

Strokovni prispevek/Professional article

TRIDIMENZIONALNA ULTRAZVOČNA PREISKAVA MOŽGANOV PRI NOVOROJENČKU IN DOJENČKU

THREE-DIMENSIONAL ULTRASOUND EXAMINATION OF THE BRAIN IN NEWBORNS AND INFANTS

Igor Japelj¹, Silva Burja², Ksenija Ogrizek-Pelkič¹, Alojz Gregorič³, Stanko Pšeničnik⁴

¹ Oddelek za perinatologijo, Služba za ginekologijo in perinatologijo, Splošna bolnišnica Maribor, Ljubljanska 5, 2000 Maribor

² Oddelek za perinatologijo, Služba za ginekologijo in perinatologijo, odsek za neonatologijo, Splošna bolnišnica Maribor, Ljubljanska 5, 2000 Maribor

³ Klinični oddelek za pediatrijo, Splošna bolnišnica Maribor, Ljubljanska 5, 2000 Maribor

⁴ Oddelek za biomedicinsko tehniko, Splošna bolnišnica Maribor, Ljubljanska 5, 2000 Maribor

Prispelo 2002-08-08, sprejeto 2003-04-09; ZDRAV VESTN 2003; 72: 353-8

Ključne besede: novorojenček; dojenček; možgani; ultrazvok; tridimenzionalna preiskava

Izvleček – Izhodišča. Opisujemo tridimenzionalno ultrazvočno preiskavo možganov pri novorojenčku in dojenčku; ta ima v primerjavi z dvodimenzionalno preiskavo nekatere prednosti.

Zaključki. Tridimenzionalna ultrazvočna preiskava možganov v primerjavi z dvodimenzionalno skrajša čas preiskovanja. Omogoča istočasno prikaz kateregakoli dela možganov iz posnete tridimenzionalne prostornine v treh različnih ortogonalnih ravninah in s tem povečuje natančnost in zanesljivost diagnoze.

Uvod

Odkar je Cooke leta 1979 (1) v pismu bralcev predlagal ultrazvočno (UZ) preiskavo možganov pri novorojenčku in dojenčku skozi veliko mečavo, se je ta preiskava vedno bolj uveljavljala pri vsakodnevnem delu. K temu je pripomogel tudi tehnični napredek, ki je omogočil rabo visokofrekvenčnih tipal z izboljšano ločljivostjo in zmanjšano preiskovalno površino, ki se dobro prilega veliki mečavi. Pri dvodimenzionalni (2D) UZ preiskavi preiskujemo skozi veliko mečavo z vzdolžnimi prerezi v sagitalni smeri ter prečnimi v koronarni (frontalni). Aksialne prereze vidimo pri 2D UZ preiskovanju le pri preiskavah skozi parietalne kosti lobanje, kost pa UZ valovanje deloma odbije in oslabi; posledica so ehogrami slabše kakovosti in manjše ločljivosti. O osnovah 2D UZ preiskave možganov so in smo v tem časopisu že poročali (2-6). O novi obliki, to je tridimenzionalni (3D) UZ preiskavi možganov, je prva poročala leta 1999 skupina iz Denverja (7-10). 3D UZ preiskava možganov z avtomatičnim tipalom je mogoča od takrat, ko je tehnikom uspelo namestiti vse mehanične in elektronske sestavne dele, ki so potrebni za tako preiskavo, v primerno majhno tipalo.

Key words: newborn; infant; brain; ultrasound; three-dimensional examination

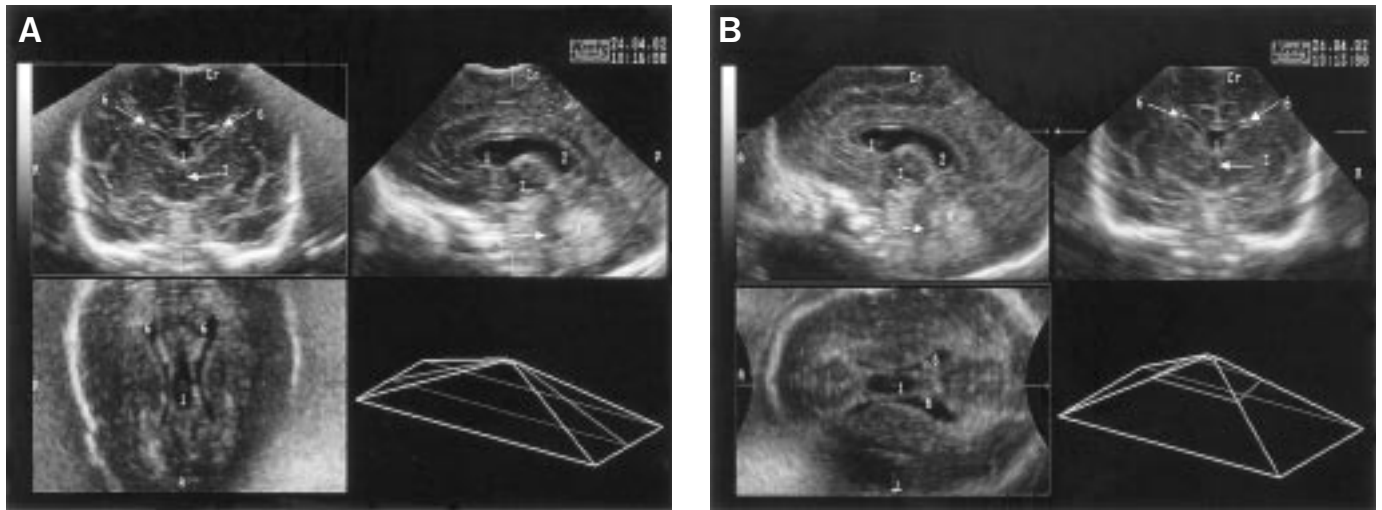
Abstract – Background. This study describes the 3D ultrasound examination of the brain in the newborn and infant which demonstrated some advantages when compared to the 2D examination.

