

A Haynal Imre Egészségtudományi Egyetem Szemészeti¹ (igazgató: Hatvani István egyetemi tanár) és Radiológiai³ Klinika (igazgató: Berentey Ernő egyetemi tanár); Országos Röntgen és Sugárfizikai Intézet² (igazgató: Vittay Pál egyetemi tanár) közleménye

Első tapasztalataink a háromdimenziós ultrahang-képalkotás szemészeti alkalmazásával

Vogt G.¹, Duliskovich T.², Jakab Zsuzsa³, Hatvani I.¹

A szerzők a háromdimenziós (3D) képalkotás nyújtotta új lehetőségekről számolnak be a szemészeti ultrahang (UH) diagnosztikában szerzett tapasztalataik alapján. Az új vizsgáló módszerrel a szem három különböző síkú metszetét egyidejűleg jeleníthették meg. Nem csak az UH-nyaláb terjedési irányára merőleges harmadik sík, hanem térhatású 3D képek elemzését is elvégezték, amire a hagyományos UH-készülékekkel nincs lehetőség. 3D ultrahanggal (Combison 530, Kretztechnik) 18 szem vizsgálatát végezték el. Az új képalkotó módszer technikai vonatkozásait, előnyeit és korlátait tárgyalják.

Kulcsszavak: ultrahang, 3D ultrahangvizsgálat, szemészet, 3D rekonstrukció, digitális képfeldolgozás

Initial experiences with three-dimensional sonography of the eye

Three-dimensional (3D) imaging has added new dimensions to the sonography of the eye. The authors report their initial experiences with this new imaging technique, capable of providing sonographic sections in three planes simultaneously, which so far has not been possible by conventional methods. Besides the additional information obtained by the third plane, this new technique permits precise 3D analyses of relevant anatomic structures. 18 eyes were examined by means of 3D sonography (Combison 530, Kretztechnik). The technical details, advantages and shortcomings of this new method are discussed.

Keywords: Ultrasound, three-dimensional sonography, ophthalmology, 3D reconstruction, digital image processing

Bevezetés

Az A és a B módú ultrahangvizsgálat ma már a szemészeti rutinvizsgálatok közé tartozik. Az A-scan csak egy, a B-scan már két dimenziót jelenít meg, de a szem valódi háromdimenziós képe a vizsgáló szakember agyában alakul ki, miután az orvos a transducer mozgatásával nyert kétdimenziós képeket gondolatban sorban egymás mellé illeszti. Az általunk kipróbált háromdimenziós készülék ezt a műveletet a saját memóriájában végzi el és a vizsgált szerv térbeli (3D) képét jeleníti meg a monitoron.

A diagnosztikában az ultrahangtechnika továbbfejlesztésének egyik legfontosabb területét a 3D képalkotással kapcsolatos kutatások képezik [6, 9]. Jelen munkánkban tudomásunk szerint elsőként számolunk be hazánkban a 3D UH szemészeti felhasználásával szerzett tapasztalatokról és ismertetjük a 3D UH-vizsgálat alapjait, a módszer előnyeit és korlátait.

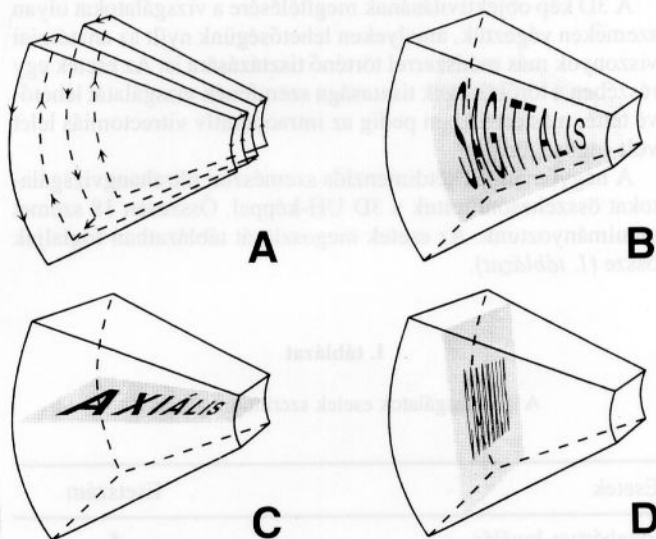
Magyarországon az UH-diagnosztika a jó minőségű rutin szemészeti készülékekkel igen magas színvonalat ért el, azonban egy új 3D módszer ismertetését is indokoltnak látjuk [7, 8].

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat Combison 530 (Kretztechnik) ultrahangkészülékkel a Haynal Imre Egészségtudományi Egyetem Radiológiai Klinikáján végeztük. A géphez direkt szemészeti célra gyártott 3D transducer még nem készült, ezért a vizsgálatokat az 1–10 MHz között változtatható frekvenciájú kézfijével végeztük, melyet a magasabb felbontás elérése érdekében, minden esetben 10 MHz-re állítottunk be. A zárt szemhéjra steril gél közbeiktatásával helyeztük az eszközt.

