

RADIOLÓGIAI KÖZLEMÉNYEK

◆ 35. ÉVFOLYAM
(SUPPL.1) 1999 ◆

HU-ISSN 0133-2791

ORSZÁGOS RÖNTGEN ÉS SUGÁRFIZIKAI INTÉZET *évkönyve*

**V. Hungarian Medical Physics
Conference & Workshop
Kecskemét,
October 29–31, 1998**

Supported by
the National Committee for Technological Development (Hungary)
&
the Clinical Science Foundation (London)



RADIOLÓGIAI KÖZLEMÉNYEK

Főszerkesztő:
VITTAY PÁL

Szerkesztők:
BOHÁR LÁSZLÓ
DULISKOVICH TIBOR
NÉMETH ZSUZSANNA

Szerkesztő Bizottság:
ÁDÁM GÉZA
BARANYAI TIBOR
MÓZSA SZABOLCS
PASTINSZKY ISTVÁN
PORUBSZKY TAMÁS
ZARÁND PÁL

A kiadásért felel:

DR. VITTAY PÁL
egyetemi tanár, az ORSI főigazgató főorvosa

Lapnyilvántartási szám: B/SZI/2510/1995.

Nyomdai szövegelőállítás és oldaszerkesztés: a Szerkesztő által.

IMPRESSZUM:



Nyomtatás: Radó Nyomda Kiadó és Szolgáltató Kft.
3300 Eger, Balassa Bálint utca 30. E-mail: radonyom@mail.agria.hu
%/üzenetr.: 36/ 427-084, 36/ 314-084, üz./telefax: 36/ 428-084, ügyv.: R. Borsics Mária, Radó István.

Minőségellenőrzés az ultrahang diagnosztikában¹

Duliskovich Tibor

ORSZÁGOS RÖNTGEN ÉS SUGÁRFIZIKAI INTÉZET
1047 BUDAPEST, BAROSS U. 105-107.

BEVEZETÉS

A jó minőségellenőrző program tervezett és rendszeres műveletek sorozatából áll, melyek segítségével a felhasználó meggyőződhet arról, hogy a készüléke következetesen jó képminőséget és pontos mérés adatokat nyújt. Ezért a rendszeres ellenőrzés minden ultrahang felhasználó érdeke. A minőségbiztosító intézkedések gyakorisága a felhasználó igényeihez és a klinikai gyakorlathoz igazodhat. Az időszakos ellenőrzés alapvetően fontos a készülék normális előregedéséből származó képminőség-romlás kiszűréséhez. Rendszeres ellenőrzéssel csökkenthető a vizsgálati idő, a vizsgálat ismétlések száma és a karbantartásra fordított idő. A legfontosabb célkitűzés azonban a diagnosztikus munka magas színvonalának biztosítása.

Hogy mennyire indokolt az ellenőrző tevékenység a mindennapi gyakorlatban, jól példázza a S. Simbi, P. Williams és M. Docker által Angliában végzett többéves felmérése, mely 38 ultrahang készülékre és 98 vizsgálófejre terjedt ki. Az összesen 87 készülék és 229 transducer bevizsgálás alkalmával 22 esetben találtak készülék és 124 esetben vizsgálófej képminőség romlást okozó meghibásodást, mely hibák megoszlása a következő volt:

Holttér növekedése:	1	B-Mode kép uniformitás:	9
Behatoló képesség:	27	Egyéb fizikai sérülés:	7
Távolság mérés pontossága:	24	Dinamika tartomány:	4
Laterális felbontás romlása:	22	Elektromos interferencia:	4
Hibás elemek a transducerben:	15		
Összesen:			146

Még megdöbbentőbb azonban, hogy a felhasználók csak a hirtelen bekövetkező képminőség romlást veszik észre, többnyire azonban „megszokják” a fokozatosan romló képminőséget és jóhiszeműen vizsgálják beteget akkor is, amikor az már elfogadhatatlan.

