

## Zagotavljanje kakovosti v ultrazvočni diagnostiki Quality assurance in ultrasound

Sašo Rainer

Radiološki oddelek, Splošna bolnišnica Slovenj Gradec, Slovenija

---

**Povzetek:** Izvajanje programa za zagotavljanje kakovosti ima velik pomen tudi v ultrazvočni diagnostiki, saj lahko poslabšanje kakovosti slike in nekaterih funkcij pomembno vpliva na zmožnost odkrivanja in pravilne opredelitve patoloških procesov. Elementi programa za zagotavljanje kvalitete so: pravilno ravnanje z aparaturo, njeno dnevno vzdrževanje, detekcija slabšanja kakovosti pri dnevnem delu in redno testiranje vsakih šest mesecev. Testiranje zajema vizualno inspekcijo aparature (sond, mehaničnih delov, filtra, kablov in kontaktov), oceno kakovosti dokumentacijskih posnetkov, testiranje s fantomom in dokumentacijo rezultatov. S fantomom preverjamo specifične parametre, ki neposredno zadevajo kakovost slike. V prispevku so okvirno obrazloženi ti parametri ter njihov pomen, opisane so tudi vrste ultrazvočnih fantomov. Redno izvajanje programa za zagotavljanje kakovosti bi moralo postati obvezen sestavni del aktivnosti vsake ultrazvočne diagnostične enote.

*Ključne besede:* ultrazvok, kakovost, zagotavljanje

**Abstract:** Quality assurance is essential also in ultrasonography; image degradation and malfunction of the equipment can adversely influence the ability of the system to detect and correctly characterize pathological processes. Quality assurance program consists of optimal operation and daily care of imaging equipment and documentation devices, detection of image quality degradation during routine equipment operation, and periodic quality assurance tests. Testing comprises of visual inspection of the equipment (transducers, connection sockets and cables, mechanical components, filters), hard copy evaluation, phantom testing and documentation of the results. With phantom testing, specific parameters related to image quality are evaluated. These parameters are basically outlined, as well as the types of ultrasound quality assurance phantoms. Periodic quality assurance testing should become the integral part of routine activity in every diagnostic ultrasound unit.

*Key words:* ultrasound, quality assurance

---

### Uvod

Sodobne ultrazvočne aparature so v svojem delovanju na splošno dokaj zanesljive. Čemu

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

torej trošiti čas in trud za izvajanje programov za zagotavljanje kakovosti tudi v ultrazvočni diagnostiki? Odgovor je v dejstvu, da noben sistem ni popoln; tudi pri zelo izpopolnjenih aparataturah lahko pride do motenj v delovanju in sprememb v kakovosti slike, mnogokrat komaj opaznih, ki pa vendarle lahko pomembno vplivajo na končni rezultat - slabšo detek-

cijo ali neustrezno karakterizacijo patoloških procesov pri bolniku.

Program za zagotavljanje kakovosti v ultrazvočni diagnostiki predstavlja skupek postopkov, ki zagotavljajo rutinsko spremljanje delovanja diagnostične ultrazvočne opreme. Njihov namen je zagotoviti, da bo delovanje aparature ves čas in v vseh pogledih optimalno.

Program vsebuje štiri osnovne komponente:

- optimalno ravnanje z aparaturo in njeno dnevno vzdrževanje
- detekcija znakov slabšanja kakovosti slike pri dnevnem delu
- redni občasni testi opreme z ustreznim fantomom
- dokumentacija testiranja; opis problemov, postopki za njihovo odpravo

#### **Izvajanje občasnih testiranj v programu zagotavljanja kakovosti**

Aparature, ki jih pogosto uporabljamo, testiramo enkrat vsakih šest mesecev. Preizkusiti moramo vse kombinacije aparature s sondami, ki jih uporabljamo v rutinski diagnostiki. Za testiranje posamezne kombinacije aparature in sonde naj ne bi porabili več kot 20 minut. Če na aparatu redno uporabljamo tri sonde, bomo za testiranje torej potrebovali 60 minut v obdobju pol leta.

Pri testiranju naj bo izhodna moč akustične emisije maksimalna, vse ostale nastavitve (gain, fokalne zone, TGC itd.) pa morajo biti takšne, kot jih vedno uporabljamo pri delu z bolniki.