A Combison 530 készülékkel hagyományos B-kép (grayscale), áramlás (pulsus Doppler, color flow mapping) és újszerű 3D vizsgálatokra van lehetőség. Jelen munkánkban csak az utóbbival szerzett tapasztalatainkról számolunk be.

A vizsgálatot hagyományos üzemmódban kezdtük, majd 3D módban folytattuk. A 3D ultrahangkép jelrögzítése speciális vizsgálófejjel történik. A transducer burkolatán belül a felvettelt végző, az 1. ábrán látható séma szerint automatikusan mozgató, piezo-elektromos annual-array kristály található. A 3D fej a vizsgált szervből egy csonka gúlának megfelelő térben található képletek adatait veszi fel (1. b, c, d ábra). A kérdéses tér végigpásztázása a kiválasztott programtól függően 3–6 másodpercig tart. Betegeink vizsgálatához minden esetben a legnagyobb térbeli felbontást adó, viszont lassú fejmozgatással társuló programot választottuk. A B-scan képeken megszabtuk a leképezésre kerülő volumen határait (a bulbuszt és a közvetlen környezetében lévő orbitális szöveteket), így a rendelkezésre álló számoló kapacitást teljes mértékben az általunk érdekesnek ítélt



1. ábra. A 3D transducer vizsgálati tere:

1a) ábra. A 3D UH vizsgálófejben lévő kristály pásztázó mozgásának sémája háromdimenziós üzemmódban. A nyilak a kristály elmozdulásának irányát jelzik

1b) ábra. A sagittális (vertikális) vizsgálati sík térbeli helyzete

1c) ábra. Az axiális (horizontális) sík helyzete

1d) ábra. A coronális (frontális) sík pozíciója. Az ábrázolt síkok álló testhelyzetre vonatkoznak

terület mérésére aknázhattuk ki és elkerülhettük a felesleges adatok rögzítését.

Amennyiben a jelrögzítéshez szükséges néhány másodperces mozdulatlanyságot mind a beteg, mind az orvos részéről sikerül biztosítani, a további kiértékeléshez a beteg jelenléte már nem szükséges. Az adatokat (az egyes gray-scale képeket vagy akár a teljes térfogatot reprezentáló nyers mérési adathalmazt) digitális formában hagyományos 3,5 inches floppyra, merevlemezre vagy egyéb, a szabványos számítógépes kimenetre csatlakoztatható adattároló eszközre rögzíthetjük és utólag feldolgozhatjuk. Sajnos ez nem vonatkozik az áramlási paraméterekre, így utólagos pulzus Doppler-mérések természetesen nem végezhetők. Általánosságban igaz, hogy a rekonstrukcióval ábrázolható információ tartalmaznia kell az elsődleges háromdimenziós vizsgálatnak.

A vizsgált térből – a pásztázást követően azonnal – tetszőleges síkú kétdimenziós ábrákat készíthetünk. Különös jelentősége van a hanghullám terjedési irányára merőleges coronális síkú metszeteknek, amelyek hagyományos UH-vizsgálattal nem jeleníthetők meg. A térhatású képsorozat előállításához a beépített komputer bonyolult számításokat végez, ami jelenleg még időigényes művelet.

Az ultrahangkészülék 88 MB kapacitású külső merevlemezére kb. 250 képet vagy mérettől függően meghatározott számú (2–40 db) 3D térbeli vizsgálatot lehetett digitálisan, a későbbi feldolgozás számára hozzáférhető formában tárolni. A képfeldolgozó modul 8 bit mélységű, azaz 256 szírkéségi lépcsőfok megkülönböztetésére alkalmas képeket tárol. Az emberi szem azonban egyszerre 32 szürke skála lépcsőfoknál nem tud többet differenciálni. A fent említett 256 lépcsőt a CT és MR készülékekhez hasonló ablakozási technikával tudjuk végigpásztázni, külön-külön látgyszere, üvegtestre, retinára optimalizálva a képkontrasztot. A kép 720x512 pontból épül fel, így az apró részleteik is jól láthatók. A monitor képfriességi frekvenciája, mely a villódzás kiküszöböléséért felel, 40 kép/sec.

A 3D kép objektivitásának megítélésére a vizsgálatokat olyan szemeken végeztük, amelyeken lehetőségünk nyílt az anatómiai viszonyok más módszerrel történő tisztázására is. Az esetek egy részében a törőközegek tisztasága szemfenék vizsgálatát lehetővé tette, más esetekben pedig az intraoperatív vitrectomiás lelet volt segítségünkre.

A hagyományos kétdimenziós szemészeti ultrahangvizsgálatokat összehasonlítottuk a 3D UH-képpel. Összesen 18 szemet tanulmányoztunk. Az esetek megoszlását táblázatban foglaljuk össze (I. táblázat).