Csak sejteni lehet hogy a Magyarországon működő közel 1100 diagnosztikus ultrahang készülék és több ezer transducer (melyek 36%-a 10 évnél öregebb) meghibásodásai miatt évente hány száz beteg vizsgálata lesz elégtelen vagy vezet hibás következtetéshez, ennek minden terápiás következményével.

¹ A cikk teljes terjedelemben letölthető: http://socrad.dote.hu/gepkoesz/UH&QA/uh_qa&c.html
E-mail: duliskov@mail.digitel2002.hu, Honlap: <http://socrad.dote.hu/dt.htm>

MÓDSZER

Tudomásom szerint az ultrahang készülékek minőségellenőrzése Magyarországon nincs törvényileg szabályozva. Nem találtam az elvégzendő tesztek típusára és a gyakoriságukra vonatkozó, továbbá a mért paraméterek megengedett vagy javasolt tűréshatáraitra vonatkozó előírásokat. A jelen tanulmányban az ORSI ATS-539 fantom és ATS-700 áramlás fantom Használati Utasításában, a GE Logiq 400-as és Siemens Elegra ultrahang készülék Használati Utasításában leírtakra, különböző külföldi ajánlásokra és az interneten talált adatokra támaszkodva ismertetem az ORSI-ban kialakult mérés gyakorlatot.

Mérési körülmények és praktikus tanácsok

A teszt képeket döntően közvetlenül az UH készülék saját monitorán értékeljük. Mielőtt nekilátnánk a teszteknek állítsuk be az UH készülék monitorának fényerejét és kontrasztját (a korszerű gépek beépített tesztábra generátorokkal rendelkeznek) úgy, hogy a teljes szürke skála normálisan látszódjék. Szüntessünk meg mindennemű tükröződést a képernyőn (pl. fordítsuk a gépet háttal az ablakhoz, kapcsoljuk ki a nézőszekrényt) és szükség szerint tompítsuk a helyiség megvilágítását.

Ezt követően állítsuk be a felvételi eszközöket (fekete-fehér és színes video nyomtatókat, video magnót, mikrofont, lézer kamerát), ellenőrizzük, hogy megfelelő másolatot készítenek-e a képernyőről. Győződjünk meg arról, hogy amit a képernyőn látunk az rögzítve is legyen, mivel többnyire így dokumentáljuk az eredményeket.

Állítsuk a TGC (Time Gain Correction = mélységi erősítés kompenzáció) potenciómétereket középső (fix) helyzetbe. Kapcsoljuk be az összes rendelkezésre álló fókusz mélységet és mozgassuk a fókusz pontot(kat) a vizsgálni kívánt terület közepére a legjobb képminőség eléréséhez.

Állítsuk a dinamika tartomány értékét 55 dB-re, ami kb. egy hasi ultrahang vizsgálat szürke skálájának felel meg. Ellenőrizzük és jegyezzük fel a fantom hőmérsékletét, mivel a hangterjedés sebessége ettől is függ kis mértékben.

A kereskedelmi forgalomban kapható fantomok saját leírással rendelkeznek. Minőségellenőrzést megelőzően behatóan meg kell ismerkedni a fantom használatával.

Mivel a tesztek egy része időigényes és rendkívül érzékeny a pontos és konstans vizsgálófej pozicionálásra, ezért javasolt a transducer akár házilag barkácsolt flexibilis szerkezetbe rögzíteni, ahogyan ezt az ORSI-ban is tesszük:

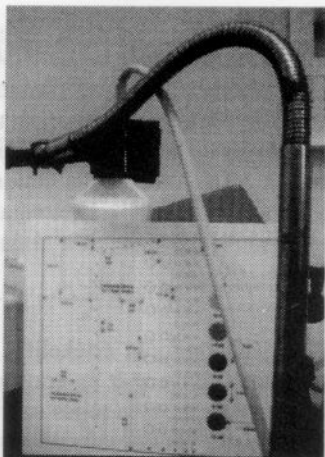
Ha a fantom kialakítása lehetővé teszi, ne használjunk zselés hangvezető közvetítő közeget, az ivóvíz jobban buborékmentesíthető, homogénebb és jobb kontaktust biztosít.

