

Klinika za ginekologiju i porodništvo, Opća bolnica Sveti Duh u Zagrebu

DOPRINOS ČETVERO-DIMENZIONALNOG ULTRAZVUKA U IZUČAVANJU FETALNOG PONAŠANJA

FETAL BEHAVIOUR: WHAT DOES FOUR-DIMENSIONAL ULTRASOUND ADD?

Bruno Kavajin, Nenad Veček, Asim Kurjak, Wiku Andonotopo, Milan Stanojević

Pregled

Ključne riječi: 4-D ultrazvuk, 3-D ultrazvuk u realnom vremenu, fetalno ponašanje.

SAŽETAK. Jedna od mogućih primjena 4D ultrazvuka je analiza fetalnog ponašanja za ocjenu funkcionalnog razvoja središnjeg živčanog sustava kao mjerila neurološkog sazrijevanja. Obrasci ponašanja fetusa s normalnim rastom i razvojem pokazuju određena pravila u pogledu vremena i učestalosti pojavljivanja. Postoje znatna odstupanja u kvantiteti i kvaliteti pokreta u fetusa s anencefalijom ili s intrauterinim zastojem u rastu kao i u fetusa majki sa šećernom bolešću tipa I. U pogledu analize fetalnog ponašanja vrijeme će pokazati koliki je nesrazmjer između naših pretpostavki i stvarnih mogućnosti četvero-dimenzionalnog ultrazvuka.

Review

Key words: four-dimensional sonography, real-time three-dimensional sonography, fetal behaviour.

SUMMARY. One of possible applications of four-dimensional sonography is analysis of fetal behaviour in order to reach assessment of functional development of CNS as measure of neurological maturation. Patterns of fetal behaviour in fetuses with normal growth and development show aberrations regarding time and frequency of appearances in anencephalic or growth retarded fetuses and fetuses from mother with diabetes mellitus type I. In times to come, it will be shown how high is disproportion between our hypothesis and real possibilities of four-dimensional sonography regarding analysis of fetal behaviour.

Tro-dimenzionalni ultrazvuk (3-D UZ) pružio je prostornost prikaza na račun njegove dinamike. Budući da su pokreti tijekom ozvučivanja značajno slabili kvalitetu slike, preduvjet za 3-D UZ bilo je potpuno mirovanje ploda. Tako su se 3-D UZ-om prikazivali plodovi jedino tijekom mirovanja, pa uvođenje ove tehnologije nije donijelo sa sobom nikakav pomak u razumijevanju fetalne motorike. Pojava novog naraštaja moćnih procesora omogućila je dovoljno brzo ozvučivanje i obradu podataka, čime se izbjeglo pokretima izazvano slabljenje slike. Drugim riječima, dobiveni prikaz objedinjavao je prednosti dvodimenzionalnog ultrazvuka (2-D UZ) i 3-D UZ-a, odnosno istodobno pružio prostornost i dinamičnost prikaza gotovo u stvarnom vremenu. Tako je rođen četverodimenzionalni ultrazvuk (4-D UZ).

4-D UZ pruža mogućnost proučavanja ponašanja fetusa i uobičajenih pokreta na sveobuhvatniji način. Morfološka dinamika, kao na primjer zijevanje, sisanje, smijanje, plakanje i treptanje može se jednostavnije shvatiti, što pruža praktične načine za ocjenu neurofiziološkog razvoja i otkrivanje morfoloških poremećaja.¹ Sve to trebalo bi nam pomoći u boljem razumijevanju somatskog i motoričkog razvoja fetusa. Sada se pruža mogućnost proučavanja aktivnosti fetusa površinskim prikazom, koji je osobito pogodan za izučavanje brzih fetalnih pokreta.^{2,3} Naposljetku, pored stručne i znanstvene vrijednosti ova tehnologija olakšava komunikaciju liječnik roditelj. U normalnim trudnoćama, dobivene slike pomažu roditeljima prenijeti osjećaj smirenosti i učvršćuju emotivnu vezu s njihovim djetetom. U patološkim sluča-

jevima, očekuje se da će uporaba ove nove tehnologije roditelje opskrbiti informacijama, koje će im pomoći u donošenju odluka.

Nove dijagnostičke mogućnosti

Prednosti 4-D UZ-a očitovale su se u otkrivanju, sveobuhvatnom sagledavanju i lakšem shvaćanju morfolo- gije i dinamike lica. Među najočaravajuća postignuća ove tehnike spada otkrivanje izraza lica, tako da je sada mogu- će proučavati cijeli niz izraza, uključujući smijanje, plaka- nje, mrštenje i pomicanje vjeđa.^{4,5} Promatranje izraza lica može, u kontekstu ocjene funkcionalne zrelosti ličnog živ- ca imati znanstvenu i dijagnostičku vrijednost (*slika 1*).

Kako 2-D UZ prikazuje plošni prikaz lica, kojim je površina lica svedena na jednu ravninu, nije moguć sve- obuhvatni prikaz morfološke dinamike. Drugim riječima, istodobni prikaz morfološke dinamike dvaju udaljenih dijelova lica (usta i vjeđe) je nemoguć. Konkretno to znači da se zijevanje ili gutanje i pomicanje vjeđa ne može istodobno prikazati. Nasuprot tomu, 4-D UZ omogućava istodobni prikaz svih dijelova lica, zajedno s njihovom dinamikom, pa se morfološka dinamika lica može sve- obuhvatno promatrati.