I. táblázat

A 3D vizsgálatok esetek szerinti megoszlása

Esetek	Esetszám	
ideghártya-leválás	5	
üvegtesti vérzés	diabetes	4
	Terson-syndroma	2
intraocularis tumor	1	
intraocularis idegentest (fém)	1	
negatív kontroll	5	
összesen	18	

A törőközegek tisztasága 10 esetben tette lehetővé az üvegtesti tér és a szemfenék vizsgálatát. A következő eszközöket vettük igénybe: réslámpa, hármastükör, Volk (78D és quadrasphericus, 20D, 30D, 2,2 panretinalis) lencsék, indirekt és direkt oftalmoszkóp, Canon fundus camera. Borús optikai közegek miatt 8 esetben csak az elülső szegment elemzését tudtuk elvégezni, ebből 7 szemben a későbbiekben vitrectomia történt, így az ultrahangleletet az intraoperatív képpel összehasonlíthattuk. Egy esetben műtetre nem került sor, ezért a fent említett vizuális kontrollt nem tudtuk elvégezni. Ép szemeket az esetlegesen jelentkező speciális műtermékek felismerése érdekében vizsgáltunk.

Eredmények

A kipróbált UH-készülék segítségével – a tárolt adatok utólagos számítógépes rekonstrukciója révén – egyrészt a szem tetszőleges síkú metszeteit, másrészt pedig térhatás élményét nyújtó 3D képeket jeleníthetünk meg.

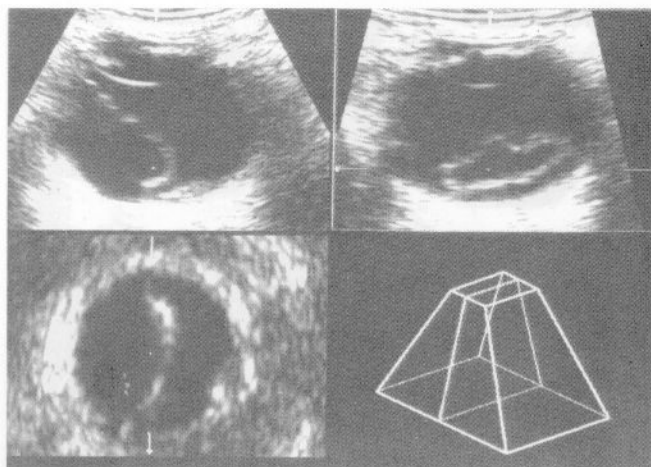
Az egyes betegek és egészséges egyének vizsgálata során az alábbi tapasztalatokat szereztük.



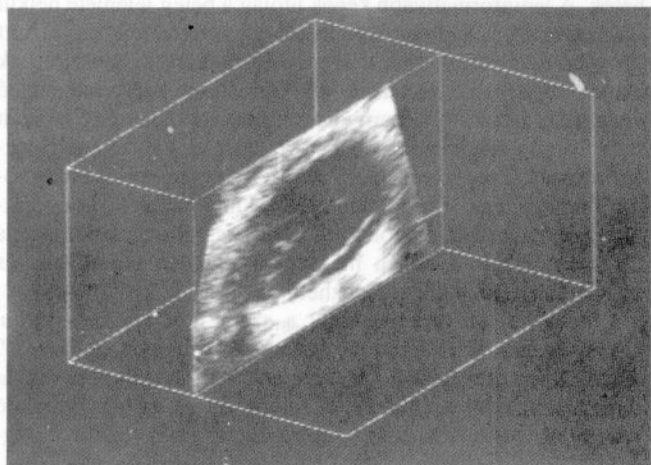
2. ábra. A levált retina fundus kamerával készített képe: Az ideghártya felül magas, alul temporálisan lapos hólyag alakban vált le, alul nasalisán a retina fekszik

Az ultrahangkép és az egyéb vizsgálatokkal kapott eredmények azonosíthatók, az UH-képeken az elváltozások jól felismerhetők voltak. Az egészséges szemeken a vizsgálat értékelhetőségét rontó műtermékekkel nem találkoztunk.

A levált retina minden esetben jól látható volt mind a B-scan, mind a 3D üzemmódokban. Az ideghártya helyzete a különböző átmetszeti síkok folyamatos elmozdításával egyszerűen nyomkövethető, feltérképezhető. A fentieket egy eset kapcsán készült képeken mutatjuk be (2–5. ábrák, részletes magyarázat az ábraalátírásokban található). A térbeli képeken a levált retináról nem átmetszeti ábrákat kapunk, hanem az üvegtesti térben lebegő ideghártyafelületre tekinthetünk rá. A 3D képeken a levált retina elsősorban a hátsó pólus és az optikai tengely közelében látható (6. ábra), mert a bulbus falán – később részletezett technikai okok miatt – kimetszett képzetbeli ablakok készítésekor az anatómiai közelségből adódóan a retina perifériás területeiből is kénytelenek vagyunk levágni. Ezt a hátrányt úgy tudtuk kiküszöbölni, hogy az optikai tengely mentén a szemet két félre metsztük, és mindkét bulbusfélről külön készítettünk 3D képsorokat. Így a retina két fele külön-külön tekinthető meg. A mechanikus annual array fej felbontása nem tette lehetővé minden esetben a vékony membránok ábrázolását.