Alapállapot

A minőségellenőrzés célja kideríteni, hogy vajon a készülék nap mint nap azonos teljesítményt nyújt-e. A minőségellenőrző program abszolút nélkülözhetetlen részét képezi minden teszt illetve ellenőrzés kiinduló állapotának rögzítése. A készülék üzembehelyezése alkalmával ajánlatos rögzíteni az alapállapotot egy teljeskörű tesztorozat keretén belül, egy olyan fantom segítségével, mely várható élettartama legalább ugyan olyan hosszú, mint a követni kívánt ultrahang készüléké. Transducer csere vagy nagyobb javításokat követően újabb kiinduló állapot rögzítése válik szükségessé.

Az alapállapotot a készülék paramétereinek a gyárilag megadott alapértékekre való hangolásával érhetjük el vagy a lehető legjobb képminőség beállításával. A megjegyzendő kulcsszó a reprodukálhatóság. Az adatok használhatóságának érdekében a rendszeres ellenőrzéseket azonos körülmények közt kell elvégezni.

Minden, a képernyőn nem látható, paraméter értékét rögzíteni kell jegyzőkönyvbe! Sajnos tapasztalataink szerint sok készüléken nem lehet leolvasni minden, a mérések szempontjából lényegbevágó, paramétert, így az eredmények reprodukálhatósága is kérdésessé válik.



1. ábra: ATS-539 B-kép fantom és asztali lámpa gégecsővére szerelt fogóba szorított transducer.



2. ábra: Az ultrahang labor egyik sarka ultrahang készülék tesztelés közben.

Tesztelés gyakorisága

Az alapfelmérést követő tesztelés gyakorisága a készülék igénybevételeitől és a használatos üzemmódoktól függ. Lehetőleg mindig ugyan azzal a fantommal történjék. Az alapbeállítások ismerete és helyreállítása nélkül az aktuális állapot rögzítése hibás lehet, ami hamis következtetéseket eredményezhet.

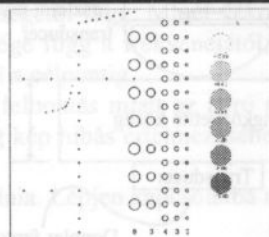
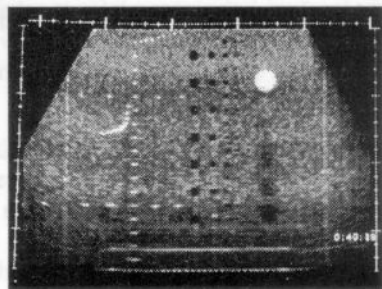
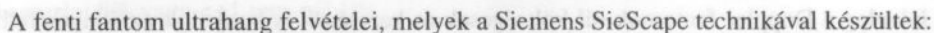
Javasolt a minőségellenőrzés lefolytatása legalább három havonta vagy maximum 400 vizsgálatot követően. A képminőség kérdéssé válása esetén a tesztek soron kívül azonnal is végrehajtandók. A képminőséget azonnal ellenőrizni kell szervizt igénylő leállások, a rendszer frissítése vagy módosítása, leejtett transducer, hálózati ingadozások, stb. esetén. Mobil egység sűrűbb ellenőrzést igényelhet. Kétségtelenül nem szükséges az összes teszt elvégzése minden egyes transducerrel. A leggyakrabban használt vizsgálófejjel történő bevizsgálás megfelelően reprezentálja a készülék teljesítményét és elegendő a változások elbírálásához.

A követés eredményeként a készülék pillanatnyi állapota összevethető a korábban rögzített alapállapottal és így felmérhető a készülék állapot változásainak iránya.

Ha lényeges különbséget találunk az aktuális eredmény és az alapállapot között, előbb meg kell ismételni a vizsgálatot és csak akkor szabad intézkedéseket fogantatni (pl. értesítjük a szervizt, ideiglenesen kivonjuk a készüléket a diagnosztikus munkából, stb.), ha továbbra is tapasztaljuk a képminőségromlást. Természetesen ha javítást vagy transducer cserét követően javul a képminőség, akkor az új állapot rögzítésén túl nincs más teendők.