Postoji nekoliko obrazaca pokreta čeljusti, kao npr. izolirani pokreti čeljusti, sisanje i gutanje, koji se odvijaju bez pomaka glave. Zijevanje se može promatrati kao obrazac pokreta istovjetan onomu kojeg vidamo u dojen- čadi, djece i odraslih osoba: polagano otvaranje, produ- ljeno široko razmicanje čeljusti, nakon čega slijedi brzo



Slika 1. Trodimenzionalni površni prikaz fetalnog lica u 33. tjednu trudnoće. Uočavaju se otvorene očne vjeđe i površni obrisi lica. Normalan izgled i kontinuitet lica, usana, nosa i čela ukazuju na normalan razvoj kože, potkožnog tkiva, orofacijalnog mišićja i ličnih kostiju. Iz ...

Figure 1. Three-dimensional surface rendered image of fetal face at 33 weeks of gestation. Open eyes and surface facial contours can be recognized. Normal appearance and continuity of face, lips, nose and forehead indicates normal fetal development



Slika 2. Trodimenzionalni prikaz fetalnog lica i ruke. Prepoznatljive su zatvorene vjeđe i površni obrisi lica s palcom lijeve ruke u ustima. Slika prikazuje manipulativnu sposobnost ruke, odnosno neonatalni pokret stavljanja palca u usta. Iz ...

Figure 2. Three-dimensional image of fetal face and hand. Closed eyes and surface facial contours with thumb placed into mouth. Figure shows the manipulative capability of hand, otherwise movement of placing thumb into mouth

sklapanje s istovremenom retrofleksijom glave. 4-D UZ zbog prostornosti svojeg prikaza omogućuje da se oba pokreta istovremeno prikažu na način razumljiv roditeljima. U višeploidnoj trudnoći 4-D UZ omogućava istodoban prostorni prikaz anatomije i pokreta dvaju ili više plodova. To omogućava prepoznavanje izdvojene motorne aktivnosti jednog ploda te razlučivanje spontane od stimulirane motoričke fetalne aktivnosti ploda.^{6,7}

Iz spomenutog proizlazi da se kakvoća svakog, a naročito složenoga fetalnog pokreta može pouzdanije prikazati i ocijeniti 4-D UZ-om. S druge strane, zbog naravi

4-D UZ-a, odnosno glede prikaza u stvarnom vremenu, ova metoda je što se tiče kvantifikacije vrste kretanja slabija od 2-D UZ-a u stvarnom vremenu. Stoga u pogledu kvantifikacijskog proučavanja, 2-D UZ u stvarnom vremenu još uvijek ostaje zlatni standard. Iako većina objavljenih radova ukazuje na različite prednosti 3-D i 4-D UZ u odnosu na 2-D UZ, ova gledišta bi barem djelomično mogla biti opravdana entuzijazmom koji je potaknut dobivanjem spektakularnih slika. Međutim, neki autori počinju objavljivati studije u kojima se ne dokazuje stvarna prednost korištenja ove nove dijagnostičke tehnologije. Čini se da još nema dovoljno kvalitetnih studija koje bi mogle razjasniti ili dokazati stvarne koristi 3-D UZ-a u svakodnevnoj praksi i hitno su potrebne ran-



Slika 3. Trodimenzionalni površni prikaz fetalnog zijevanja. Postoji kontinuitet obrisa fetalnih usnica, lica, nosa i jezika. Sam pokret se sastoji od dugog širokog otvaranja čeljusti popraćen brzim zatvaranjem, često uz retrofleksiju glave. Iz ...

Figure 3. Three-dimensional surface rendered image of fetal yawning. The continuity of fetal lips, face, nose and tongue can be recognized. This movement consists of a slow opening, the mouth remains open for a several seconds and then quickly closes often accompanied with a retroflexion of head



Slika 4. Trodimenzionalni površni prikaz fetalnog lica s isplazanim jezikom. Lijeva fetalna ruka je na lijevom oku te se doima kao da trlja vjeđu. Iz...

Figure 4. Three-dimensional surface rendered image of fetal face with expelled tongue. Left fetal hand is on the left eye and it seems that it touches eye

domizirane kontrolirane studije.⁸ Na tome se trenutačno radi u našoj klinici.

Moguća primjena 4D ultrazvuka

Ponašanje fetusa

Ponašanje fetusa se može definirati kao cjelokupna aktivnost ploda. Neke fetalne aktivnosti poput pokreta glave, trupa i udova te punjenja i pražnjenja mjehura ili želuca mogu se promatrati ultrazvukom. Kako se još uvijek ne može izravno ocijeniti funkcionalni razvoj središnjega živčanog sustava, istraživači su počeli analizirati ponašanje fetusa kao mjerilo neurološkog sazrijevanja.⁹

Prekretnica u prosudbi ponašanja fetusa bilo je uvođenje ultrazvuka u stvarnom vremenu, jer se mogla prikazati spontana motorička aktivnost. Budući da tjelesni pokreti fetusa pružaju važne informacije o njegovu stanju, analizirani su njihovi kvantitativni i kvalitativni aspekti. U pionirskom djelu, de Vries i sur.¹⁰ su opisali razvojni put fetalnih pokreta u longitudinalnom proučavanju 12 zdravih prvorođkinja. Klasificirali su pokrete, opisujući odvijanje svakog pojedinog pokreta u smislu brzine i raspona.