3a) ábra. A levált retina különböző síkú metszeteit mutató ábra 3D sémás rajzán a kijelölt (jobb felső képkocka) axiális síkú UH kép térbeli helyzete látható. A kijelölt képkockán látható nyilak a két további sík metszési vonalát ábrázolják az aktív síkon, a pont a három merőleges sík találkozási pontját jelöli. A kijelölt képen a magas hólyag alakban levált retina papillát eltakaró alsó „kupolájának” körkörös metszete látható

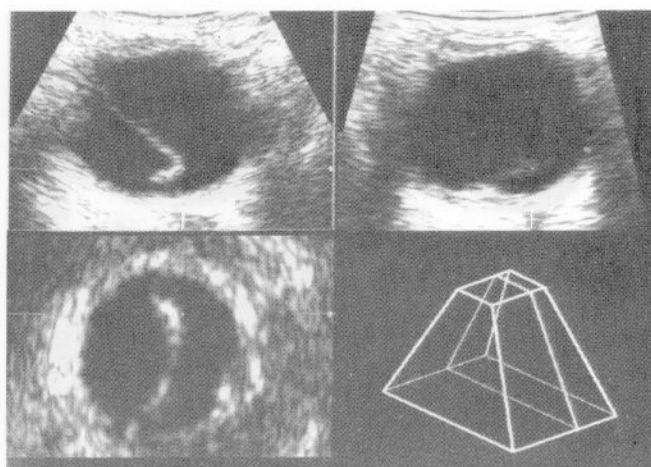


3b) ábra. Térbeli ábrába illesztett más helyzetű axiális síkú metszet

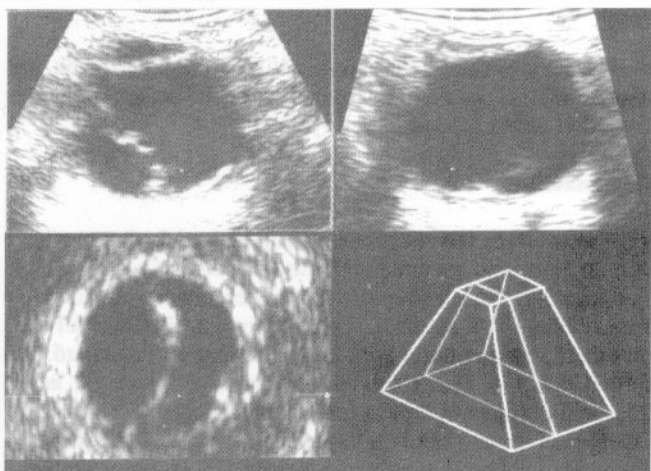
3. ábra. A levált retina UH képe axiális síkban: (A közlemény ábráin látható UH-képeken a bulbus helyzete 90° -kal eltér a hagyományos szemészeti UH-készülékek esetében megszokottól. Az axiális és a sagittális felvételeken – a felfelé tekintő bulbusnak megfelelően – felül az elülső, alul pedig a hátsó szegment ábrázolódik. A coronális metszeten a temporális rész került alulra)

Terson syndroma körülírt intragél üvegtesti vérzése esetében az UH a haemorrhagia centrális elhelyezkedését jól jelezte. A coronális síkokon különösen jól látszott, hogy a vérzés a hátsó pólus közelében élesen határolt, mintha „tok” venné körül. A fent említett képek elemzésekor már feltűnt, hogy a tokszerű képlet a retinával gyűrű alakú területen szoros kapcsolatban van. Az elvégzett vitrectomia során igazolódott, hogy a vérzést membrán határolta, amely a retinán a temporális érárkádok mentén gyűrű alakban tapadt. A közel fél évig fennálló trakció következtében a retinán redő alakult ki, amely még hónapokkal a műtét után is jól látható maradt.