ULTRAHANG FANTOMOK

Általában a fantomok az emberi testszövetek akusztikus tulajdonságait utánozó anyagokból készülnek. A diagnosztikus tartományú ultrahang frekvencia 1-20 MHz között van, az energia sűrűség $0.1-1000 \text{ mW/cm}^2$, a hanghullám terjedése által okozott szöveti elmozdulás 5-50 nm, a nyomás amplitúdója kb. 20 kPa. Az UH készülékek 23°C -ra és 1.540 m/s hangterjedési sebességre vannak kalibrálva. A fantomok anyagában (sajátunk gumiból van) a hangterjedés sebessége ettől eltérhet (pl. 1450 m/sec), de ebben az esetben a céltárgyak méretét és egymástól való távolságát ennek megfelelően korrigálják (példánkban

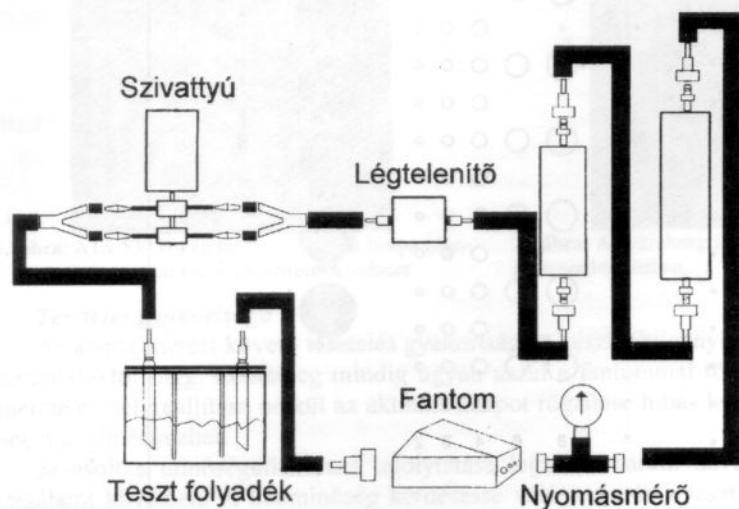


4. ábra: 3.5 MHz konvex transducer, kiváló penetrációval. A fantom fizikai határain túl hanghullám tükröződésből származó tipikus műtermék.

0.94 faktorral). Az alapanyag hangcsillapítása megegyezik az emberi májszövetével: 0.5 dB/cm/MHz. Ismert összetételű echoszegény és echodús képletek kerülnek fizikailag elhelyezésre a B-kép fantomokba ismert távolságokra és az ellenőrzés során a mért, a látott és a valódi paramétereket hasonlítottuk össze. Az ORSI-ban használt ATS-539 B-kép fantom nylon fonalak

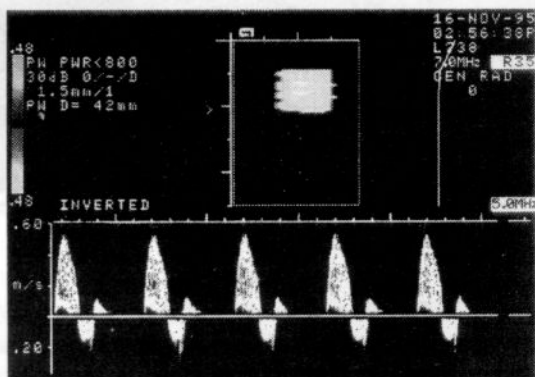
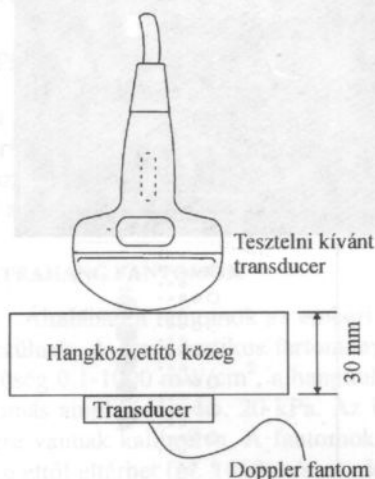
átmérője 0.12 mm, pozicionálási pontosságuk ± 0.1 mm, a fantom mind a négy oldala felől szkennelhető, azaz a céltárgyak különböző mélységekben vizsgálhatók.