Pokreti fetusa

Služeći se ultrazvučnim prikazom, de Vries i sur.¹¹ su se usredotočili na prvu polovicu, a Roodenburg i sur.¹² na drugu polovicu trudnoće. Na temelju opažanja naizgled tipičnih spontanih pokreta, de Vries i sur.¹³ su zabilježili varijacije u »općenitim pokretima«, za njih su vjerovali da upućuju na abnormalnosti središnjeg živčanog sustava. Nakon njih, drugi istraživači su kao zasebnu varijablu odabrali općenite pokrete ili krupne pokrete koji uključuju cijelo tijelo. Oni mogu trajati od nekoliko sekundi do jedne minute. Oni rastu i padaju u intenzitetu, snazi i brzini, a njihov početak i kraj su postupni. Pokret je tečan i elegantan i stvara dojam složenosti i varijabilnosti.¹⁴ Nedostatak posebnih definicija i dugoročnog nastavljanja rada te detaljnih metoda i pouzdanosti opisa, ograničili su uporabljivost nekih od ovih studija. U samo dvije studije – jednoj o razvoju položaja glave i jednoj o korištenju ruke – bilo je opisano ponašanje fetusa.^{15,16}

Sparling i Wilhelm¹⁷ su opisali spontane pokrete fetusa od 12. do 35. tjedna trudnoće i zabilježili su karakteristike pokreta ruke. Mnogi pokreti su djelovali kao da su usmjereni prema nekom dijelu tijela ili stijenci maternice. Ruke fetusa su se pomicala različitom učestalošću i prividnom snagom. Udruženi nizovi pokreta su se kroz kretnje mijenjali i nisu ostajali isti. Sparling i Wilhelm su uočili, na primjer, da se rano u fetalnom razvoju ponavljaju brza, progresivno jača sagibanja glave, što je rezultiralo kolutom koji je omogućio da fetus promijeni položaj unutar maternične šupljine. Suprotno tome, tijekom kasnijih razdoblja trudnoće, ruke fetusa su bile usmjerene i dodirivale su dijelove tijela i okoline, na primjer pupkovinu. Tako su, kasnije u trudnoći, ruke pokazivale manipulativnu sposobnost i sugerirale su »intencionalnost«, termin koji su skovali Butterworth i Hop-

Tablica 1. Razvojna motorička obilježja fetusa s niskim rizikom (prema Sparlingu i Wilhelmu)¹⁷

Table 1. Developmental motor characteristic of low-risk fetuses (according to Sparling i Wilhelm)¹⁷

Tjedni trudnoće Weeks of pregnancy	Opis Description
8	Sagibanje i protezanje trupa Trunk flexion and extension
12	Izolirani i nasumični pokreti ekstremiteta Isolated random-appearing movements of extremities
14	Postoje svi obrasci pokreta, povećana učestalost pokreta koji djeluju »organiziranije« u usporedbi s pokretima u 12 tjednu; ruke kao da »istražuju«, dok se noge pružaju prema stijenci maternice; ruka prelazi medijanu liniju, pružajući površinu dlana prema suprotnoj stijenci maternice All movement patterns present; an increased frequency of movement that is more »organized« in appearance compared with movement at 12 weeks; arms appear to »explore« while legs extend against uterine wall; arm crosses midline, extending palmar surface to opposite uterine wall
16	Manja učestalost pokreta nego u 14. tjednu, hvatanje prstima, stavljanje palca u usta Decreased frequency of movement from 14 weeks with pincer grasp, thumb in mouth
20	Više obostranih pokreta (noge se pružaju prema stijenci maternice, ruke se savijaju i često su sklopljene zajedno blizu lica) More bilateral movement (legs extend together against uterine wall, arms flex and hand are often held together near the face)
26–32	Samostalni pokreti ekstremiteta prema svim dijelovima maternice i određenim dijelovima tijela Independent movements of extremities to all parts of the uterus and specific body parts
37–38	Smanjena učestalost pokreta; ruke često prijanjaju uz zatiljak ili se nadlaktica naslanja na stjenku maternice Decreased frequency of movements; hands often molded to occiput or dorsum of hand rests against uterine wall

kins¹⁸ da bi opisali inače neonatalni pokret stavljanja ruke u usta (*slika 2*).

Ostale razvojne sklonosti pokreta ruku su zabilježene u ranijim promatranjima i ukratko su prikazane u *tablici 1*.¹⁷ U toj su studiji autori smatrali da su stavljanje palca u usta i protezanje obiju nogu prema stijenci maternice funkcionalno važni. Vjerovali su da je često uočeno protezanje noge prema stijenci maternice mogući nagovještaj kasnijeg sudjelovanja u procesu rađanja. Čini se da rani pokreti ruke pomažu fetusu u identifikaciji dijelova okoline. Može se uočiti da ruke prelaze središnju liniju, a dlanovi »pipaju« stijenku maternice. Dlanovi fetusa također prijanjaju uz zatiljak, hvataju pupkovinu i čini se kao da pokušavaju dosegnuti stopalo.¹⁷

Kretanje fetusa ima široki raspon. Iako se čini da neki fetusi niskog rizika imaju jedinstven stil pokreta, koji je dosljedan tijekom čitavog razdoblja trudnoće, drugi fetusi niskog rizika imaju prilično velike fluktuacije u trajanju i učestalosti pokreta.¹⁹ Proučavanje nepredvidljivosti pokreta fetusa s niskim rizikom bi moglo pružiti ključ za razumijevanje motoričkog ponašanja fetusa s oštećenjem.²⁰ Takve studije su potrebne prije nego se za neke pokrete može proglasiti da odstupaju od normale, da bi se kao takvi mogli rabiti u dijagnostičke svrhe.²¹

Unatoč poboljšanjima u broju slika u sekundi i rezolucije slike koja povećavaju potencijal sonografije u stvarnom vremenu, u prosudbi fetalnog ponašanja još postoje ograničenja. Studije su bile ograničene na pokrete većih struktura, kao što su ruke, noge, glava i trup. Otkrića o pokretima manjih struktura, kao što su vjeđe i prsti, bila su zbog nezadovoljavajuće vizualizacije nepouzdana i stoga znanstveno neprihvatljiva. Opisana je koordinacija pokreta između većih struktura, kao što su noge ili ruke, ali koordinaciju zatvaranja očnih vjeđa i zijevanja ili pokreta prstiju uz pomoć konvencionalne sonografije je bilo teško ili gotovo nemoguće promatrati.