Conclusions. The 3D ultrasound examination of the brain can actually reduce the examination time in newborn and infants when compared to the 2D examination. The possibility to evaluate any part of the brain from the acquired three-dimensional volume at the same time in three different orthogonal planes contributes to a higher accuracy and reliability of the diagnosis.

3D UZ preiskava

Preiskujemo z napravo Voluson 500 D MT, opremljeno s posebnim avtomatičnim tipalom za 3D UZ preglede malih delov (small parts). Ko preiskujemo s 3D tipalom skozi veliko mečavo, se (kot smo to pri prikazu osnovnih značilnosti 3D UZ preiskave v porodništvu že opisali [11]) avtomatično premika UZ snop v obliki pahljače ter posname prostornino (volumen) možganov v celoti ali le izbrani del. Z izbiro globine, širine in dolžine določimo prostornino, ki jo želimo posneti. Posneto prostornino, ki je oblikovana kot na vrhu prirezana piramida, sestavlja različno število 2D UZ prerezov; število je odvisno od hitrosti, s katero se UZ snop premika (počasi, srednje hitro, hitro). Pri večji hitrosti se zabeleži manj prerezov (okrog 50), pri manjši pa več (do 250). Odvisno od tega, ali sestavlja posneto prostornino več ali manj prerezov, se zabeleži več ali manj podrobnosti.

Ko UZ snop avtomatičnega tipala posname določeno prostornino, se v posebnem pomnilniku zberejo zabeleženi odmevi vseh 2D prerezov iz posnete prostornine in razporedijo v tri ravnine, ki so pravokotne druga na drugo (sagitalno, frontalno, aksialno). Istočasno se pri UZ napravi pokažejo na zaslonu trije 2D prerezi, ki prav tako potekajo v smereh, ki so druga na drugo pravokotne. Če se UZ snop pri pregledu mo-



Sl. 1a, 1b. Dva dni star novorojenček, rojen v 38. tednu nosečnosti. Dva večravninska prikaza skozi iste dele možganov. a - z v frontalni in b - z v sagitalni smeri premikajočim se UZ snopom. Smer UZ snopa ne vpliva na ločljivost v posameznih 2D prerezih. a - levo zgoraj - frontalni prerez v ravnini tretjega možganskega prekata; desno zgoraj - medialni sagitalni prerez; levo spodaj - aksialni prerez v višini obeh stranskih prekatov ter kavuma septi pelucidi, desno spodaj - grafični lik. b - levo zgoraj - medialni sagitalni, desno zgoraj - frontalni in levo spodaj aksialni prerez - ta je zaradi drugačne smeri UZ snopa obrnjen za 90° v primerjavi s aksialnim prerezom na sliki 1a.

Figure 1a, 1b. A two days old baby born in the 38th week of pregnancy. Two multiplanar images of same parts of the brain: a) with US beam moving in the frontal direction, b) with an in a sagittal direction moving US beam. The direction of the beam does not influence the resolution in any of the 2D images. a) top left - frontal section in the plane of the third ventricle; top right - medial sagittal plane; bottom left - axial section through both lateral ventricles and cavum septi pellucidi; bottom right - graphical display. b) top left - medial sagittal section; top right - frontal section; bottom left - axial section which is rotated for 90° due to the different US beam direction in comparison with the axial section in 1a.

A - anterior, P - posterior, L - sin., R - dex., Cr - cranial, CA - caudal.

1 - cavum septi pellucidi, 2 - cavum vergae, 3 - ventriculus tertius, 4 - cerebellum, 5 - ventriculus quartus, 6 - ventriculus lateralis, 7 - corpus callosum, 8 - aqueductus cerebri, 9 - pons, 10 - medulla oblongata, 11 - cisterna magna, 12 - plexus choroideus, 13 - thalamus, 14 - fissura Sylvii, 15 - falx cerebri, 16 - nucleus caudatus, 17 - vermis cerebelli, 18 - tentorium cerebelli.

žganov premika v frontalni smeri, vidimo na sliki levo zgoraj enega izmed koronarnih prerezov, desno zgoraj enega od sagitalnih in levo spodaj enega izmed aksialnih prerezov (sl. 1a). Če preiskujemo tako, da se UZ snop premika v sagitalni smeri, se prikaže levo zgoraj sagitalni prerez, desno zgoraj koronarni in levo spodaj aksialni prerez (sl. 1b).