Pomembno je, da pri vseh zaporednih testiranjih uporabljamo vedno enake nastavitve na aparaturi, saj bomo le tako lahko opazili morebitne spremembe v njenem delovanju.

Test obvezno dokumentiramo; najbolje je, da imamo za dokumentacijo poseben zvezek ali formular. Zabeležimo datum, nastavitve aparature, rezultate testa, priložimo pa tudi slike testnega objekta (slike nam služijo za

kasnejšo primerjavo, na njih so dokumentirane tudi osnovne nastavitve aparature).

Pri nekaterih aparatih lahko nastavitve, ki jih uporabljamo za testiranje, shranimo v računalniški spomin in jih nato vsakič zlahka prikličemo (preset). Pomembno je, da natančno zabeležimo zlasti podatke prvega testa (nastavitve, rezultate), saj bodo ti podatki izhodišče za vsa nadaljnja testiranja.

Testiranje naj zajema naslednje korake:

- vizualna inspekcija sonde
- vizualna inspekcija mehaničnih delov, filtra, kablov in kontaktov
- ocena kakovosti dokumentacijskih posnetkov
- testiranje s fantomom
- dokumentacija

Preverjanje kakovosti slikovne dokumentacije (posnetkov, narejenih s termalnim tiskalnikom, z lasersko kamero, itd.) je zelo pomembno, saj so posnetki slikovni dokument opravljene preiskave. Posnetek mora vedno reproducirati vse značilnosti ultrazvočne slike na ekranu.

Za oceno kakovosti posnetka je najboljša slika objekta z enakomernimi (homogenimi) odboji (npr. dela jeter ali vranice pri bolniku, posnetek vmesne substance fantoma itd.). Posnetek priložimo dokumentaciji, zabeležimo nastavitve na slikovni enoti (kontrast, svetloba), pa tudi podatke o uporabljenem slikovnem materialu (tip in proizvajalec termalnega papirja, filma itd.). Pri laserskih tiskalnikih moramo biti pozorni tudi na delovanje procesorja (temperatura, kemikalije, denzitometrija).

S fantomom preverjamo (testiramo) nekatere specifične parametre, ki neposredno zadevajo kakovost slike. To so:

1. enakomernost slike
2. največja globina vizualizacije (senzitivnost)
3. ocena mrtve zone in ločljivosti v bližnjem območju
4. ocena oblike ultrazvočnega snopa

5. natančnost aksialne (vertikalne) meritve distance
6. natančnost lateralne (horizontalne) meritve distance
7. aksialna ločljivost
8. lateralna ločljivost
9. detekcija cističnih lezij
10. detekcija reflektivnih (solidnih, hipereho-genih) lezij

### Enakomernost slike

Kadar so ultrazvočne značilnosti opazovane strukture enakomerne (npr. homogeno tkivo ali snov), morajo biti takšni tudi odboji, ki jih vidimo na sliki. Neenakomernost odbojev pri insonaciji homogene strukture nakazuje na okvaro posameznih elementov v sondi ali okvaro elektronskih komponent aparature. Če je objekt homogen, strukturno enakomeren, v sliki ne sme biti neenakomernosti odbojev.

### Največja globina vizualizacije (senzitivnost)

To je največja globina, v kateri aparatura še zaznava dejanske odboje v objektu (in jih še loči od ozadja elektronskega šuma).

Ultrazvočni pulz, ki ga odda sonda, na poti skozi tkiva slabi oz. izgublja energijo (atenuacija). Enako se godi tudi odbojem na povratku proti sondi. Voltaža signala se tako z globino manjša. To skušamo kompenzirati z elektronskim ojačanjem signala: z večanjem globine (in večanjem časovnega intervala med emisijo in sprejemanjem signala) se povečuje tudi to elektronsko ojačanje. Tovrstno ojačanje je na večini aparaturno imenovano TGC (Time Gain Compensation). V elektroniki, namenjeni sprejemu odbojev, (sprejemnik) pa se pojavljajo časovno pogojena nihanja voltaže, tudi kadar sprejemnik ne prejema odbojev - to je vidno na ekranu kot "elektronski šum". Bolj ko ojačujemo odboje iz večjih glo-

bin, večji je ta šum. Pri določeni globini pa postane elektronski šum močnejši od dejanskih odbojev v tej globini in jih v celoti prekrije - aparatura teh odbojev ni več sposobna ločiti oz. prikazati.