A *proliferatív diabeteses retinopathia* kapcsán kialakult üvegtesti vérzés ultrahanggal könnyen kimutatható, elhelyezkedése



4a) ábra. A kijelölt (bal felső képkocka) sagittális síkú metszeten a magas hólyag alakban levált retina metszete látható a papillától nasalisan



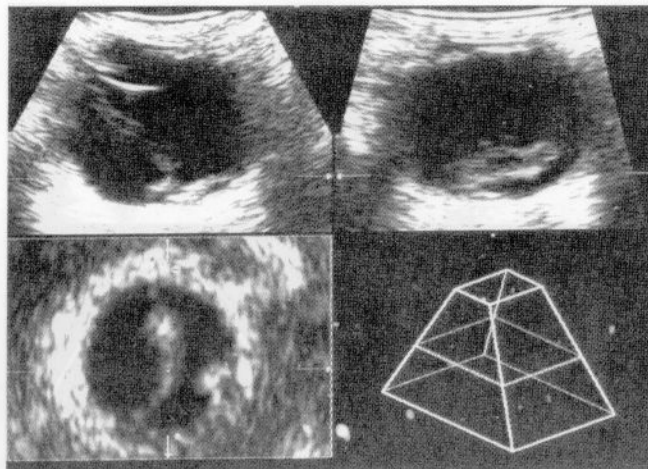
4b) ábra. Az előző szem papillától temporálisan készített sagittális síkú metszeten a laposan levált temporális alsó retinaterület képe is kirajzolódik

4. ábra. A levált retina sagittális síkú UH metszete:

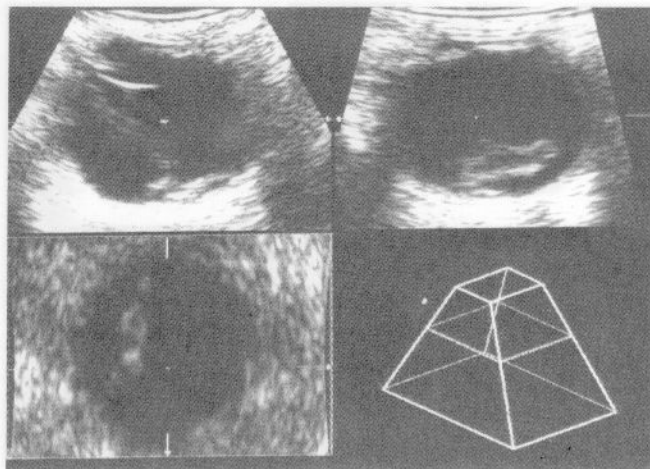
pontosan megítélhető. Két esetben papillából kiinduló proliferációt, 3 esetben pedig nem papilla eredetű proliferatív köteget is találtunk, parciális trakciós retinaleválást 2 esetben észleltünk. A vitrectomia az UH-gal kimutatott elváltozásokat igazolta, a műtét során azonban olyan finom epiretinális membránokat is eltávolítottunk, amelyek az UH-vizsgálat során nem ábrázolódtak. Egy esetben a meglévő, kis területre lokalizált lapos trakciós ideghártya-leválást sem mutatta ki az UH.

Az intraocularis tumor hólyagból származó metasztázis volt. A daganat pontos térfogatát a 3D módban rögzített elváltozás síkonként történő körberajzolásával határoztuk meg (1113 mm^3). Enucléatió metasztázis esetében nem végeztünk, így a számítás helyességét nem igazolhattuk.

A 3D UH-gal a $2 \times 1 \times 0,5 \text{ mm}$ -es *fémidegentestet* a bulbus falában lokalizáltuk a szemtükri képnek megfelelően. Az intraocularis fémidegentest kimutatását és helyzetének meghatározását megkönnyítette, hogy a tárolt adatok számítógépes feldol-



5a) ábra. A) A kijelölt (bal alsó képkocka) coronális síkban a levált retina papillához közeli metszete látható, amely a fundus fotónak megfelelő, de keresztmetszeti retinaképet ábrázol



5b) ábra. Azonos síkú equatorhoz közeli UH metszet. Ebben a magasságban a kijelölt képen csak a felső magas hólyag alakban levált ideghártya átmetszete ábrázolódhat

5. ábra. A hagyományos módon nem előállítható coronális síkú UH-képek.

gozásával a szem metszetei szisztematikusan végignézhethetők, így kisebb a valószínűsége, hogy rosszul kooperáló beteg esetében az idegentest elkerüli a vizsgáló figyelmét.

Megbeszélés

A szemészeti UH-diagnosztikában évtizedek óta meglévő igény a 3D képalkotás megvalósítása. Baum és Coleman [1, 3] több mint 3 évtizede szerkesztett olyan kézzel mozgatható transducert, amellyel a szemről, illetve az orbitáról sorozatfelvétel készíthető. Ez az ötlet a 3D képalkotás ősenek tekinthető. Az utóbbi időben a szemészeti UH-diagnosztikában a 3D képet elsősorban az intraocularis tumor volumen meghatározására használták. A daganat pontos térfogatának ismerete a progresszió, illetve a terápia hatékonyságának megítélése, valamint a túlélési idő becslése szempontjából is jelentőséggel bír [4, 5]. A 3D kép jelfelvétel a kétdimenziós B-scan kézfifej egy harmadik dimenzióban történő elmozdításával (rotatorikus, pásztázó), vagy az egydimenziós A-scan kézfifej két újabb kiterjesztésben történő mozgathatásával (lépcsőzetes, spirális) végezhető [2]. Az utóbbi évek komputer fejlesztései tették lehetővé a felvett UH-jelek digitális tárolását, feldolgozását és megfelelő műveletek elvégzése után a képek megjelenítését [6].