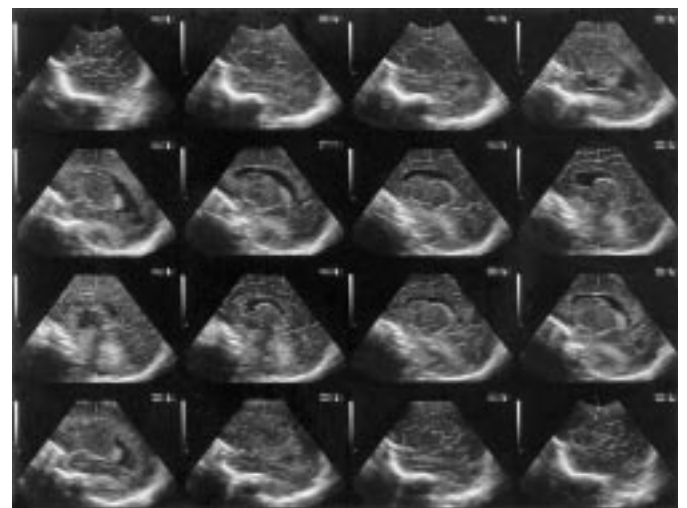
Manco-Johnson in sod. (10) ugotavljajo, da ne drži teoretična predpostavka, da je ločljivost ehogramov v koronarnih prerezih boljša, če je bila prostornina posneta s snopom, ki poteka v koronarni smeri in da so sagitalni prerezi najkakovostnejši pri sagitalno posneti 3D prostornini. Če to upoštevamo, zadostuje, da pri vsakem otroku posnamemo le eno prostornino. Kljub temu pri nas pri vsakem otroku, ki ni zelo prizadet ali zelo nemiren, posnamemo dve prostornini: eno v sagitalni in drugo v koronarni smeri - za to porabimo največ minuto (sl. 1a, 1b). Prednost takega ravnanja je zanesljivejša diagnoza pri nepravilnostih, ki jih lahko vidimo in preverimo v dveh 3D prostorninah. Kakor hitro imamo posneti dve prostornini in smo s kakovostjo posnetih ehogramov zadovoljni (ko so možgani prikazani v celoti in brez artefaktov premikanja), otrokova prisotnost za nadaljnjo preiskavo ni več potrebna.

Posneti prostornini lahko sedaj pregledamo in ocenimo takoj ali pa ju spravimo v enega od spominskih medijev in ju pregledamo kadarkoli kasneje, tudi po večkrat (predstavimo ju lahko na konziliju), in pošljemo v oceno v oddaljeni center.

Izmed treh možnih načinov 3D prikaza možganov (11):

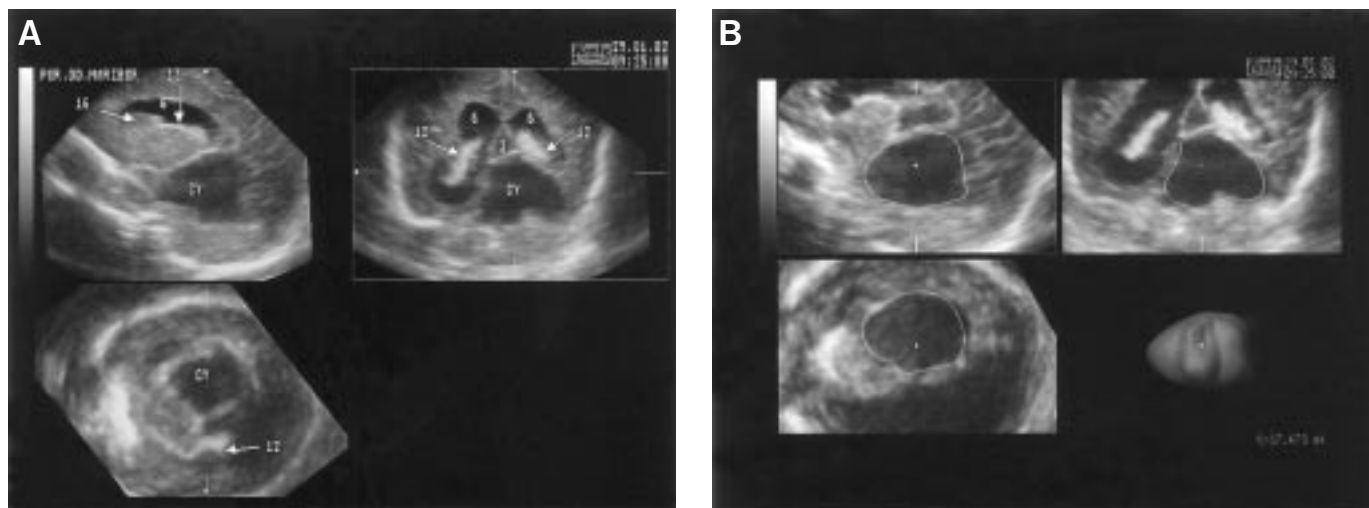
- površinskega oblikovanja,
- prosojnega prikaza,
- večravninskega prikaza,

se večinoma uporablja zadnji.



Sl. 2. Posneto prostornino smo prelistali od leve proti desni, prikazanih je 16 2D ehogramov v različnih sagitalnih ravninah.

Figure 2. In the acquired volume scan, we have »navigated« from the left to the right; there are 16 2D echograms in different sagittal planes.