Klasifikacija obrazaca pokreta

Pomoću transabdominalnog 2-D UZ-a dokazalo se da fetalni pokreti nastaju već u prvom tromjesečju. Koristeći video-dokumentaciju de Vries i sur.¹⁰ pionirski su opisali vrste pokreta. Ovdje ćemo sažeti njihov opis: Pod velikim pokretima podrazumijevaju se pokreti koji zahvaćaju čitav plod (npr. općenite kretnje ili protezanje), a pod malim pokretima podrazumijevaju se pokreti koji zahvaćaju jedan organ (npr. izdvojeni pokret uda ili pojedinačna rotacija glave). Za pokret kažemo da je tečan ukoliko je od svog prvog do zadnjeg elementa izveden bez prekida ili zastajkivanja.

1. *Jedva primjetni pokreti.* U sedmom i prvoj polovici osmog tjedna trudnoće, uočava se polagano i sićušno pomicanje obrisa zametka, u trajanju od pola do dvije sekunde, javljajući se obično kao pojedinačna pojava. Mala veličina fetusa (otprilike 2 cm) i plošni prikaz dosad su otežavali prostorno poimanje ove vrste pokreta.

2. *Trzaj.* Trzaj je nagli opći pokret, uvijek pokrenut iz udova, a ponekad proširen na vrat i trup. Savijanje ili ispružanje udova obično ima veliku amplitudu, ali može biti maleno ili jedva primjetno. Pokret traje otprilike jednu sekundu. Trzaji se često javljaju pojedinačno, ali ponekad mogu slijediti jedan drugog u nizu, s razmacima od nekoliko sekundi. Trzaji mogu slijediti jedan opći pokret ili mogu u roku od deset sekundi biti popraćeni općenitim pokretom.

3. *Općenite kretnje.* Pod općenitim kretnjama podrazumijeva se istodobno kretanje čitavog tijela tj. glave, trupa i udova. Javljaju se u 8. i 9. tjednu, kao spori pokreti ograničene amplitude. U 10. i 12. tjednu općenite kretnje postaju snažnije. Pokreti udova, trupa i glave su brzi, ali blagi. Imaju veliku amplitudu i stoga često tijekom ovog razdoblja uzrokuju promjenu položaja fetusa. Nakon 12. tjedna opći pokreti postaju promjenjivi u brzini i amplitudi. Mogu trajati jednu do četiri minute, a njihov intenzitet se tijekom ovog razdoblja mijenja. Koliko god ovi pokreti bili promjenjivi, uvijek su po svojoj prirodi graciozni.

4. *Štucanje.* Sastoji se od grčevitog stezanja dijafragme. Ono traje manje od jedne sekunde. Štucaji često slijede u redovitim razmacima jedan za drugim, a u rijetkim slučajevima mogu se javiti i pojedinačno. Često su popraćeni pasivnim pokretima udova i/ili glave. Štucanje se javlja u 8. tjednu trudnoće. Postoji razlika između trzaja

i štucanja: trzaji se pokreću u udovima, a štucanje započinje grčevitim pokretom dijafragme koje može biti popraćeno pomicanjem udova.

5. *Disanje.* Fetalno disanje se temelji na pomicanju dijafragme prema kaudalno, što dovodi do kretanja prsnog koša prema unutra, a trbušne stijenke prema van. Amplituda pomaka ošita može biti različita, traje manje od jedne sekunde. Ovi pokreti se obično javljaju u epizodama. Disanje se pojavljuje već u 9. tjednu trudnoće. Iako se pokreti disanja obično javljaju samostalno, ponekad se javljaju u kombinaciji sa širenjem čeljusti i/ili gutanjem, kao i u kombinaciji s općenitim kretnjama. Pojedinačni pokret disanja s većim pomicanjem dijafragme može nalikovati uzdahu.

6. *Pojedinačni pokret uda.* Pod ovim pokretom podrazumijeva se ispružanje, pregibanje, vanjska ili unutarnja rotacija, odvlačenje ili privlačenje uda, a bez kretanja drugih dijelova tijela. Ovi pokreti javljaju se u 9. tjednu trudnoće. Mogu biti brzi ili spori, a amplituda se može razlikovati od malene do vrlo velike. Ispružanje ruke često je popraćeno ispružanjem prstiju, barem nakon 12. tjedna. Spori pokreti ruke se često javljaju bez da su popraćeni drugim kretnjama. Spori pokreti noge rijetko se opažaju. Brzi i grčeviti pokreti ruke ili noge mogu se javiti kao pojedinačni događaj (grčeviti trzaji) ili kao ritmične kretnje približne frekvencije od tri do četiri u sekundi (klonus, tj. naizmjenično stezanje i opuštanje mišića u brzom slijedu). Potonje se može dogoditi samo nakon 14. tjedna, a i tada je rijetko. Grčeviti trzaji i klonusi se ne javljaju samo kao izdvojene pojave, već se mogu nadovezati na općenite pokrete ili im mogu prethoditi.

7. *Pojedinačna retrofleksija glave.* Retrofleksije glave se obično odvijaju polako, ali mogu biti brze i grčevite. Pomicanje glave može biti maleno ili veliko. Veliko pomicanje može prouzročiti prekomjerno rastezanje kralježnice fetusa. Glava može ostati u retrofleksiji od jedne sekunde pa do više od jedne minute. Iako najčešće promatrana kao pojedinačni izdvojen slučaj, može doći i do ponavljane grčevite retrofleksije glave. Spora retrofleksija glave može biti popraćena širenjem čeljusti i rotacijom glave.