Jelen munkánkban lépcsőzetes mozgatható 3D transducerrel végeztük a vizsgálatokat. A felvett nyers jelek digitális feldolgozásával

1. átmetszeti („B-képeket”) és
2. térhatású (3D) képeket készítettünk a vizsgált szemről.

1. A szem tetszőleges síkú metszeteit jeleníthetjük meg. Nem egyetlen képet vizsgálhatunk, hanem a monitoron egyidejűleg láthatjuk a szem 3 egymásra merőleges metszetét. Sagittális (vertikális) (1. b és 4. ábra) és axiális (horizontális) (1. c és 3. ábra) síkú képek hagyományos készülékkel is megjeleníthetők, de a szem optikai tengelyére merőleges coronális (frontális) (1. d és 5. ábra) síkú metszetek a hátsó pólusról csak nehezen – esetleg a beteg erős oldalra nézetésekor – készíthetők. A 3D UH-gal az utóbbi képek is egyszerűen előállíthatók, mert az UH-nyaláb terjedésének irányára merőleges sík is ábrázolható.

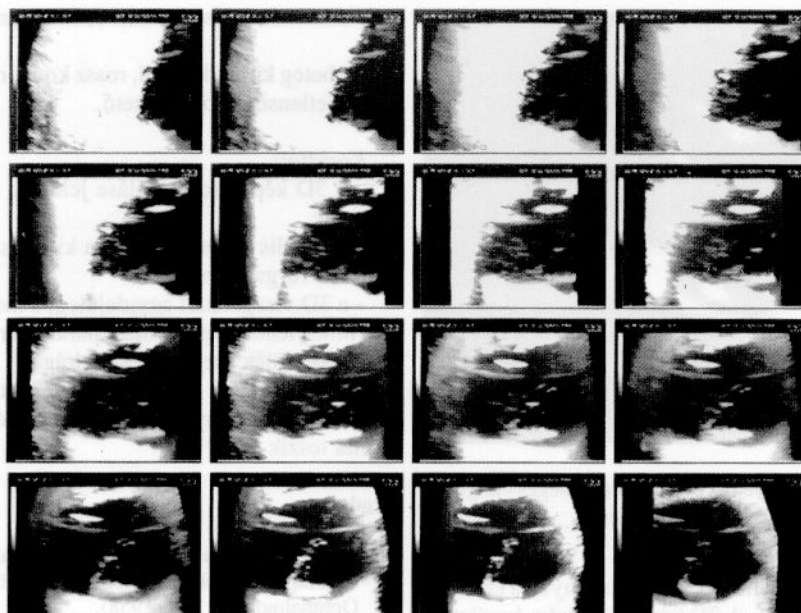
A számítógépes rekonstrukciónak köszönhetően a bulbus metszetei az egyes síkokban lépésről lépésre haladva végigpásztáz-

hatók. A leginformatívabb képek utólag a beteg jelenléte nélkül is megjeleníthetők, dokumentálhatók. Egyszerre egy kiválasztott sík mentén elemezhetjük a szem képleteit. A kiválasztott sík aktuális elhelyezkedését a másik két átmetszeti képen megjelenő vonalak is jelzik. A képernyő alsó jobb sarkában egy stilizált térbeli ábrán megjelenik az éppen vizsgált sík helyzetének megértését tovább segítő rajz (3–5. ábra). Az egyes képek a monitoron önmagukban is megtekinthetők, kinagyíthatók, kontrasztjuk, gammakorrektions görbéjük utólag is változtatható, azaz a CT és az NMR esetében megszokott minden utóművelet és képmanipuláció velük elvégezhető.