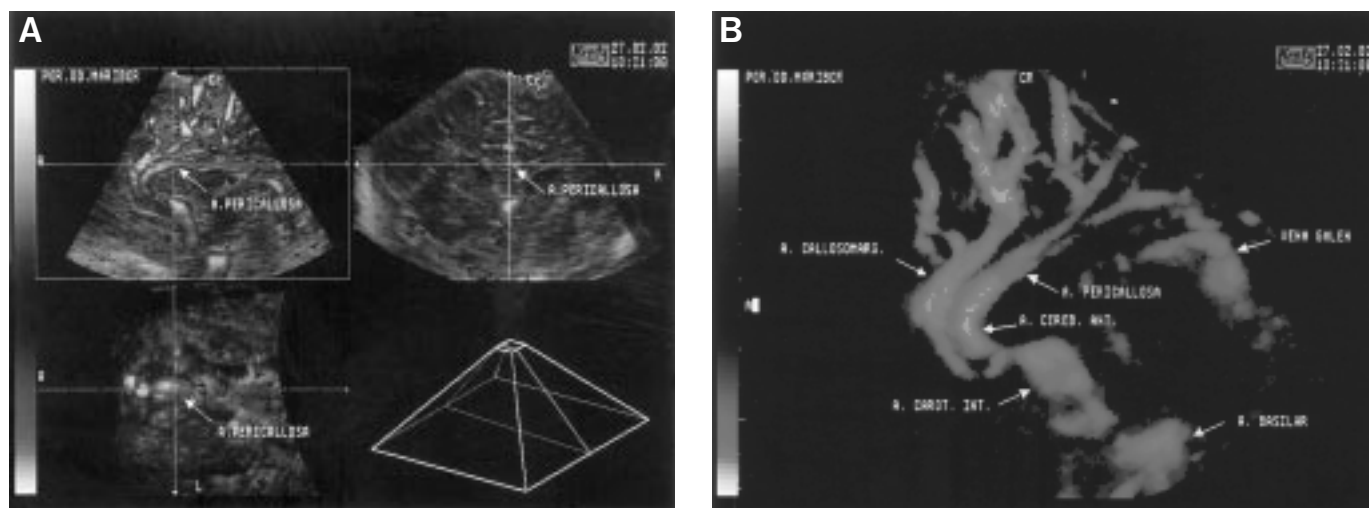


Sl. 3a, 3b. Deset dni star otrok, rojen v 36. tednu nosečnosti zaradi že intrauterino ugotovljene levostranske ciste in razširjenih stranskih prekatov. a – večravninski prikaz v predelu ciste (cy). Levo zgoraj – levi paramediani sagitalni; desno zgoraj – koronarni in levo spodaj – aksialni prerez. b – isti, nekoliko povečan večravninski prikaz. Za izmero prostornine smo v vseh treh ravninah obrisali cisto. Desno spodaj – model izmerjene prostornine, ki znaša 17,673 ml.

Figure 3a, 3b. A ten days old baby born in the 36th week of pregnancy because of an already intrauterine diagnosed cyst and dilated lateral ventricles. a) multiplanar display of the cyst (cy) and the surrounding. Top left – left paramedian sagittal section; top right – coronar plane; bottom left – axial plane. b) The same enlarged multiplanar display. For measuring the volume we marked the borders of the cyst. Bottom right – the model of the measured volume which is 17.673 ml.

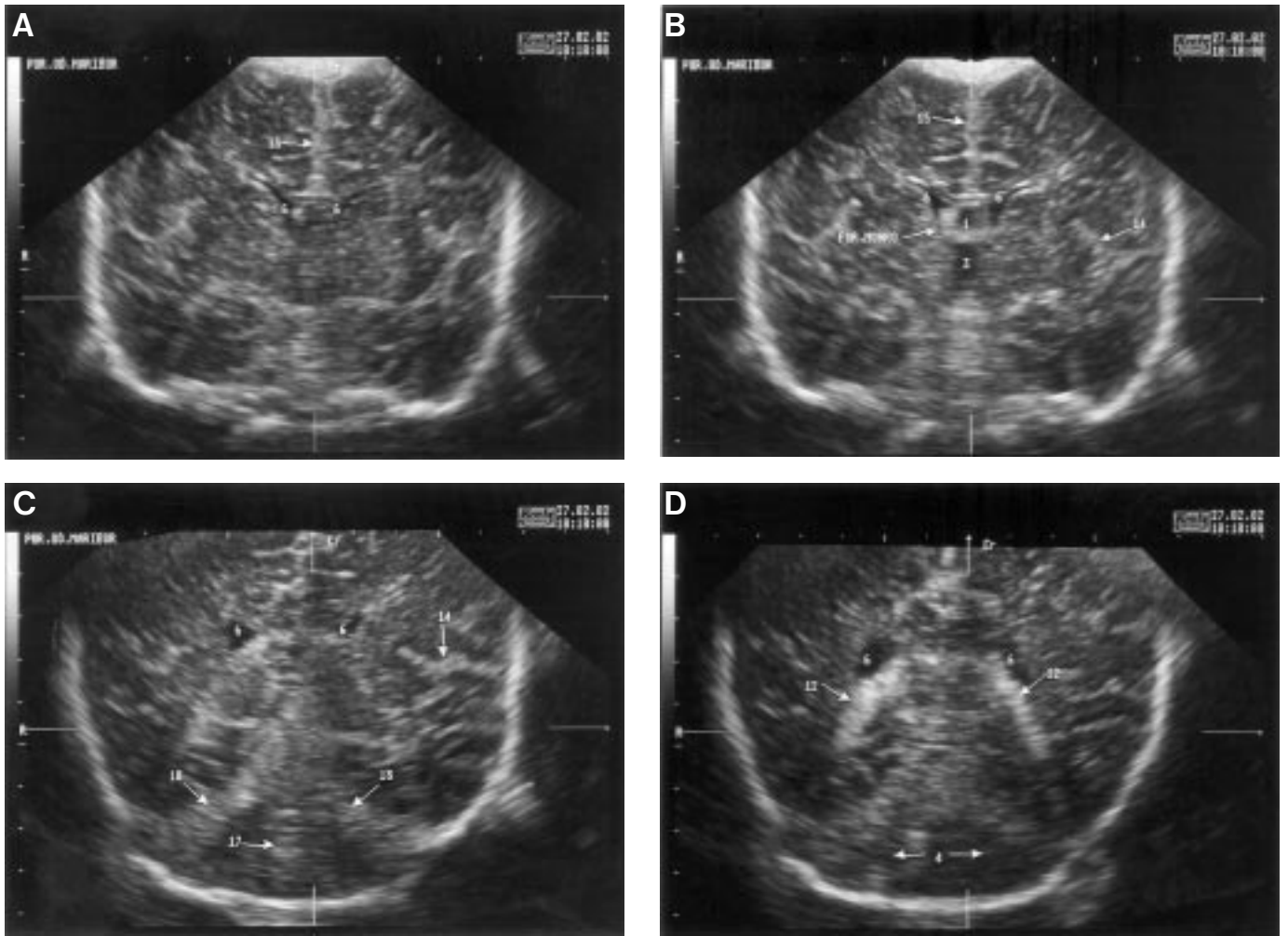
Pri tem načinu 3D UZ pregleda možganov lahko v vsaki izmed treh ravnin pregledujemo 2D prereze od leve proti desni ali obratno (sl. 2), koronarne od spredaj nazaj ali obratno in aksialne od zgoraj navzdol ali obratno, podobno kot bi listali po knjigi. Carol Salerno in sod. (9) imenujejo tako »listanje« scrolling, Monteagudo in Timor-Tritsch (12) pa navigating. V vsaki izmed ravnin lahko dodatno vsak 2D ehogram vrtimo okrog vsake izmed treh osi (X, Y, Z), tako okrog navpične Y osi v levo ali desno, okrog vodoravne prečne X osi naprej ali nazaj ter okrog vodoravne vzdolžne Z osi v levo ali desno.