8. *Pojedinačna rotacija glave.* Rotacija glave se odvija malom brzinom i samo u iznimnim slučajevima može biti brza. Glava se može okrenuti od medijane linije prema lijevo ili desno. Trajanje pokreta je uglavnom duže od jedne sekunde. Ovaj pokret se često javlja pojedinačno, a ako se ponavlja nikad nije ritmičan. Rotacija glave je često povezana s kontaktom ruke i glave.

9. *Pojedinačna antefleksija glave.* Antefleksija glave se odvija samo pri maloj brzini. Pomak je neznan. Trajanje je otprilike jedna sekunda. Antefleksija se može dogoditi zasebno i pojedinačno, a pojavljuje se i ritmički zajedno s kontaktom ruka-lice, kada se može uočiti i sišanje.

10. *Pomicanje čeljusti.* Širenje čeljusti može biti sporo ili brzo. Opseg širenja se razlikuje. Trajanje širenja se kreće od manje od jedne do pet sekundi. Pokret se može

dogoditi jednom ili se može ponavljati. Do 15. tjedna pojedinačno široko širenje čeljusti je uobičajenije nego u kasnijem razdoblju; neredovito ponavljanje pokreta se događa češće nakon 15. tjedna nego ranije. Širenje čeljusti se može javiti zasebno ili tijekom općenitih kretnji, sa štucajem (vjerojatno pasivno) i s pojedinačnim pokretima glave. Pokreti jezika se također mogu usput uočiti.

11. *Sisanje i gutanje*. Ritmičke pojave redovitog širenja i zatvaranja čeljusti otprilike za jednu sekundu, može biti popraćeno gutanjem, što ukazuje na to da fetus pije amnionsku tekućinu. Gutanje se sastoji od pomicanja jezika i/ili grkljana.

12. *Kontakt ruka-lice*. Kod ovog obrasca kretanja ruka polako dotakne lice, a prsti se učestalo pružaju i savijaju. Stavljanje prstiju u usta samo se u vrlo rijetkim slučajevima može precizno promatrati. Kontakt ruka-lice traje dulje od jedne sekunde. Javlja se zasebno ili kao dio općenite kretnje.

13. *Protezanje*. Protezanje je složen motorički obrazac, koji se uvijek odvija pri maloj brzini i sastoji se od sljedećih elemenata: snažnog istežanja leđa, retrofleksije glave, vanjske rotacije i uzdizanja ruku. Ovaj obrazac uvijek traje nekoliko sekundi i događa se samo pojedinačno.

14. *Zijevanje*. Ovaj pokret je sličan zijevanju koje se primjećuje nakon rođenja: dugo široko širenje čeljusti popraćeno brzim zatvaranjem, često uz retrofleksiju glave, a ponekad i uz uzdizanje ruku. Ovaj pokret se javlja isključivo kao pojedinačan slučaj (slika 3.).

15. *Rotacija fetusa*. Rotacija fetusa se događa oko uzdužne ili poprečne osi. Potpuna promjena položaja oko poprečne osi, obično popraćena kolutom unatrag, postiže se složenim općim pokretom, koji uključuje naizmjenične pokrete nogu koji nalikuju neonatalnom koračanju. Rotacija oko uzdužne osi može biti rezultat pokreta nogu popraćenih rotacijom kukova ili može proizaći iz rotacije glave, popraćene rotacijom trupa. Potpuna promjena položaja fetusa se može postići za samo dvije sekunde, ali može i dulje potrajati.

Naša i druga iskustva

Zagrebačka grupa je u prosudbi ranog fetalnog ponašanja pokušala ocijeniti prednosti 4-D UZ-a nad 2-D UZ-om u stvarnom vremenu. U 7. tjednu trudnoće dominantna embrionalna struktura je glava, koja je snažno savijena prema naprijed. Izdanci gornjih i donjih udova vidljivi su na bočnim stranama embrija. Međutim, embrionalne kretnje nisu česte i uglavnom se sastoje od pomicanja glave prema ostatku tijela. U 8. i 9. tjednu, glava je manje savijena, a promjena položaja glave prema tijelu je jasnije uočljiva.¹ Uz pomoć 4-D UZ-a u 8. tjednu uočene kretnje su obuhvaćale promjene položaja glave prema tijelu, što znači da 4-D UZ omogućava jasan prikaz kretanja jedan tjedan ranije nego što to pruža 2-D UZ.

Među pokretima povezanim za tijelo fetusa, *općenite kretnje* su prvi složeni obrasci koji su uočljivi dvodimenzionalnim ultrazvukom.^{10,22} Oni se mogu uočiti u 8. i 9.

tjednu trudnoće i javljaju se sve do 16.–20. tjedna nakon rođenja.¹⁷ Prema Prechtlu to su općenite kretnje. One mogu potrajati od nekoliko sekundi do nekoliko minuta ili dulje. Pokreti trupa, udova i glave imaju promjenjivu brzinu, ali su blagi. Njihov intenzitet varira kao i sila i brzina kojom se odigravaju i imaju svoj početak i kraj.¹⁴ Ispružanja i savijanja nogu i ruku većinom su povezana sa suptilnim promjenama, kao što su nadovezane rotacije i promjene smjera kretanja. Kako 4-D UZ te pokrete prikazuje u cijelosti tj. sa suptilnim komponentama, očekuju se znanstveni pomaci u izučavanju patoloških trudnoća. Svojstva pokreta mogu biti promijenjena u fetusa čije majke boluju od šećerne bolesti tipa 1 i u fetusa s anencefalijom: u smislu pokreta snažne i grčevite naravi te velike amplitude u fetusa s anencefalijom, a monotonih i ukončenih pokreta ili kaotične naravi u dijabetičkih trudnica.^{23,24}