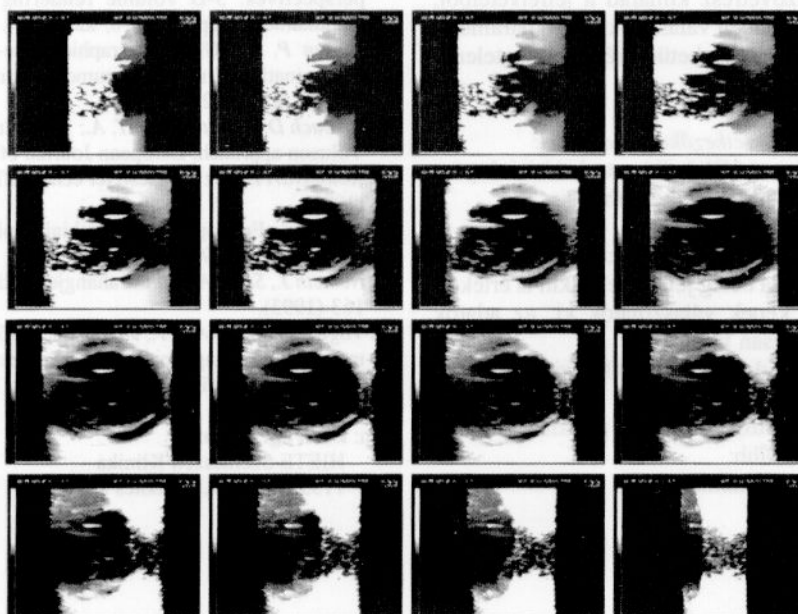
Lehetőség van arra is, hogy a szem fent említett három egymásra merőleges metszetét egyetlen képen vonjuk össze (7. ábra). A metszéssíkok helyzete ilyenkor is tetszőlegesen (akár ferde irányba is) elmozdítható, miközben az egymáshoz való viszonyuk folyamatosan újra rajzolódik, ezzel is segítve a megértést.

2. A térhatás élményét nyújtó kép megjelenítése időigényes feladat. A mozgófilmszerűen levethető 3D kép „filmkockáit” egyenként „rajzolja meg” a komputer a tárolt nyers mérési adathalmaz feldolgozásával. A 3D modul a B-scan felvételekből állítja elő a projekció sorozatot, az alacsony echójú – azaz szem esetében az üvegtestnek megfelelő – jelkomponensek digitális szubtrakciója után. Az átmetszeti (B-scan) képekből távolság kódolt és árnyékolt rekonstrukciós algoritmus szerint jeleníti meg a szemben lévő echogén képletek felszínét. A felszíni rekonstrukciónál manuálisan beállítjuk azt az echodenzitási küszöböt, amely alatt a számítógép a képtartalomtól kivonja a képpontokat. Így érhetjük el azt, hogy az üvegtest homogén, kevés belső echót tartalmazó (echómentes) struktúrája teljesen eltűnethető a képtartalomtól és az üvegtesti térben lévő kóros echódúsabb elváltozások (pl. vérzés, levált retina), mintegy lebegve látszanak a szemgolyó belsejében.

A 3D UH-képek készítésekor a bulbus belsejébe csak akkor tekinthetünk be, ha a szem burkain képzeletbeli ablakot vágunk, mert különben csak a szemgolyó külső falát, pontosabban a vizsgálati mezőbe került szöveteket láthatjuk. Ezért a bulbus falát az equatornak megfelelően, az optikai tengellyel párhuzamosan húzódó síkokkal lemetszettük, így a szem belsejébe oldalról tekinthetünk be.



6a) ábra. Az ábrán a számítógép monitorán mozgófilmszerűen vetíthető film egyes képkockáinak sorozata látható. A szemgolyót két egymásra merőleges síkkal metszettük el. Ezeknek a képeknek csak mozgás, forgatás közben van térhatásuk. Az egyes képeken a szemgolyón belül látható alsó echodúsabb képlet a levált retina, a felső – a lencse reflexiójának felel meg



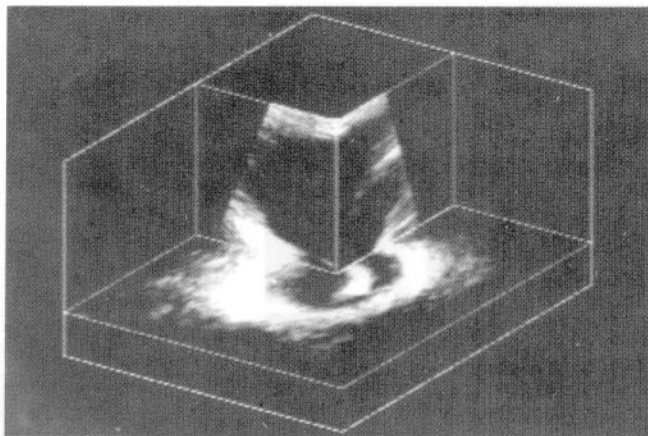
6b) ábra. A bulbus falát két párhuzamos síkkal metszettük el. A levált retina különböző vetületei láthatók

6. ábra. 3D rekonstrukció az előbbi szemről

A „moziszerűen” nézhető projekció sorozathoz – ami térhatás élményét nyújtja – legalább 50–100 képkockát kell készíteni. A képkockák számát és a képkockák közötti nézőpont elforgatás fokát az orvos határozza meg. Mi általában 360°-os térbeli projekció sorozatot készítettünk 72 képpel. Egy-egy kép rekonstrukciója csaknem 1 percig tart, így a készülék a fent említett számításokat kb. 1 óra alatt képes elvégezni. Ez idő alatt az UH-

készülékkel beteget vizsgálni nem lehet. A térhatású képek oktatási, demonstrációs célra kitűnően használhatók, de az előállításuk időigényessége miatt ma még nem tartozhatnak a rutin-vizsgálatok közé.