Kot smo opisali pri 3D UZ preiskavi v porodništvu (11), se pri vsaki spremembi 2D ehograma v eni ravnini ustrezno spreminjata tudi ehograma v obeh drugih ravninah. Vse premike 2D prerezov vzdolž osi X, Y ali Z in rotacije okrog teh osi lahko sproti povezujemo tako, da lahko prikažemo tudi poševne prereze, ki potekajo v katerikoli smeri prostornine. Občasno lahko v večravninskem prikazu uporabimo avtomatični izračun prostornine (VOCAL = Virtual Organ Computer Aided anaLysis) izbranega hipoehogenega (ciste, razširjeni prekati) (sl. 3a, 3b) ali hiperehogenega (krvavitev, levkomalaci-



Sl. 4a, 4b. Sedem dni star otrok, rojen v 40. tednu nosečnosti. a – večravninski prikaz ožilja možganov s t. i. 3D amplitudno doplersko preiskavo. Levo zgoraj – prerez v sagitalni; desno zgoraj – v koronarni; levo spodaj v aksialni ravnini. V vseh treh 2D ehogramih je s puščico označen isti predel art. pericallosae. b – del ožilja je površinsko oblikovan. Označeni so: art. carotis int., art. basilaris, art. cerebri ant., art. pericallosa, art. callosomarginalis in vena Galen.

Figure 4a, 4b. A seven days old baby, born in the 40th week of pregnancy. a) multiplanar and power doppler images of the vessels in the brain. Top left – sagittal; top right – coronar; bottom left – axial plane. The same part of art. pericallosa is marked by arrow in all three 2D echograms. b) A part of vessels is surface rendered: art. carotis int., art. basilaris, art. cerebri ant. art. pericallosa, art. callosomarginalis and vena Galen are marked.



Sl. 5a, 5b, 5c, 5d. Tri dni star otrok, rojen v 41. tednu nosečnosti. V posneti prostornini smo izbrali štiri 2D koronarne prereze z naslednjimi značilnimi strukturami: a) sprednja rogova stranskih prekatov, b) tretji možganski prekat in foramina Monro, c) šotoru podobno oblikovan tentorium, d) oba poševno potekajoča horoidna pleksusa.

Figure 5a, 5b, 5c, 5d. A three day old baby, born in the 41st week of pregnancy. In the scanned volume four 2D coronar scans have been chosen having the following typical structures: a) frontal horns of lateral ventricles, b) the third cerebral ventricle and foramina Monro, c) as a tent formed tentorium cerebelli and d) oblique placed plexus choroideus on both sides.

ja) predela v možganih. Pri slednjem lahko s ponovnimi meritvami prostornine ugotovimo, ali določena struktura ostaja enako velika, se večja ali manjša. V posameznih primerih, kot npr. pri razširjenih možganskih prekatih, lahko ob večravninskem prikazu s površinskim oblikovanjem (rendering) še povečamo diagnostično natančnost in zanesljivost.

3D UZ pregled lahko dopolnimo z barvno doplersko ali amplitudno (power) doplersko preiskavo in prikažemo potek možganskih žil. Te lahko, razen v posameznih 2D presekih večravninskega prikaza, še površinsko oblikujemo (sl. 4a, b); razločevanje posameznih žil izboljša dodatna raba prosojnega prikaza. Doplerska preiskava podaljša pregled do trikrat.

Danes se 2D in 3D UZ preiskava možganov uporabljata kot prva slikovna preiskava pri ugotavljanju, oceni in sledenju možganskih krvavitev, razširjenih možganskih prekatov, periventricularne levkomalacije in pri prirojenih nepravilnostih in drugih stanjih, saj je enostavna in neinvazivna (13–15).