4-D UZ-om uočavamo *kretnje udova* u 8. i 9. tjednu. U tom razdoblju udovi su izduženi, a njihovi dijelovi se ne mogu razabrati. Pojedinačni pokreti ruku i nogu jasno su vidljivi, a sastoje se od promjene položaja udova prema tijelu, bez uočljivog pregibanja ili ispružanja u zglobovima. Kretnje udova postaju odmicanjem trudnoće složenije. Složene kretnje udova promatrane četverodimenzionalnim ultrazvukom sastoje se od promjene položaja jednih prema drugima dijelovima udova. Više zglobova na udovima je aktivno i pomiču se istovremeno, npr. ispružanje ili pregibanje ruke i lakta ili boka i koljena. Uzdizanje ruke, ispružanje koljenog zgloba s malim promjenama smjera i rotacije, može se istovremeno uočiti. Ovi novi elementi mogu se razabrati samo pomoću 4-D UZ-a, zbog njegove nadmoći u prikazivanju kakvoće kretanja prostornim prikazom kretanja. 4-D UZ omogućava prikaz istodobnih pokreta svih udova. Čini se da fetus rukama istražuje svoje okruženje i prelazi središnju liniju, dok je dlan usmjeren prema stijenci maternice. Noge fetusa su ispružene prema stijenci maternice.¹⁷ Ova pojava se može pomoću 2-D UZ-a uočiti u 14. tjednu, a dva tjedna ranije pomoću 4-D UZ-a. Unatoč njegovoj pojavi, ovaj način kretanja je manje organiziran, u usporedbi s promatranjem pomoću 2-D UZ-a u 14. tjednu.

Razdoblja diferencijacije pokreta fetusa te nastupanje općenitih kretnji i složenog »biheviorističkog« obrasca kretanja kao što su gutanje, protezanje i zijevanje povezani su s porastom broja aksodentritskih i aksosomatskih sinapsi između 8. i 10. i ponovno između 12. i 15. tjedna trudnoće.²⁵

Služeći se prednostima četverodimenzionalnog ultrazvuka možemo prosuditi fiziološki obrazac *motoričkog razvoja* embrija ili fetusa. Bilo kakva promjena obrasca mogla bi biti upozorenje za daljnje dijagnostičke preglede. Razvoj udova je složen proces koji se sastoji od diferencijacije tkiva (hrskavica, mišići, živci, krvne žile i tetive). Oštećenje tkiva koje se događa tijekom procesa diferencijacije može promijeniti obrazac kretanja. Promjena motoričkog ponašanja može biti posljedica usporenog ili prekinutog motoričkog razvoja. Pokreti udova su ključni za normalan razvoj zglobova. Dakle, rani poremećaji motoričkog razvoja rezultiraju izostankom kre-

tanja udova i time nastankom jednostrukih ili višestrukih kontraktura udova. Spinalna mišićna atrofija je jedna od neuroloških bolesti kojoj su svojstvene višestruke kontrakture udova.²⁶ 4-D UZ sveobuhvatnom procjenom pokreta fetusa mogao bi pružiti novu mogućnost za predviđanje razvoja ovog poremećaja kod visokorizičnih trudnica. Broj pokreta ruke raste do 14. tjedna. Prividna orijentacija prema nekom dijelu tijela ili stijenci maternice pojavljuje se između 14. i 16. tjedna. Daljnji razvoj obraza pokreta ruke počinje nakon smanjivanja količine pokreta ruke u 16. tjednu kada se javljaju i precizniji obrasci kretanja kao što su hvatanje prstima ili stavljanje palca u usta.^{10,17}

De Vries i sur.¹⁰ su uz pomoć dvodimenzionalne sonografije u stvarnom vremenu istraživali izolirane pokrete ruke i izolirane pokrete noge u 12 fetusa u razdoblju od 8. do 19. tjedna trudnoće. Otkrili su da se učestalost izoliranih pokreta ruke postupno povećava između 8. i 19. tjedna, dok u pojavljivanju pokreta noge nije bilo nikakvih promjena. 4D ultrazvukom su analizirani pokreti ruku te su oni klasificirani u 7 sljedećih tipova: kontakt ruka-glava, ruka-usta, ruka-lice, ruka-oči, ruka-uši, pokret ruke pokraj lica i usta²⁷ (slika 4). Naša je pretpostavka da oni u određenom trenutku predstavljaju određeni stupanj neurološkog sazrijevanja. Za daljnji neurološki razvoj potrebno je usvojiti složenije obrasce fetalnog ponašanja, koji su zbog svoje složenije organizacije na nivou središnjeg živčanog sustava bolji pokazatelj neurološkog sazrijevanja od izdvojenih pokreta ekstremiteta.

Šaka fetusa pokazuje najistančaniju motoričku koordinaciju u ljudskom tijelu, a prije uvođenja četverodimenzionalne sonografije nije bila dostupna za ozbiljno prenatalno promatranje. Usprkos toga, dvodimenzionalni ultrazvuk u stvarnom vremenu omogućuje neinvazivno promatranje pokreta prstiju, ali zbog prirode dvodimenzionalnog prikaza bilo je teško prosuditi prostorni odnos među prstima. Na primjer, bilo je teško dijagnosticirati preklapanje prstiju, a promatranje pokreta prstiju je bilo gotovo nemoguće. 3-D UZ omogućava promatranje prostornog odnosa između prstiju, hvatanje prstima te njihovo preklapanje. Međutim, zbog statičnosti prikaza ne daje nikakve informacije o postupku hvatanja prstima. Četverodimenzionalna sonografija integrira prostornu rekonstrukciju prstiju fetusa i može prikazati čitav pokret šake.