A Doppler fantom sémás felépítése az 5. ábrán látható. A motorosan keringtetett folyadék echogenitása és viszkozitása megegyezik a vér tulajdonságaival. A szabályozható fordulatszámú (6-600 fordulat = 20-950 ml percnként) motor segítségével bármilyen áramlási sebesség előállítható $\pm 2\%$ pontossággal.



5. ábra: Az ATS- fantom sémás felépítése. A fantom különböző átmérőjű csöveket tartalmaz, melyek két irányból különböző látószögből és különböző mélységekben ábrázolhatók.

Jelenleg a Doppler fantomok túl költségesek és kezelésük is bonyolult az átlagos felhasználó szintjén, tehát nem várható el a kórház részéről, hogy ilyenekkel rendelkezzen. Ha bármilyen Dopplerrel kapcsolatos problémát észlel kérjen segítséget az ultrahang készülék szervizétől.



6. ábra: Kísérleti Doppler fantom, melyben az ultrahang echók mesterséges számítógép-vezérelt előállításával többfajta pontosan reprodukálható teszt kivitelezhető (lásd Irodalomjegyzék).

Az ultrahang kontrasztanyagok klinikai bevezetése előrevetíti azt az igényt, hogy ezek echónövelő hatását valamilyen formában számszerűsíteni, mérni és összehasonlítani tudni kell. Jelenleg egyik általam ismert Doppler fantom sem alkalmas erre a feladatra, vagy felépítésénél, vagy a tesztfolyadék-kontrasztanyag kémiai-fizikai kölcsönhatásai miatt.

VÉGREHAJTANDÓ ALAPTESZTEK

A következő minőségellenőrző tesztek végzését javasoljuk. A tesztek rövid leírását, előnyeiket és a végrehajtás mikéntjét ismertetjük a továbbiakban. Az ábrák összeállításánál az ultrahang felvételek könnyebb értékelhetősége érdekében az ábrázolt fantom részletet is mellé tettem azonos nagyítással.

Nem tudjuk eléggé kihangsúlyozni a vizsgálati paraméterek következetes rögzítésének fontosságát. A körülmények reprodukálhatósága a minőségbiztosítás kulcskérdése. A mérés-technika általános szabályait terjedelmi okoknál fogva nincs módunk ismertetni.

Holttér vagy a transducer lecsengése

A fantom felszínétől az első látható képletekig mért távolság. A képkötés során a transducert igen gyorsan adásról-vételre kell tudni kapcsolni, ennek az időigényét mérjük a holttér vizsgálatával (lásd 3. ábrát). 1 cm-nél nagyobb holttér nem megengedett, ekkor pl. a felületesen lefutó érképletek már nem ábrázolhatók.

Axiális és laterális távolságmérés pontossága

A távolság ismerete sarkalatos pontja a diagnosztikának és a terápiának egyaránt, gondoljunk pl. arra, hogy minden elváltozást méreteivel jellemezzük, majd a kontroll vizsgálatok során a méretbeli változásokból következtetünk a terápiánk hatékonyságára. Más esetekben ultrahangvezérelve biopsziát végzünk, amikor a távolságok pontos ismerete nélkül nem kerülhetők ki az életfontosságú szervek és nem biztosítható a korrekt mintavétel a céltérfogatóból.

Az axiális távolságmérés során a hanghullám terjedésének irányába mérünk távolságot az egymástól függőlegesen ismert távolságra elhelyezett céltárgyak közt. Az axiális távolságot közel, közép, távöltérben és ZOOM ablakban is megmérjük Freeze kimerevített felvételeken. A függőleges távolság mérés megengedett maximális eltérése a tényleges távolságtól - 1.5% (más forrás szerint 5% vagy ± 1 mm-nél !!!).