Pri UZ preiskavi možganov preiskujemo v ravninah, ki potekajo vzporedno s sagitalnim in koronarnim šivom. Zaradi nekaterih anatomskih posebnosti v določenih predelih možganov in lobanje pri preiskavi lahko ločimo nekaj po svoji zgradbi značilnih presekov.

Poznavanje značilnih anatomskih struktur v določenih presekih omogoča prepoznavo normalnih in patoloških struktur možganov. Vse od osemdesetih let razni avtorji opisujejo različno število značilnih presekov v sagitalni, koronarni in aksialni smeri.

Pred kratkim sta Timor-Tritsch in Monteagudo (16) opozorila na znano dejstvo, da pri plodu in novorojenčku pri UZ preiskavah skozi veliko mečavo 2D prerezi ne potekajo anatomsko vzporedno kot pri preiskavah z računalniško tomografijo ali magnetno resonanco. Pri 2D UZ preiskavi pregledujemo iz istega dela velike mečave z nagibanjem tipala. Le srednji koronarni in srednji sagitalni presek potekata sredinsko, ostali preseki pa so usmerjeni bolj ali manj poševno v levo in v desno (sagitalni) in naprej – nazaj (koronarni). Zato sta avtorja predlagala sagitalne in koronarne prereze, v katerih se značilno prikažejo določene anatomske strukture (land marks). Opisujeta sedem koronarnih prerezov, dva frontalna, tri srednje koronarne in dva okcipitalna ter pet sagitalnih (ob medianem še levo in desno po dva paramediana). Tako razdelitev avtorja uporabljata tudi pri 3D preiskavah.

V naši ustanovi pri 3D preiskavi uporabljamo razdelitev, ki smo jo opisali za 2D UZ preiskavo leta 1988 (6), vendar koronarne prereze ločimo le po anatomskih podrobnostih in ne

upoštevamo več kota med kantomeatalno črto in določenim prerezom. Razlikujemo pet prerezov v koronarni in pet v sagitalni ravnini. Ocenjujemo in opisujemo tri značilne ravnine v aksialni smeri.

Posamezni značilni preseki so prikazani na slikah (1a, 1b, 5a, 5b, 5c, 5d, 6, 7). Podroben opis vseh značilnosti v posameznih presekih se najde v ustreznih učbenikih (15, 17–19) ali člankih (13, 20).



Sl. 6. Štiri dni star otrok, rojen v 40. tednu nosečnosti. Medialni sagitalni prerez.

Figure 6. A four days old baby, born in the 40th week of pregnancy. A medial sagittal plane.



Sl. 7. Dva dni star otrok, rojen v 39. tednu nosečnosti. Drugi paramedijani sagitalni prerez. V stranskem prekatu vidimo: A – sprednji rog, B – telo, C – atrium, D – okcipitalni in E – temporalni rog.

Figure 7. A two days old baby, born in the 39th week of pregnancy. The second paramedian sagittal section. In the lateral ventricle, the marked parts are as follows: A – frontal horn, B – body, C – atrium, D – posterior and E – inferior horn.

Razpravljanje

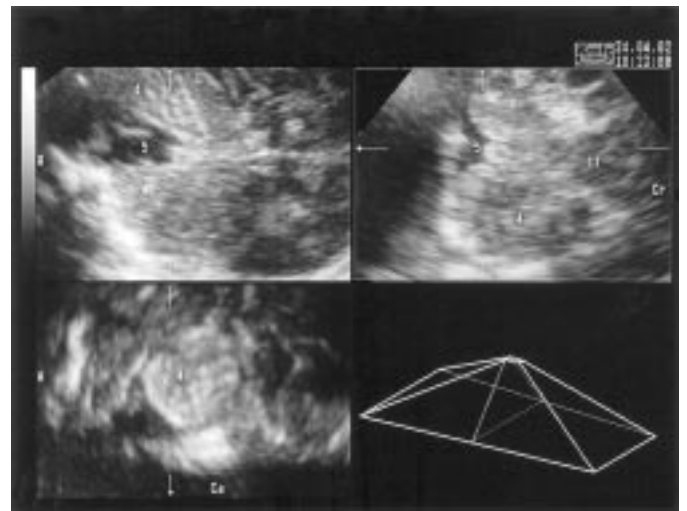
V 80. letih se je z UZ preiskavami možganov skozi veliko mečavo in z rabo priročnih, premakljivih UZ naprav, opremljenih

z visokofrekvenčnimi majhnimi tipali, pričela diagnostična nevrosonografija pri novorojenčkih in dojenčkih.

Osnovna UZ diagnostika možganov se je nato dopolnila z doplersko barvno ali amplitudno doplersko preiskavo, pri kateri se prikažejo in merijo pretoki v možganskih arterijah, venah in sinusih ter pretoki likvorja (21–24). Ocenjuje se potek in oblika žil ter ugotavlja prisotnost in odsotnost določenih žil, npr. art. pericallosae.

Sredi 90. let je sledila 3D UZ preiskava in se začela uporabljati v vsakdanjem delu v porodništvu in ginekologiji ter tudi v nevrosonografiji pri novorojenčkih in dojenčkih (7–10, 25). Ob vedno večjem znanju in izkušnjah preiskovalcev je UZ pregled možganov postajal zanesljivejši in uporabnejši.

Navadno se preiskuje skozi veliko mečavo, lahko pa tudi skozi lobanjske šive in malo (26–28) in mastoidno mečavo (29) (sl. 8), da se prikažejo deli možganov, ki jih čez veliko mečavo vidimo slabše ali sploh ne.