Največja globina vizualizacije je tako tista globina, v kateri še lahko nedvomno razločimo odboje prisotnih struktur od šuma na monitorju. Z naraščajočo frekvenco sonde se največja globina vizualizacije manjša.

### Ločljivost v bližnjem območju, meritev mrtve zone

Neposredno pod površino sonde je prisotno območje, kjer sonda ne more zaznati odbojev, saj je čas potovanja signala v tem bližnjem območju tako kratek, da sta emisija in sprejem skoraj istočasna - elementi v sondi pa niso sposobni hkrati oddajati in sprejemati signalov. Širina te zone je manjša pri višjih frekvencah, odvisna pa je tudi od dolžine trajanja posameznih pulzov.

Iz istih razlogov je kakovost slike v bližnjem območju običajno dokaj slaba. Visoko kakovost slike v tem območju dosegajo le najboljše aparature - ločljivost v bližnjem območju je torej merilo kakovosti aparature (npr. dobra ločljivost kože in podkožja pri preiskavi dojke). Pri slabših aparaturnih je za kvaliteten prikaz bližnjega območja potrebna distančna blazinica.

### Ocena oblike ultrazvočnega snopa

Oblika snopa vpliva na lateralno ločljivost, na natančnost horizontalne meritve distance in na sposobnost detekcije cističnih lezij. Debelejši snop ima za posledico slabšo ločljivost. Pri multifokalni sondi je vpliv oblike snopa na te kategorije v precejšnji meri zmanjšan.

## Natančnost meritev razdalje

Nenatančnost (napaka) pri merjenju razdalje ima lahko klinično pomembne posledice. To velja tako za meritve večjih distanc (npr. napačna meritev biparietalnega premera vodi v napačno oceno gestacijske starosti ploda) kot tudi za manjše distance (npr. napačna meritev premera glavnega žolčnega voda). Poznati moramo natančnost meritve razdalje na aparaturi, ki jo uporabljamo; z občasnimi preverjanji natančnosti odkrivamo morebitno večanje napake. Preverjamo natančnost meritve posebej za vertikalno (aksialno) in za horizontalno (lateralno) distanco. Večje napake pri merjenju distance lahko opozarjajo tudi na možnost okvare sonde, elektronike ali napake v procesiranju signala.

## Ločljivost

Ločimo *prostorsko ločljivost* in *kontrastno ločljivost*.

*Prostorska ločljivost*: je zmožnost aparature, da prikaže dva bližnja reflektorja kot dve ločeni točki:

- lateralna ločljivost: točki se nahajata horizontalno ena ob drugi
- aksialna ločljivost: točki se nahajata vzdolž osi ultrazvočnega snopa (navpično ena nad drugo).

Prostorsko ločljivost lahko ocenjujemo tudi s pomočjo ene same točke: dimenzije slike te točke na ekranu so merilo ločljivosti. Večje kot so dimenzije te slike, slabša je ločljivost. Za oceno lateralne ločljivosti izmerimo lateralne dimenzije točke, za oceno aksialne ločljivosti pa vertikalne dimenzije točke.

*Kontrastna ločljivost*: je odločilni dejavnik, ki vpliva na kakovost slike. Ocena kontrastne ločljivosti aparature je zelo pomembna, saj mnoge patološke procese odkrivamo in jih lahko diagnostično opredelimo samo zato, ker je njihova odbojnost drugačna od odboj-

nosti okolice, v kateri se nahajajo. Zelo pomemben je tudi natančen prikaz razmejitve oz. konture lezije - le-to bolje prikažemo z aparaturu z višjo splošno ločljivostjo.

Kontrastna ločljivost ima torej neposredno vlogo pri detekciji in opredelitvi patoloških procesov (npr. pri slabi ločljivosti cista ne bo povsem anehogena, njene konture ne bodo ostre, itd.).

Testiramo jo s pomočjo fantoma, ki kot tarče vsebuje sferične strukture, ki simulirajo okrogle fokalne lezije. Te tarče so različnih velikosti in se nahajajo v različnih globinah, njihova odbojnost pa je nekoliko nižja ali višja v odnosu do odbojnosti okolice.