Ponašanje fetusa s intrauterinim zastojem u rastu

U radu Bekedama i sur.²⁸ u kojem je praćeno fetalno ponašanje dvodimenzionalnim ultrazvukom, fetusi s intrauterinim zastojem u rastu manje su se kretali, ali u pojedinim slučajevima postojalo je preklapanje s kontrolnom skupinom fetusa. Kod fetusa s intrauterinim zastojem u rastu uočen je smanjen broj i trajanje uobičajenih kretnji. Zamjetno je smanjena učestalost trzaja, grčeva i izdvojenih pokreta udova. Kvalitativna analiza općih kretnji otkrila je smanjenost brzih komponenti, što vodi do usporenih i monotonih obrazaca kretanja. Tako-

đer je uočeno primjetno smanjenje varijabilnosti i intenziteta unutar svakog obrasca kretanja. Nagada se da je smanjena varijabilnost motoričkih obrazaca uzrokovana promjenom središnje živčane funkcije, poput smanjene varijabilnosti otkucaja srca i nepravilnosti u disanju koje uočavamo kod tih fetusa.²⁸ O drugim znakovima koji ukazuju na moguće promjene u kvaliteti pokreta fetusa izvještava Sadovski,²⁹ tvrdeći da relativan porast broja slabih kretnji, skupa sa smanjenjem jakih kretnji, prethodi smanjenju broja pokreta.

Razlike u motorici između rastom zaostalih i zdravih fetusa mogu se pripisati nekolicini uzroka. Mogući uzroci su smanjena mišićna masa, prostorna ograničenost uslijed nedostatka plodove vode i metabolitička deprivacija s ili bez oštećenja živčanog sustava. Smanjena mišićna masa fetusa s intrauterinim zastojem u rastu mogla bi biti odgovorna za nedostatak snage u pokretima ove djece, no ipak je malo vjerojatno da je odgovorna za monotoniju i smanjenje varijabilnosti pokreta. Isto tako, prostorna ograničenost mogla bi smanjiti raspon fetalnih pokreta, ali je vrlo mala vjerojatnost da utječe na ostale parametre. Ovo je potvrđeno promatranjima fetusa s prsnućem plodovih ovoja. Unatoč odsustvu plodove vode, fetus se normalno micao uz energične i snažne kretnje. Metabolitička deprivacija, poput one vezane uz hipoglikemiju i hipoksemiju, možda je odgovorna za abnormalne obrasce kretanja. Poznato je da akutna hipoksija smanjuje kretnje fetusa. Pa ipak, kratkotrajne hipoksije nisu odgovorne za učestale kvalitativne promjene pokretljivosti fetusa, jer isti su abnormalni motorički obrasci također opaženi nekoliko dana nakon rođenja, kada nije bilo hipoksije.²⁸

Ostaje pretpostavka da do abnormalnoga motoričkog ponašanja fetusa s intrauterinim zastojem u rastu dolazi zbog slabog razvoja živčanog sustava, uzrokovanog kroničnom pothranjenošću. Tu je pretpostavku potkrijepilo nekoliko istraživanja na životinjama, pokazujući da izrazita intrauterina pothranjenost može dovesti do smanjenja mijelinizacije, dentritičke arborizacije te nedovoljnog rasta živčanih stanica.³⁰ Narušeno fetalno ponašanje, uočeno u fetusa s intrauterinim zastojem u rastu, pokazuje da kronična neishranjenost u ljudi može narušiti sazrijevanje središnjeg živčanog sustava.³¹ Smanjena varijabilnost otkucaja srca i smanjena pravilnost disanja fetusa s intrauterinim zastojem u rastu, pruža vjerojatnost da bi smanjena varijabilnost općenitih pokreta također mogla potjecati iz središnjeg živčanog sustava.^{32,33}

Zaključak

4-D ultrazvuk je nova metoda koja je uvedena u kliničku praksu posljednjih nekoliko godina. Dosadašnja iskustva pokazuju da ova metoda daje prikaz fetalne dinamike na savim novi način, omogućuje sveobuhvatnije poimanje fetalnog motoričkog razvoja, čime je otvoren put prema reevaluaciji dosadašnjih postavki de Vriesa i sur. Također je otvoreno sasvim novo poglavlje u izučavanju izraza fetalnog lica. U doglednoj budućnosti od

4-D UZ-a se očekuje da na osnovi suptilnih otklona u kakvoći pokreta ukaže na fetuse s rizikom za neurološke ili metaboličke bolesti.