Sl. 8. Pet dni star otrok, rojen v 41. tednu nosečnosti. 3D preiskava skozi mastoidno mečavo – dobro se vidijo mali možgani in četrti možganski prekat. Večravninski prikaz. Levo zgoraj – frontalni; desno zgoraj – aksialni; levo spodaj – paramedijani sagitalni prerez.

Figure 8. A five days old baby, born in the 41st week of pregnancy. 3D examination through the mastoid fontanelle – the cerebellum and the fourth ventricle are well seen. Multiplanar image. Top left – frontal; top right – axial; bottom left – paramedian sagittal section.

Tisti, ki so med prvimi začeli preiskovati možgane s 3D UZ preiskavo, so preiskavo primerjali z ustaljeno 2D. Tako Carol Salerno in sod. (9) ugotavljajo, da je bistvena prednost 3D v primerjavi z 2D preiskavo, pri kateri pregledujemo zaporedje posameznih 2D prerezov, to, da lahko v posneti prostornini isto anatomsko strukturo istočasno pregledamo in ocenimo v treh ravninah in tudi v aksialnih prerezih, ki pri 2D preiskavi skozi veliko mečavo niso mogoči. Šele vsi ti prerezi pogosto omogočajo dokončno oceno velikosti in natančnejšo lokalizacijo določenih patoloških sprememb. Po izkušnjah avtorjev so bili aksialni prerezi odločujoči za diagnozo v približno 50%. Pomembna prednost 3D preiskave je krajši čas preiskave, saj znaša v povprečju $1,7 \pm 0,7$ min, pri 2D preiskavi pa do $9 \pm 4,5$ min. Hudo bolne nedonošene in donošene novorojenčke pa krajša preiskava manj obremenjuje. Po ugotovitvah Salernove in sod. (9) so meritve v možganih pri 3D natančnejše kot pri 2D preiskavah. Ocenjujejo, da je ločljivost pri 3D sicer slabša kot pri 2D preiskavah, vendar še primerna za diagnostično vrednotenje. Novejše UZ

naprave omogočajo tudi take označbe posameznih 2D eho-gramov v večravninskem prikazu (levo-desno, zgoraj-spodaj, spredaj-zadaj), ki vsakemu obračanju ali vrtenju 2D eho-gramov sledijo tako, da označujejo vedno pravo stran – možnost, kar so Salerno in sod. (9) še leta 2000 pogrešali. Skupina iz Denverja (8, 10) meni, da je prednost 3D preiskave predvsem ta, da pri določenih diagnostičnih vprašanih daje več podatkov kot 2D preiskava, saj pri listanju skozi posneto prostornino lažje in z večjo zanesljivostjo ugotovimo, ali so strukture v možganih normalne ali nepravilne. Pri 2D preiskavi s premikanjem in nagibanjem tipala usmerjamo ultrazvočni snop in na zaslonu se prikažejo 2D prerezi pregledanih delov možganov. Dokončna diagnoza pri 2D preiskavi temelji na usposobljenosti preiskovalca, da med preiskavo zanesljivo loči in prepozna pravilne in nepravilne anatomske podrobnosti v možganih in te nato tudi slikovno dokumentira. Pri tem mora biti sposoben, da iz posameznih 2D prerezov miselno sestavi celoto in dobi prostorninsko predstavlo preiskavo možganov.

Po naših prvih izkušnjah s 3D UZ preiskavo možganov ima ta preiskava dve prednosti pred 2D preiskavo zaradi

- enostavnosti in hitrosti, s katero se posname 3D prostornina, saj tipalo za preiskavo le prislonimo na veliko mečavo in premikanje tipala ni potrebno;
- možnosti, da posnete prostornine shranimo v spomin in lahko pri nejasnostih pregledujemo prostornino večkrat in iz različnih zornih kotov.

Zaključki

Za razliko od UZ preiskav na drugih diagnostičnih področjih, kjer je 2D (npr. v porodništvu, ginekologiji, preiskavah zgornjega trebuha, pediatriji itd.) osnovna preiskava in 3D preiskava le dopolnjuje 2D preiskavo pri določenih indikacijah, je 3D preiskava možganov pri novorojenčkih in dojenčkih prav gotovo najboljša preiskava.

Kot to napovedujejo Timor-Tritsch in sod. (30), tudi mi menimo, da bodo tedaj, ko bodo vse UZ aparature opremljene z opcijo tehnike za 3D preiskavo, vse preiskave možganov pri novorojenčku in dojenčku opravljene s 3D tehniko.