A kockáról kockára tetszőleges sebességgel levethető képek folyamatos mozgás, forgás élményét nyújtják. A forgatás hatására a szemben elhelyezkedő echogén képletek elmozdulnak a



7. ábra. Összevont síkú kép, amelyen az egymásra merőleges vizsgálati síkok egyszerre jeleníthetők meg

háttér előtt és ezáltal formájuk, helyzetük és viszonyuk a környezetükhöz könnyen felismerhető. A 3D képen távolság, kerület és volumenmérések végezhetők. A térbeli látás élménye a monitor kétdimenziós képernyőjén igazán csak forgatás közben teljeseedik ki [10], az egyes álló képeknek nincsen jó térhatásuk (6. ábra). A 3D vizsgálat nyers mérési adathalmazza magában foglalja a rekonstruálható kétdimenziós síkok és a 3D képek információ tartalmát. Ha valamilyen szövetrész kimarad a jelfelvételből, vagy amennyiben nem megfelelően választjuk meg a paramétereket, akkor a 3D módszerrel sem nyerhetünk képet az elégtelenül rögzített részletekről.

A módszer előnyei közül a következőket emeljük ki:

- tetszőleges síkú – akár az UH-hullám terjedési irányára merőleges – átmetszeti (B-scan) képek készíthetők;
- térhatású képek jeleníthetők meg;
- a digitális adattárolás és számítógépes rekonstrukciós lehetőségek miatt a leletek utólag, a beteg jelenléte nélkül is értékelhetők, a leginformatívabb képek választhatók ki, az adatok minőségromlás nélkül digitálisan tárolhatók;
- az effektív betegvizsgálat ideje jelentősen lerövidül, ezért az energiaterhelés csökken;
- a térhatású ábrázolás lehetősége miatt a pontos anatómiai viszonyok áttekintése egyszerűbb;
- térfogat meghatározására alkalmas;

– demonstrációs, oktatási célokra a módszer jól felhasználható;

– a beteg kifáradásából, rossz kooperációjából származó mozgási életlenség csökkenthető.

Korlátai:

– a 3D kép rekonstruálása jelenleg még túlságosan sok időt igényel;

– speciális szemészeti célra kifejlesztett transducer egyelőre nincsen forgalomban;

– a 3D vizsgálat egyidejűleg, a módszer fizikájából adódóan, nincs lehetőség áramlási paraméterek rögzítésére;

– a készülék meglehetősen drága.

A fenti korlátok ellenére a szem 3D ultrahangvizsgálata olyan új lehetőségeket nyújt, amelyek szemészeti alkalmazását indokoltá teszik.

Irodalom

1. Baum G., Greenwood J.: The applications of ultrasonic locating techniques to ophthalmology. Part I. Reflective properties. Am. J. Ophthalmol. 46, 319 (1958).
2. Buschmann W.: Sophisticated instrumentation and ophthalmic ultrasonography. Acta Ophthalmol. Suppl. 204, 70, 18 (1992).
3. Coleman D. J., König U. F., Katz L.: A hand operated ultrasound scan system for ophthalmic evaluation. Am. J. Ophthalmol. 68, 256 (1969).
4. Coleman D. J., Silverman R. H., Rondeau M. J., Lizzi F. L.: New perspectives: 3-D volume rendering of ocular tumors. Acta Ophthalmol. Suppl. 204, 70, 22 (1992).
5. Jensen P. K.: Ultrasonographic three-dimensional scanning for determination of intraocular tumor volume. Acta Ophthalmol. Suppl. 204, 70, 23 (1992).
6. Kirbach D., Whittingham T. A.: 3D – ultrasound – the Kretztechnik Voluson approach. European Journal of Ultrasound 1, 85 (1994).
7. Kolozsvári L.: Az üvegtesti tér echográfiája. Kandidátusi értekezés. (1987).
8. Németh J.: Echoophthalmographiai alapismeretek. Tömör utcai füzetek. 3. szám. (1993).
9. Németh J., Seres A.: Az ultrahangjel-feldolgozásról. Szemészet 130, 163 (1993).
10. Vogt G., Duliskovich T., Jakab Zs.: Első tapasztalataink a háromdimenziós ultrahangképalkotás szemészeti alkalmazásával. Magyar Szemorvostársaság Nagygyűlése, Pécs 1994. 08. 25–26.

Cím: Dr. Vogt Gábor

HIETE Szemészeti Klinika

1135 Budapest, Szabolcs u. 35.

A Magyar Szemorvostársaság köszönetét fejezi ki a Papolczy-alapítványnak a Szemészet folyóirat 1995. évi támogatásáért