

## Tehnične zahteve kakovostnega ultrazvočnega aparata Technical requirements of high quality ultrasound system

Sašo Rainer

Radiološki oddelek, Splošna bolnišnica Slovenj Gradec, Slovenija

---

**Povzetek:** Ultrazvočna tehnologija doživlja skokovit razvoj; spreminjajo se tudi merila glede kakovosti ultrazvočnih aparatov. Aparat naj bo zasnovan na osnovi digitalne tehnologije, saj le-ta prinaša številne prednosti. Za preiskave dojke uporabljamo visokofrekventne linearne sonde, najboljše multifrekventne (med 5- in 12 MHz), k osnovni opremi pa sodijo tudi konveksne in sektorske sonde (med 3- in 5 MHz). Vse sonde naj omogočajo dopplersko funkcijo. Pribor naj vsebuje kakovostno vodilo za punkcije. Aparatura naj omogoča spektralni (pulzni) doppler, barvni doppler in angio- oziroma power doppler; zaznava naj čim nižje pretoke. Dinamični obseg naj bo čim večji. Pomemben je dovolj velik notranji spomin. Najpogosteje uporabljane nastavitve naj bodo shranjene v obliki programov (preset). Barvni monitor mora imeti visoko ločljivost. Kontrolna plošča mora biti zasnovana ergonomsko. Naštete so možnosti za dokumentacijo posnetkov. Aparatura naj omogoča povezavo v računalniška omrežja (kompatibilnost s standardom Dicom 3,0).

*Ključne besede:* ultrazvok, aparat ure, tehnične zahteve

**Abstract:** Due to constant development and advances in ultrasound technology, criteria regarding the quality of ultrasound systems are changing. Recent ultrasound systems are based on digital technology. For imaging of the breast, high-frequency linear array transducers (5- to 12 MHz) are required; multifrequency probes are preferred. Basic equipment should include also convex array and sector (phased array) probes (3- to 5 MHz). All transducers should enable Doppler function. Reliable needle-guide is essential for US-guided biopsies and other procedures. System should support spectral (pulsed) Doppler, Color Doppler and Power (Angio) Doppler function and should enable detection of low-velocity flow. Dynamic range of the system should be as large as possible. Large internal memory is very useful. Most frequently used settings should be stored and easily recalled as preset function. System must be equipped with high-resolution color monitor. Control panel should be designed ergonomically. Options for image documentation are listed. System should enable integration into computer networks (Dicom 3,0 compatibility).

*Key words:* ultrasound systems, technical requirements

---

Ultrazvočna tehnologija v zadnjem času doživlja skokovit razvoj, s tem pa se spreminjajo tudi merila, ki odločajo o kakovosti ul-

trazvočnih sistemov. Tehnološki razvoj se odraža v širjenju možnosti uporabe, uvedbi novih tehnologij, predvsem pa v kakovosti slike, ki je še vedno ključni kriterij kakovosti za večino aplikacij v radiologiji.

Naslov avtorja: Sašo Rainer, dr.med., Radiološki oddelek, Splošna bolnišnica Slovenj Gradec, Gosposvetska 1, 2380 Slovenj Gradec, Slovenija. Tel.: 0602 503 474; Fax: 0602 42 393; E-mail: sasa.rainer@guest.arnes.si

Tako danes večina boljših ultrazvočnih aparatov uporablja digitalno tehnologijo, ki

ima pred starejšo (pretežno analogno) številne prednosti. Procesiranje podatkov je v primerjavi z analognimi sistemi bistveno hitrejše, večja se številu slik v sekundi (frame-rate), pomembno se izboljšujejo vse kategorije ločljivosti, povečuje se senzitivnost dopplerja za nižje pretoke, večji je interni spomin, aparati omogočajo integracijo v računalniška omrežja. Nenazadnje digitalna tehnologija delno ali v celoti omogoča tudi novejša aplikacije (z uporabo kontrastnih sredstev ali brez), kot so: harmonične in subharmonične slikovne tehnike, pulzna inverzija, tkivni harmonični prikaz, tehnike z uporabo akustične emisije, zaznavanje pretokov v sivi sliki (B-mode Flow), prikaz z razširjenim vidnim poljem, 3D aplikacije, itd.