A laterális távolságot a fentiekkel megegyező módon vízszintesen mérjük a hanghullám terjedésének irányára merőlegesen. Hibát jelent ha a vízszintes távolság mérések 3 mm-nél vagy 3%-nál (amelyik nagyobb) jobban térnek el a tényleges távolságoktól az adott mélységben (másként 5% vagy 50 mm mélységben 2 mm-nél kisebb eltérés még elfogadható, ez kb.4%).

Axiális és laterális felbontás

Az axiális (vagy laterális) felbontás az a két echó dús képlet közötti minimális távolság a hangnyaláb terjedésének irányában (illetve arra merőlegesen), amikor ezekről még két különálló echót kapunk. Ez az érték a fonalak keresztmetszetének magasságának (illetve szélességének) mérésével is ellenőrizhető.

Az axiális felbontás a készülék és a transducer hanghullámkeltő rendszerétől függ. A laterális felbontás a transducer által létrehozott hangnyaláb szélességétől függ. Minél vékonyabb a nyaláb, annál jobb a laterális felbontás. A hangnyaláb szélessége függ a frekvenciától, a fókuszálás mechanizmusától és a távolságtól a transducer felszínétől a célpontig.

A klinikai gyakorlatban a rossz axiális vagy/és laterális felbontás miatt az apró szorosan egymás mellett fekvő képletek egybeolvadnak. Ez az ultrahang kép hibás értelmezéséhez vezethet.

Az axiális felbontásnak időben állandó értéken kell maradnia. Lépjen kapcsolatba a szerviz szakembereivel amennyiben bármilyen változást észlel.

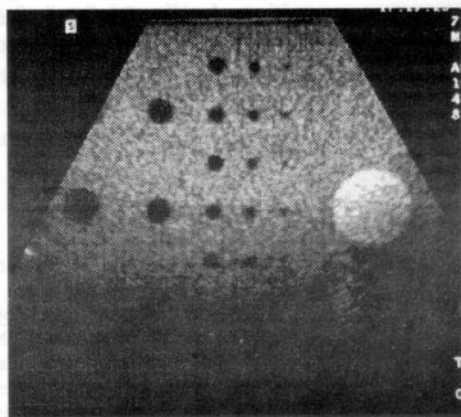
A laterális felbontásnak (azaz a céltárgyak szélességének) időben relatíve állandó értéken kell maradnia (± 1 mm). Ha pontszerű céltárgyak szélessége 2-3 egymás utáni tesztben következetesen jelentősen megváltozott méretében, az hangnyaláb formálási hibát jelezhet.

veszít érzékenységéből a felhasználó első reakciója az erősítés fokozása, ami miatt növekszik a holtter és az egyébként elkülönülő apró képletek egybeolvadnak a képernyőn.

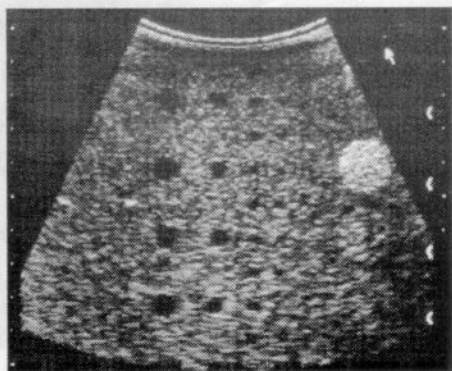
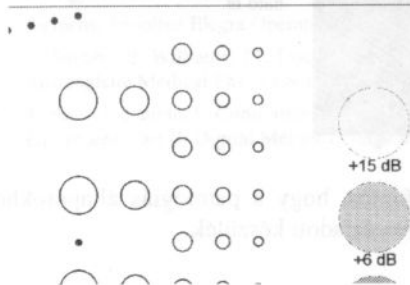
Lépjen kapcsolatba a szerviz szakembereivel amennyiben a penetráció mélysége több mint egy centiméterrel csökkent azonos transducer és rendszer beállításkor.

Funkcionális felbontás

A funkcionális felbontás a készülék képessége az echószegény (és nem az echó-dús) képletek méretének, formájának és mélységének detektálására és megjelenítésére. A kapott adatok mutatják azt a legkisebb képletet, amit a készülék még meg tud különböztetni az adott mélységben.