Literatura

1. Cooke RWI. Ultrasound examination of the neonatal head. *Lancet* 1979; III: 38-8.
2. Lukinović N. Ultrazvočna diferencialna diagnostika bolezni centralnega živčnega sistema novorojenčka in dojenčkov. *Zdrav Vestn* 1988; 57: Suppl II: 101-6.
3. Peters H, Weitzel D. Sonografski znaki patoloških sprememb glave. *Zdrav Vestn* 1988; Suppl II: 80-92.
4. Burja S, Japelj I, Zakotnik B, Žic L, Bračič K, Gregorič A. Naše prve izkušnje z ultrazvočnimi preiskavami možganov novorojenčkov. *Zdrav Vestn* 1983; 52: 303-8.
5. Burja S, Japelj I, Nikolič T, Dovnik E. Zgodnje odkritje možganske okvare omogoča zgodnje zdravljenje. *Zdrav Vestn* 1988; 57: Suppl II: 107-11.
6. Japelj I, Burja S, Štruel E, Gregorič A. Normalna ultrazvočna anatomija možganov pri rojenčku in dojenčku. *Zdrav Vestn* 1998; 57: Suppl II: 93-9.
7. Manco-Johnson ML, Thieme G. 3D US of the neonatal brain. Paper presented at the 2nd World congress on 3D ultrasound. Las Vegas, October 1999., Las Vegas: 1999: 8-8.
8. Thieme G, Manco-Johnson ML, Cioffi-Ragan D. Three-dimensional neonatal neurosonography. In: Kurjak A, Kupešić S. Clinical application of 3D sonography. Philadelphia, New York, London: The Parthenon Publishing Group; 2000: 181-90.
9. Salerno CS, Pretorius DH, Hilton SW, O'Boyle MK, Hull AD, James GM, Riccabona M, Mannino F, Craft A, Nelson TR. Three-dimensional ultrasonographic imaging of the neonatal brain in high-risk neonates. Preliminary study. *J Ultrasound Med* 2000; 19: 549-55.
10. Manco-Johnson ML, Thieme G, Cioffi-Ragan D. Three-dimensional neonatal neurosonography. In: Timor-Tritsch IE, Monteagudo A, Cohen HL. *Ultrasonography of the prenatal and neonatal brain*. Second edition. New York, London, Madrid, Milan, Toronto: McGraw-Hill Medical Publishing Division; 2001: 467-87.
11. Japelj I, Ogrizek-Pelkič K, Pšeničnik S. Tridimenzionalna ultrazvočna preiskava v porodništvu. *Zdrav Vestn* 2001; 70: 561-7.
12. Monteagudo A, Timor-Tritsch IE, Mayberry P. Three-dimensional transvaginal neurosonography of the fetal brain: »navigating« in the volume scan. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; 16: 307-13.
13. Blieneser JA. Entwicklung und derzeitiger Stand der Schädelsonographie im Säuglingsalter. *Ultraschall Klin Prax* 1987; 2: 77-86.
14. Gassner I, Unsinn KM, Geley T, Sinzig M. Sonographie des Gehirns und Rückenmarks bei Früh- und Neugeborenen. *Radiologe* 2000; 40: 35-42.
15. Peters H, Schumacher R. Gehirn und Rückenmark. In: Deeg KH, Peters H, Schumacher R, Weitzel D. *Die Ultraschalluntersuchung des Kindes*. 2. Auflage. Berlin, New York, London, Tokio: Springer, 1997: 37-99.
16. Timor-Tritsch IE, Monteagudo A. Transvaginal fetal neurosonography: standardization of the planes and sections by anatomic landmarks. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1996; 8: 42-7.
17. Swobodnik W, Herrmann M, Altwein JE, Basting RF. Atlas der Ultraschall-anatomie. Sonographische Normalbefunde als Grundlage der Diagnostik. Gehirn. Stuttgart, New York: G. Thieme, 1988: 100-31.
18. Ramji FG, Slavis TL. Normal neonatal head ultrasound. In: Haller JO. *Textbook of neonatal ultrasound*. London, New York: The Parthenon Publishing Group, 1998: 1-29.
19. Cohen HL, Blitman NM, Sanchez J. Neurosonography of the infant: the normal examination. In: Timor-Tritsch IE, Monteagudo A, Cohen HL. *Ultrasonography of the prenatal and neonatal brain*. Second edition. New York, London, Madrid, Milan, Toronto: McGraw-Hill Medical Publishing Division; 2001: 403-22.
20. Shuman WP, Rogers JV, Mack LA, Alvard BC, Christie DP. Real-time sonographic sector scanning of the neonatal cranium - technique and normal anatomy. *AJR* 1981; 137: 821-8.
21. Deeg KH, Rupprecht TH, Zeilinger G. Gepulste dopplersonographische Bestimmung von Normalwerten der Flussgeschwindigkeiten in der A. basilaris im Säuglingsalter. *Ultraschall Klin Prax* 1987; 2: 216-23.
22. Stark JF, Seibert JJ. Cerebral artery doppler ultrasonography for prediction of outcome after perinatal asphyxia. *J Ultrasound Med* 1994; 13: 595-600.
23. Dean M, Taylor GA. The intracranial venous system in infants; normal and abnormal findings on duplex and color doppler sonography. *AJR* 1995; 164: 15-56.
24. Lam AH. Doppler imaging of superior sagittal sinus thrombosis. *J Ultrasound Med* 1995: 41-6.
25. Merz E. 3-D ultrasound in obstetrics and gynecology. Philadelphia, New York, Baltimore. Lippincott Williams-Wilkins, 1998.
26. Anderson NG, Allen R, Darlow B, Malpas T. Diagnosis of intraventricular hemorrhage in the newborn. Value of sonography via the posterior fontanelle. *AJR* 1994; 163: 893-6.
27. Anderson NG, Hay R, Hutckings M, Whitehead M, Darlow B. Posterior fontanelle cranial ultrasound: anatomic and sonographic correlation. *Early Hum Dev* 1995; 42: 141-52.
28. De Vries LS, Eken P, Beek E, Groenendaal F, Meiners LC. The posterior fontanelle: a neglected acoustic window. *Neuropediatrics* 1996; 27: 101-4.
29. Burkley K, Taylor G, Estraff J. Use of the mastoid fontanelle for improved sonographic visualization of the neonatal midbrain and posterior fossa. *AJR* 1997; 168: 102-5.
30. Timor-Tritsch IE, Monteagudo A, Mayberry P. Three-dimensional ultrasound evaluation of the fetal brain: the three horn view. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; 16: 302-6.