Kakovosten ultrazvočni sistem, ki ga uporabljamo v diagnostiki bolezni dojke, naj bo torej v osnovi digitalen.

Za preiskave dojke uporabljamo v glavnem linearne sonde višjih frekvenc. Osnovna frekvanca naj ne bo manjša od 7,5 MHz, še boljše pa so multifrekventne sonde, katerih frekvenčni obseg se giblje med 5 in 10 MHz, pri nekaterih tudi do 12 MHz. Tako imamo v eni sondi vse uporabne frekvence - delo je enostavnejše, tudi ni potrebno nabavljati več sond. Visokofrekventne linearne sonde dosega zahtevano visoko ločljivost - sonda s frekvenco 7,5 MHz tako dosega aksialno ločljivost 0,3 do 0,4 mm; vendar pa z naraščanjem frekvence pada prodornost (senzitivnost) ultrazvočnega snopa (pri frekvenci 7,5 MHz znaša atenuacija 50% na cm globine). Najvišje frekvence lahko zato uporabljamo le za prikaz struktur v omejeni globini. Prednost uporabe multifrekventne sonde je tako očitna. Velikost vidnega polja linearne sonde naj bo vsaj 4 cm (večina proizvajalcev ponuja sonde z vidnim poljem 38 mm). Sonda naj omogoča elektronsko fokusiranje v več globinah hkrati (multifokus), kar izboljšuje ločljivost v celotnem pregledovanem volumnu. Merilo kakovosti sonde in aparature je ločljivost slike v bližnjem območju - pri kakovostni aparaturi

tako večinoma ni potrebna uporaba distančne blazinice za prikaz bližnjih struktur.

K priboru sodi tudi nastavek za vodenje igle pri ultrazvočno vodenih punkcijah. Dobri nastavki imajo možnost spreminjanja naklona igle (v tem primeru mora aparatura omogočati spreminjanje kota punkcijskega vektorja, kot naklona igle pa se sproti izpisuje na ekranu). Nastavek mora omogočati uvajanje igel različnih dimenzij z dobrim "tesnenjem" igle ("ohlapanost" igle za nekaj desetink milimetra v nastavku lahko pomeni razliko položaja vrha igle za več milimetrov).

Aparature večinoma ne bomo uporabljali izključno za preiskave dojke, zato naj bodo na razpolago tudi sonde za preiskavo abdomna. Tudi te naj bodo multifrekventne (med 3 in 6MHz); poleg standardne konveksne sonde (curved array) z vidnim poljem 60 stopinj je zelo uporabna tudi sektorska sonda (phased array) z vidnim poljem 90 stopinj. Opisane linearne sonde pa bomo s pridom uporabljali tudi za pregled povrhnjih organov (ščitnica, skrotum), vratu, mišično-skeletnih struktur in za preiskave perifernega ožilja. Vse sonde, ki jih uporabljamo, naj omogočajo tudi dopplersko funkcijo.

Kadar uporabljamo več sond, naj ima aparatura več aktivnih priklopnih mest za sonde (vsaj tri). Tako pri menjavanju sond ne bo potrebno vedno znova preklapljalati kablov, kar je zamudno in moteče.

Zelo koristno je nožno stikalo (pedal), ki naj omogoča vklop in ustavljanje slike, po možnosti pa tudi slikanje (oboje je koristno tudi pri punkcijah).

Aparatura mora omogočati spektralni (pulsni) doppler, barvni doppler in angio - oziroma power doppler. Zelo pomembna je predvsem sposobnost zaznavanja čim počasnejših pretokov. Sodobne aparature zaznavajo že pretoke s hitrostmi od 0,2 do 0,5mm/sec (angio oz. power doppler) in okoli 1mm/sec (barvni in spektralni doppler). V sliki naj bo čim manj bleščočih barvnih artefaktov zaradi gibanja struktur - merilo kakovosti eliminacije

gibalnih artefaktov. Aparatura naj pri kombinaciji uporabe sive slike, barvnega in spektralnega dopplerja v eni sliki prikazuje vse tri komponente v živi sliki (real time triplex mode).