11. ábra: Az alacsony echogenitású képletek a penetráció megfelelően végig jól elkülöníthetők, belsejük echómentes.



12. ábra: Az kis átmérőjű echószegény képletek alig vehetők ki még a közeli térben is a kép nagy zajtartalma miatt.

A lehető legjobb kép elérése valamivel kevésbé fontos, mint a következetes reprodukálhatóság és időbeli állandóság. Az azonos körülmények közt végrehajtott rendszeres teszteknek azonos eredményeket kell produkálniuk. Szekkenelje végig a fantomot a függőleges echószegény cystosus képletek mentén a használatos transducer típusos mélységében. Vizsgálja meg a tiszták alakját (kerek), határaik jól kivehetőségét, és belső echómentességüket különböző mélységekben. Ne feledje, hogy a TGC potenciómétereknek változatlanul középpályaiban kell lenniük. Ez nem biztosítja szükségszerűen a cystosus képletek megfigyelésének optimális beállításait. Lépjen kapcsolatba a szerviz szakembereivel amennyiben jelentősen eltorzított képet lát.

Kontraszt felbontás

A kontraszt felbontás a készülék képessége a képletek formájának és echó-dús struktúrájának detektálására és megjelenítésére. A korrekt diagnózis alapfeltétele a készülék képessége különbséget tenni a cystosus és solid képletek és a környezetükben látható normális szövet echóstruktúrái között (lásd 4. ábrát).

Vizsgálja meg az echó-dús képletek egymás közötti kontrasztját és a környező anyagtól való elkülöníthetőségüket. Ne feledje - a TGC potenciómétereknek változatlanul középpályaiban

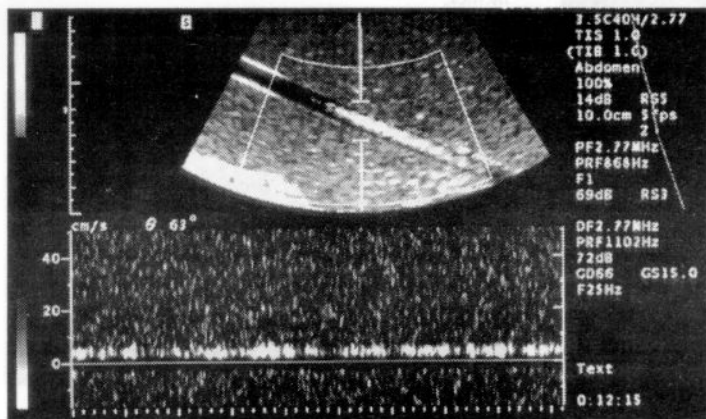
kell lenniük. Ez nem biztosítja az optimális képminőséget. Lépjen kapcsolatba a szerviz szakembereivel amennyiben az echó-dús képletek formája illetve struktúrája megváltozott.

Fekete-fehér skála leképezése

A videó nyomtató helytelen beállítása miatt a kinyomtatott képen láthatatlanná válhatnak az alacsony vagy nagy amplitúdójú echók, esetleg az echók közti különbségek. Állítsa be a nyomtatót a gyártó utasításainak megfelelően, ameddig a kinyomtatott kép kontrasztossága nem egyezik meg teljes mértékben a monitoron látható képével.

Minimálisan detektálható áramlási sebesség különböző mélységekben és látószögekben

Az ultrahang készülék Doppler érzékenységét minősítő teszt. A tágult vénákban csak igen érzékeny készülékkel lehet áramlást kimutatni. A tesztek tanulsága a szerint a Doppler elven működő, de újfajta adatfeldolgozást megvalósító Power Doppler technika jóval érzékenyebb a hagyományos CFM (Color Flow Mapping) technikánál, öröndetes hogy megjelent egy új irányérzékeny változata, melyet egyre több készülékhez alaptartozékként kínálnak.



13. ábra: Igen lassú (5 cm/s körüli) áramlás. A fenti B-képen a mintavételi kapu korrekt pozíciója és az áramlás kielégítő CFM színekódolása látható. Az alsó gördítő sávbán az áramlási sebesség az idő függvényében olvasható le.