Literatura

1. Kurjak A, Vecek N, Hafner T, Bozek T, Funduk-Kurjak B, Ujevic B. Prenatal diagnosis: what does four-dimensional ultrasound add? *J Perinatal Med* 2002;30:57–62.
2. Kurjak A, Vecek N, Azumendi G, Varga G, Solak M, Nakano H. Fetal behavior by four-dimensional sonography. *Ultrasound Rev Obstet Gynecol* 2003;3:1–11.
3. Lee A. Four-dimensional ultrasound in perinatal diagnosis: leading edge in imaging technology. *Ultrasound Rev Obstet Gynecol* 2001;1:194–8.
4. Kozuma S, Baba K, Okai T, Taketani Y. Dynamic observation of the fetal face by three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1999;13:283–4.
5. Campbell S. 4D or not 4D: that is question. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002;19:1–4.
6. Vecek N, Kurjak A, Azumendi G. Fetal behavior in multifetal studied by four-dimensional sonography. *Ultrasound Rev Obstet Gynecol* 2004;4:52–8.
7. Vecek N, Solak M, Erceg-Ivkosic I. Četvero-dimenzionalni ultrazvuk u višeploidnoj trudnoći. *Gynaecol Perinatol* 2003;12(suppl.1):157.
8. Scarf A, Chazwiny MF, Steinborn A, Baier P, Sohn C. Evaluation of two-dimensional versus three-dimensional ultrasound in obstetric diagnostics: a prospective study. *Fetal Diagn Ther* 2001;16:333–4.
9. Hepper PG. Fetal behaviour: why so sceptical? *Ultrasound Obstet Gynecol* 1996;8:145–8.
10. de Vries JIP, Visser GHA, Prechtl HFR. The emergence of fetal behaviour. I: Qualitative aspect. *Early Hum Dev* 1982;7:301–22.
11. de Vries JIP, Visser GHA, Prechtl HFR. The emergence of fetal behaviour. II: Quantitative aspects. *Early Hum Dev* 1985;12:99–120.
12. Roodenburg PJ, Wladimiroff JW, van Es A, Prechtl HFR. Classification and quantitative aspects of fetal movements during the second half of normal pregnancy. *Early Hum Dev* 1991;25:19–35.
13. de Vries JIP, Laurini RN, Visser GHA. Abnormal motor behaviour and developmental postmortem findings in a fetus with Fanconi anaemia. *Early Hum Dev* 1994;36:137–42.
14. Prechtl HFR. Qualitative changes of spontaneous movements in fetus and preterm infant are a marker of neurological dysfunction. *Early Hum Dev* 1990;23:151–8.
15. Verves IAP, de Vries JIP, van Geijn HP, Hopkins B. Prenatal head position from 12–38 weeks, I: development aspects. *Early Hum Dev* 1994;39:83–91.
16. Hepper PG, Shahidullah S, White R. Handedness in the human fetus. *Neuropsychologia* 1991;29:1107–11.
17. Sparling JW, Vilhem IJ. Quantitative measurement of fetal movement: Fetal posture and assessment. *Phys Occup Ther Pediatr* 1993;12(2/3):97–114.
18. Buttenthorn G, Hopkins B. Hand-mouth coordination in the new-born baby. *Brit J Dev Psychol* 1988;6:303–314.
19. de Vries JIP, Visser GHA, Prechtl HFR. The emergence of fetal behaviour. III: individual differences and consistencies. *Early Hum Dev* 1988;16:85–103.
20. Thelen E, Ulrich BD. Hidden skills: a dynamic systems analysis of treadmill stepping during the first year. *Monog Soc Res Child Dev* 1991;56:1–98.
21. Reiss RE, Foy PM, Mendiratta V et al. Ease and accuracy of evaluation of fetal hands during obstetrical ultrasonography: a prospective study. *J Ultrasound Med* 1995;14:813–20.
22. Hopkins B, Prechtl HFR. A qualitative approach to the development of movements during early infancy. In: Prechtl HFR, (ed.). *Continuity of Neural Functions from Prenatal to Postnatal Life*. Oxford: Blackwell Scientific Publications 1984;179–97.
23. Visser GHA, Laurini RN, de Vries JIP, Bekedam DJ, Prechtl HFR. Abnormal motor behaviour in anencephalic fetuses. *Early Hum Dev* 1985;12:173–182.
24. Kainer F, Prechtl HFR, Engele H, Einspieler C. Assessment of the quality of general movements in fetuses and infants of women with type-I diabetes mellitus. *Early Hum Dev* 1997;50:13–25.
25. Okado N, Kojima T. Ontogeny of the central nervous system: neurogenesis, fibre connection, synaptogenesis and myelination in the spinal cord. In: Prechtl HFR (ed.). *Continuity of Neural Functions from Prenatal to Postnatal Life*. Oxford: Blackwell Scientific Publications 1984;46–64.
26. Lauders H, Meerbach W, Grauel BM. Unusual complications at birth an stillborn with spinal muscular atrophy. *Zentralbl Allg Pathol* 1988;134:567–72.
27. Kurjak A, Azumendi G, Vecek N et al. Fetal hand movements and facial expression in normal pregnancy studied by four-dimensional sonography. *J Perinatal Med* 2003;31:496–508.
28. Bekedam DJ, Visser GHA, de Vries JIP, Prechtl HFR. Motor behaviour in the growth retarded fetus. *Early Hum Dev* 1985;12:155–65.
29. Sadovsky E, Laufer N, Allen JW. The incidence of different types of fetal movements during pregnancy. *Br J Obstet Gynaecol* 1979;86:10–4.
30. Bedi KS. Effects of undernutrition on brain morphology: a critical review of methods and results. *Curr Top Res Synapses* 1984;2:93–163.
31. Van Vliet MAT, Martin CB, Nijhuis JG, Prechtl HFR. Behavioural states in growth retarded human fetuses. *Early Hum Dev* 1985;12:183–97.
32. Visser GHA. Antenatal cardiotocography in the evaluation of fetal well-being. *Austr NZ J Obstet Gynaecol* 1984;24:80–85.
33. Dornan JC, Ritchie JWK, Ruff S. The rate and regularity of breathing movements in the normal and growth retarded fetuses. *Br J Obstet Gynaecol* 1984;91:31–6.

Članak primljen: 2. 04. 2004.; prihvaćen: 27. 09. 2004.

Adresa autora: Bruno Kavajin, Klinika za ginekologiju i porođništvo, OB Sveti Duh, Svetog Duha 64, 10 000 Zagreb, e-mail: bruno.kavajin@zg.htnet.hr