Eden ključnih elementov kakovosti aparature je njen dinamični obseg. Predstavlja celoten razpon signalov (od najšibkejših do najmočnejših), ki jih je aparatura sposobna zaznati in na osnovi katerih tvori slikovno informacijo. Tudi tu ima veliko prednost digitalna tehnologija - te aparature dosegajo v primerjavi s starejšimi izredno velik dinamični obseg, tudi do 150 dB.

Sodobne aparature so v sivi sliki sposobne razlikovati do 256 odtenkov sivine, zato mora biti temu ustrezen tudi monitor. Monitor naj bo visoko kakovosten (resolucija 640x580 pikslov, 625 linij), barvni. Običajno so 12 - do 14-palčni. Za grobo orientacijo glede kakovosti monitorja nam lahko služijo črke na ekranu: le-te ne smejo bleščati ali imeti odseva, tudi pri spreminjanju nastavitve svetlobe in kontrasta. Monitor naj bo vrtljiv v levo in desno, po možnosti pa naj ima nastavljen tudi naklon in višino.

Aparatura naj ima soliden notranji spomin, saj lahko tako priključimo na ekran najoptimalnejšo sliko za meritve ali dokumentacijo oz. arhiviranje. Aparature z visoko frekvenco prikaza (frame rate) lahko ob zaustavitvi slike shranijo v delovnem spominu (scroll memory ali cine loop) do 800 črno-belih slik in do 128 barvnih slik.

Povečevanje slike (zoom) je pomembna funkcija, saj lahko manjšo patologijo ali omejeno področje prikažemo v celotni sliki. Ločimo aktivni zoom (write zoom), ki že ob akviziciji skoncentrira procesiranje le v željeni volumen, in slikovni zoom (read zoom), ki zgolj povečuje del slike.

Osnovni programi, ki jih pogosto uporabljamo, naj bodo shranjeni in zlahka dostopni (preset funkcija). Aparatura mora omogočati tudi vnašanje in shranjevanje določenega števila lastnih nastavitve uporabnika.

Osnovna kontrolna plošča mora biti zasnovana ergonomsko. Najpogosteje uporabljane kontrole sive slike (gain, fokus, zaustavitev slike, itd.) morajo biti na doseg položaja roke in dovolj velike, da ne terjajo pogleda za vsako spremembo funkcije. Kontrole dopplerja (izbira načina oz. vrste dopplerja, gain, hitrost pretoka, PRF (Pulse Repetition Frequency), nastavitve spektralnega dopplerja, itd.) naj bodo razporejene skupaj, logično, in naj bodo enostavno dosegljive. Izbira vrste meritev in njihova izvedba naj bosta čim enostavnejši. Tipkovnica naj bo dovolj velika (bodisi klasična s tipkami bodisi na dotik), osvetljena. Osvetljene morajo biti tudi vse najpomembnejše funkcije. Pri nekaterih aparatih je celotna osnovna plošča premakljiva (po višini ali horizontalno), kar je lahko zelo uporabno, zlasti pri večjih aparatih.

Aparat naj ima poleg simbolov za označevanje predelov telesa in položaja sonde tudi možnost uporabe vnaprej shranjenih tekstnih oznak, ki jih najpogosteje uporabljamo za označevanje posnetkov.

Slikovna dokumentacija mora odražati vse elemente slike, kot jo vidimo na ekranu. Za slikovno dokumentacijo uporabljamo najpogosteje termalne tiskalnike (črno-bele in barvne) in priključitev na laserske kamere, ki so v uporabi na radioloških oddelkih (v tem primeru je mogoča le črno-bela dokumentacija). Možno je arhiviranje posnetkov na trdi disk samega aparata, na magnetooptični (MO) disk, ali shranjevanje na CD-ROM. Te posnetke lahko pozneje odtisnemo na tiskalnike ultrazvočnega aparata ali pa jih s pomočjo osebnega računalnika odtisnemo z računalniškim tiskalnikom. Nekatero ultrazvočno aparate lahko povežemo tudi s posebnimi delovnimi postajami ali neposredno z osebnim računalnikom. Aparatura naj bo kompatibilna s standardom Dicom 3.0, kar omogoča integracijo ultrazvočnega aparata v sistem PACS.