foarte îngustă, dar imaginea la distanță este similară ca deschidere cu aceea a transductorului convex. Acest tip de transductor este folosit pentru explorarea cordului.

Caracteristicile transductoarelor și indicațiile acestora se regăsesc în tabelul 1.4

1.2.2.2. Funcția transductorului

În raport cu aplicațiile clinice, transductoarele se pot clasifica în Doppler, TM, 2D, 3D/4D și ecoendoscoape.

a. Transductorul Doppler

Modul de funcționare al transductorului Doppler se bazează pe principiul Doppler. Acesta constă în apariția unei diferențe de frecvență între fasciculul emis și cel recepționat, atunci când un emițător de ultrasunete (în cazul nostru, cristalul piezoelectric) este orientat înspre o țintă în mișcare (în cazul nostru, mișcarea hematiilor de la nivel cardiac sau a vaselor mari). În funcție de apropierea sau îndepărtarea țintei față de transductor, această diferență de frecvență poate fi pozitivă sau negativă, iar în funcție de viteza de deplasare, poate fi mai amplă sau mai puțin amplă. Rezultatele obținute sunt exprimate atât calitativ (grafic sau acustic), cât și cantitativ, exprimate în cm/sec sau kHz.

Transductorul Doppler poate fi de trei feluri: continuu, pulsant sau duplex.