Mérhető maximális áramlási sebesség

Kardiológiai ultrahang vizsgálatoknál különösen fontos, hogy a patológiás állapotokhoz társuló nagy áramlási sebességek mérésére alkalmas legyen az adott készülék.

Turbulencia detektálás érzékenysége

A saját fantomunkban a cső átmérője és a folyadék viszkozitása ismeretében könnyen kiszámítható az áramlási sebesség, melynél turbulencia kezd kialakulni. Az ultrahang készülékek ezt eltérő színekódolással jelzik. Jegyezzük fel milyen sebességnél jelenik meg a képen a turbulens áramlás színfoltja és hasonlítsuk össze a számított értékkel.

EREDMÉNYEK RÖGZÍTÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE

A standardizáció hiánya a teszt fantomok között, az értékek elfogadásának túl széles skálája és a teljesítményt döntően befolyásoló paraméterek hiányos ismerete megakadályozzák ezen minőségellenőrző tesztek abszolút kritériumainak felállítását.

A minőségellenőrzés eredményeit mindig össze kell hasonlítani a korábban rögzített állapottal. A változások iránya így érzékelhetővé válik. Az elfogadhatatlan képminőségromlást és a teljesítmény csökkenést még a készülék meghibásodása és a hibás diagnózisok megszületése előtt észre kell venni.

A felhasználó döntésétől függ hogy az alapállapot és a rendszeres ellenőrzések eredményét milyen formában kívánja rögzíteni. Legtöbbször a jegyzőkönyv készítés a megfelelő választás.

Nagyon fontos jól és következetesen kitölteni a jegyzeteket a későbbi ellenőrzés számára és a készülék teljesítmény csökkenésének detektálásához.

A jegyzőkönyv készítő rendszer felállításánál a következőkre lesz szükségünk: iratrendező, fotóalbum betélapokra, hajlékony mágnes lemezekre, üres minőségellenőrző adatlapokra.

A minőségellenőrzés során a következő információk rögzítése történjek meg: időpont, helyszín, UH alapkészülék adatai, vizsgáló személy adatai, fantom típusa, hőmérséklet, kimenő akusztikus teljesítmény, erősítés, képmélység, transducer, dinamika tartomány, fókusz pontok száma és mélysége, gamma görbe jellemzői, minden képalakító paraméter, monitor beállítások.

Minden transducerhez töltsön ki egy mérési adatlapot.

Remélem e rövid áttekintéssel sikerült újabb híveket toboroznom a minőségbiztosítás nevű közös ügyünk mellé. A rövid távon körülményesnek tűnő intézkedések, hosszú távon a készülék megbízhatóbb működését, a diagnosztika magasabb színvonalát eredményezik és végső soron a beteg és orvosa érdekeit szolgálják.

IRODALOM

25. ATS Laboratories: Clinical Quality Assurance Phantoms. Multipurpose Phantom Model 539.
26. ATS Laboratories: Doppler Flow Controller and Pumping System. Model 700.
27. Gammex: Quality Control in Ultrasound. 1995. ULTRA-95 US30-1.
28. GE Medical Systems: Logiq 400 Ultrasound Scanner Operating Manual. 1998.
29. IEC Committee draft for vote 87/151/CDV: Ultrasonic- Pulsed Doppler diagnostic systems - Test procedures to determine performance.
30. IPSM Report N°71: Routine QA of Ultrasound Systems.
31. S.F. Li et al: An acoustic injection test object for Color Flow Imaging systems. Ultrasound in medicine and biology. Elsevier. 1998, Volume 24, Number 1.
32. Siemens: Sonoline Elegra Operating Manual. 1998.
33. S. Saimbi, P. Williams, M. Docker: Experience of routine ultrasound quality assurance in the West Midlands. Birmingham Medical Physics Service. RRPPS.
34. Technical Standard Committee: Methods for Measuring Performance of Pulse-Echo Ultrasound Imaging Equipment, Part II: Digital Methods, Stage I.