Zmožnost detekcije takšnih lezij je odvisna od globine, v kateri se nahaja lezija, od njene ehogenosti v odnosu do okolice, v precejšnji meri pa tudi od lateralne in aksialne ločljivosti aparature. Pri določeni globini in določeni ehogenosti lezije obstaja najmanjši premer lezije, ki jo je aparatura še sposobna zaznati.

Cistična tarča naj bo na sliki povsem anehogena in s čim ostrejšo razmejitvijo (tudi sobodne aparature v cistah pogosto prikažejo notranje odboje, kontura pa je pogosto neostra; cista je na sliki tudi nekoliko manjša, kot je v resnici).

Sposobnost aparature, da zazna majhno, globoko ležečo nizko reflektivno okroglo lezijo v fantomu, kaže na višjo splošno ločljivost aparature, kar korelira s sposobnostjo boljše detekcije in razmejitve lezij tudi in vivo (tudi večjih). Testiranje ločljivosti nizkoreflektivnih fokalnih lezij se izmed vseh testov še najbolj približuje delu z aparatom v klinični praksi.

## Ultrazvočni fantomi za preverjanje kakovosti

Obstajata dve osnovni vrsti fantoma: fantom z vlakni in s cilindri ter fantom s fokalnimi lezijami. Načina testiranja z enim in drugim fantomom se med sabo nekoliko razlikujeta, vendar sta oba enako uporabna. Ko se odločimo za enega izmed njiju, ga nato uporabljamo

za vsa testiranja. Obstaja mnogo vrst komercialno dostopnih fantomov. Antropomorfnih fantomi in fantomi za usposabljanje (npr. za punkcije) niso primerni za osnovno testiranje kakovosti aparature.

Splošne zahteve, ki jih mora izpolnjevati fantom za testiranje kakovosti so naslednje:

- osnovne fizikalne lastnosti snovi v fantomu morajo zelo natančno oponašati lastnosti telesa (hitrost ultrazvoka 1540 m/s, nagib krivulje koeficienta absorpcije 0,5-0,7 dB/cm/MHz itd.)
- odbojnost osnovnega materiala naj ustreza odbojnosti jeter
- položaj, medsebojna razdalja in velikost objektov v fantomu morajo biti čim natančneje določeni, prav tako tudi razlike v odbojnosti fokalnih lezij (v dB).

*Fantom z vlakni in s cilindri:* v osnovni substanci so tanke najlonske nitke (ki jih na prerezu vidimo kot drobne ehogene točke) in cilindri (na prerezu okrogle anehogene in ehogene fokalne lezije različnih dimenzij; dbojnost fokalnih lezij se razlikuje od odbojnosti okolice za 15 dB).

*Fantom s fokalnimi lezijami:* v osnovni substanci so kroglaste fokalne lezije premera 3 mm in 5 mm. Razporejene so v različnih globinah, njihova odbojnost pa je za 15 dB nižja od odbojnosti osnovne substance fantoma.

Rezultate testiranja na fantomu obvezno dokumentiramo s slikanjem; posnetke opremimo z besedilom in jih priložimo dokumentaciji.

## Zaključek

Tako kot pri drugih slikovnih tehnologijah je tudi v ultrazvočni diagnostiki napor, ki ga vložimo v izvajanje programa za zagotavljanje kakovosti poplačan z optimalnim delovanjem aparature, obenem pa pravočasno odkrivamo morebitne pomanjkljivosti, ki lahko vodijo v diagnostične probleme. Izvajanje programa časovno ni obremenjujoče. Edini strošek je ultrazvočni fantom, ki pa nam bo služil dolga leta in ga lahko uporabljamo za testiranje vseh ultrazvočnih aparaturn. Z nekaj izkušnjami izvajanje programa ne bo predstavljalo posebne dodatne obremenitve osebja in naj postane rutinsko opravilo v sklopu dejavnosti vsake ultrazvočne diagnostične enote.

## Literatura

- Kremkau FW. *Diagnostic ultrasound, principles and instrumentation*. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 1993.
- AIUM Technical Standards Committee. *AIUM Quality assurance manual for gray-scale ultrasound scanners, Stage 2*. American Institute of Ultrasound in Medicine; 1995.
- Heywang-Kobrunner SH, Schreer I, Dershaw DD. *Diagnostic breast imaging*. Stuttgart, New York: Thieme; 1997.
- CIRS. *A strategy for ultrasound quality assurance*. CD ROM. Computerized Imaging Reference Systems, Inc.; 1997.