

ISUOG պրակտիկ ուղեցույց-Դոպլեր հետազոտության կիրառումը մանկաբարձությունում

Translation from English to Armenian: Tatevik Hovhannisyana of YSMU Erebouni MC (Armenia).

Reviewed by: Dr. Karine Tokhunts, President of Armenian Association of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology; Dr. Anna Khudaverdyan of YSMU and Republican Institute of Reproductive Health (Armenia)

Մանկաբարձությունում և գինեկոլոգիայում ուլտրաձայնային հետազոտության միջազգային միությունը (ISUOG) հանդիսանում է գիտական կազմակերպություն ,որի նպատակն է ուլտրաձայնի կիրառումը ,ուսուցումը ,հետազոտությունների կատարումը կանանց առողջության ոլորտում:Այն ունի համապատասխան ստանդարտներ՝ ախտորոշիչ վիզուալիզացիայի համար ,մշակելով անհրաժեշտ ուղեցույցներ որպես ուսուցողական նյութ սպրակտիկ բժիշկների համար :

Ուղեցույցի կիրառումը

Տվյալ ուղեցույցում հակիրճ ներկայացված են պրակտիկ խորհուրդներ ինչպես իրականացնել դոպլեր հետազոտությունը ֆետոպլացենտար համալիրում: Շատ կարևոր է չենթարկել էմբրիոնն ու պտուղը ուլտրաձայնային էներգիայի վնասակար ազդեցությանը հատկապես հղիության վաղ ժամկետներում: Ըստ ISUOG-ի կիրառելի դոպլեր հետազոտությունը 11 -13+ 6 հղիության ժամկետում:Դոպլեր պատկերների ստացման դեպքում ջերմային ինդեքսի(TI) թույլատրելի արժեքը պետք է լինի ≤ 1.0 , իրականացման ժամանակը նորմալում ոչ ավել քան 5-10 րոպե, առավելագույնը՝ 60 րոպե;

Այս ուղեցույցում չեն ներկայացվում դոպլեր հետազոտության կլինիկական ցուցումները,կամ դոպլեր հետազոտության իրականացումը և եզրակացությունների մեկնաբանությունները պտղի սրտի հետազոտության ժամանակ:

Ուղեցույցի հիմնական նպատակն է ներկայացնել իմպուլս դոպլեր ուլտրաձայնի կիրառումը և նրա տարատեսակները. սպեկտրալ դոպլեր, արյան հոսքի քարտեզագրում ,էներգետիկ դոպլեր, որոնք հիմնականում օգտագործվում են նկարագրելու ֆետոպլացենտար համալիրում արյան շրջանառությունը: Չի նկարագրվում հոսքային դոպլերի անընդհատ տեխնիկան , հաշվի առնելով նրա ոչ հաճախակի կիրառումը մանկաբարձության մեջ: Սակայն պտղի այնպիսի վիճակներում, որոնք հանգեցնում են արյան շրջանառությունում բարձր արագությամբ արյան հոսքի (աորտալ ստենոզ,եռփեղկ փականի ռեգուրգիտացիա) այն կարող է օգտակար լինել առավելագույն հոսքի արագությունները որոշելու համար՝ խուսափելով aliasing -ից:

Ուղեցույցը նախատեսված է նվազագույնի հասցնելու չափման ժամանակ թուլ տրվող սխալները և կատարելագործելու ստացվելիք արդյունքները : Այն կիրառելի չէ որոշակի հստակ կլինիկական դեպքերի և գիտահետազոտական ուղեցույցների համար:

Պայմաններ

Ինչ սարքավորումներ են անհրաժեշտ դոպլեր հետազոտությամբ չափանիշները գնահատելու համար՝

Սարքավորումը պետք է ունենա գունային և սպեկտրալ ալիք՝ էկրանի վրա ալիքի արագության ,իմպուլսների կրկնման հաճախականության (PRF) և ուլտրաձայնի հաճախականության(MHz) պատկերմամբ:

- Մեխանիկական ինդեքսը(MI) և TI պետք է պատկերվեն էկրանին:
- Ուլտրաձայնային համակարգը պետք է վերարտադրի առավելագույն արագությամբ ալիքի (MVE) կորագիծ , որը կպատկերի ողջ սպեկտրալ դոպլերի տիրույթը:
- Պետք է լինի հնարավորություն հստակ գծագրելու MVE օգտագործելով ավտոմատ կամ ձեռքային գծագրման մեթոդը:
- Համակարգը պետք է ունենա ծրագրային հնարավորություններ ,որը թույլ կտա գնահատել պիկային սիստոլիկ արագությունը (PSV)

,վերջնադիաստոլիկ արագությունը (EDV), առավելագույն արագության ալիքի կորագիծը և հաշվարկելու համընդհանուր դոպլերոգրաֆիկ ինդեքսները,ինչպիսիք են անոթագարկային ցուցանիշը (Պուլսացիոն Ինդեքսը(PI), ինչպես նաև սիստոլիկ դիաստոլիկ հարաբերակցությունը :

Գծագրման ժամանակ պետք է պատկերվեն կետեր որպես սիմվոլներ հաշվարկների համար որոշվող ինդեքսների հավաստիությունը ապահովելու համար:

Ինչպես կարելի է օպտիմալացնել դոպլերոգրաֆիկ չափումների հավաստիությունը

Իմպուլսալիքային դոպլերոգրաֆիա

- Գրանցումը պետք է կատարվի պտղի շնչական շարժումների և շարժողական ակտիվության բացակայության պայմաններում ,ըստ անհրաժեշտության նաև մոր շնչառական շարժումների բացակայության ժամանակ:
- Գունային հոսքի գրանցումը չի հանդիսանում պարտադիր հետազոտություն,սակայն կարող է օգտակար լինել հետազոտվող անոթների հայտնաբերման և արյան հոսքի ուղղության պարզաբանման համար:
- Ինսոնացիայի օպտիմալ պայման է հանդիսանում ուլտրաձայնային ալիքի և արյան հոսքի ուղղության համընկնումը:Այն հնարավորություն է տալիս գնահատելու կորագծերը և առավելագույն արագության բացարձակ արժեքները:Թույլատրելի են ինսոնացիայի անկյան ոչ արտահայտված շեղումներ:Ինսոնացիայի անկյունը 10 աստիճանի դեպքում համապատասխանում է արագության չափման 2% սխալին, իր հերթին 20 աստիճանը՝ 6% սխալի:

Այն դեպքում, երբ չափվում է կլինիկական կարևոր նշանակություն ունեցող պարամետրի արագությունը (միջին ուղեղային զարկերակ)և ստացված անկյունը գերազանցում է 20 աստիճանը,կարելի է կատարել անկյան չափման ուղղում, որը ինքնին կարող է սխալի պատճառ հանդիսանալ:Այն դեպքում, երբ ցուցանիշները օպտիմալ չեն նույնիսկ անհրաժեշտ ուղղումից հետո, ուղեցույցում անհրաժեշտ է նշել ինստնացիայի անկյունը կամ այն, որ չափման ժամանակ կատարվել է անկյան ուղղում:

- Խորհուրդ է տրվում հետազոտության ընթացքում հաստատել իմպուլսալիքային դոպլերի հսկիչ (կոնտրոլ) ծավալի համեմատաբար մեծ նշանակություն (Doppler gate, sample volume),որպեսզի ապահովվի ողջ սրտային ցիկլի ընթացքում առավելագույն արագությունների գրանցումը:Այն դեպքում, երբ մոտ տեղակայված անոթները առաջացնում են աղմուկ, հսկիչ ծավալը կարող է լինել փոքր՝ գրանցման որակը բարձրացնելու նպատակով: Հիշեցում – կոնտրոլ ծավալը կարող է փոքրանալ միայն բարձրությամբ (վերտիկալ ուղղությամբ) և ոչ լայնությամբ:
- Գրանցման խորությունը և դոպլեր ազդանշանի թողարկումը կարող է օպտիմալացվել տվիչի հաճախականության կարգավորմամբ:
- Հաճախականության ֆիլտրը (wall filter) ,որը կոչվում է նաև ցածր արագությունների ընդհատող (“low velocity reject”),անոթապատի շարժումների ընդհատող (“wall motion filter”), (“high pass filter”),օգտագործվում է աղմուկի ընդհատման համար , որն առաջանում է անոթապատի շարժումների հետևանքով: Այն պետք է օգտագործել հնարավորինս փոքր հաճախականություններով (<50–60 Հց) պերիֆերիկ անոթներից եկող ցածր հաճախականությամբ աղմուկների վերացման նպատակով: Բարձր հաճախականությամբ օգտագործման դեպքում ստեղծվում է վերջնադիաստոլիկ արագության բացակայության կեղծ դրական արդյունք:Բարձր հաճախականությունները կարող են օգտագործվել կորագծերի հստակ գրանցումների ժամանակ, որոնք գրանցման օրինակներ կարող են լինել աորտայի և թոքային զարկերակի

արտատար ուղիներից ստացվող տվյալները: Այս պարագայում ցածր հաճախականությունների դեպքում կատանանք արտեֆակտ:

- Sweep Speed պետք է լինի բավականաչափ արագ, որպեսզի հնարավոր լինի նույնականացնել հետազոտվող սիստոլիկ և դիաստոլիկ ցիկլերը: Հնարավորինս օպտիմալ է համարվում միանվագ 4-6 ամբողջական սրտային ցիկլերի պատկերումը (առավելագույնը 8-10): Պտղի սրտի զարկերի 140-150 զ/ր հաճախականության դեպքում օպտիմալ է համարվում 50-100մմ/վ:
- Իմպուլսների կրկնման հաճախականությունը (PRF) կախված է հետազոտվող անոթից. ցածր արժեքները հնարավորություն են տալիս ուսումնասիրելու և ճիշտ չափումներ կատարելու ցածր արագության հոսքեր: Այնուամենայնիվ այն կհանգեցնի aliasing արտեֆակտի առաջացմանը բարձր արագությամբ հատվածների դեպքում: Դոպլեր չափման ժամանակ կորագծերը պետք է նվազագույնը զբաղեցնեն էկրանի 75%: Դոպլեր հետազոտությունները պետք է լինեն արտաբերվող: Եթե չափումների ժամանակ առկա են արտահայտված շեղումներ խորհուրդ է տրվում կատարել կրկնակի չափումներ: Եզրակացության համար հաճախ ընտրվում են սպասվելիք արդյունքներին մոտ չափումները, բացառությամբ այն դեպքերի, երբ տվյալները ստացվում են ցածր որակավորման սարքավորումներից:
- Դոպլեր ազդանշանի գրանցման որակը բարելավելու նպատակով անհրաժեշտ է հաճախակի կատարել ուղղում ներկա ժամանակում (Gray) կամ մոխրագույն սանդղակում կամ օգտագործել լրացուցիչ գունային դոպլեր: Այն դեպքում երբ գրանցվում է կորագիծը, համոզվելուց հետո, որ իմպուլսալիքային կոնտրոլ ծավալը տեղակայված է ճիշտ, 2D և/կամ գունային դոպլեր եզրագծումը ֆիքսվում է:
- Հաստատել կոնտրոլ ծավալի ճիշտ տեղակայումը և օպտիմիզացնել դոպլեր գրանցումը՝ ֆիքսման դեպքում հնարավոր է դոպլեր սպեկտրի աուդիոազդանշանը լսելու ճանապարհով:

- Դոպլեր ազդանշանի ուժեղացումը (GAIN) պետք է կարգավորվի այնպես, որպեսզի հնարավոր լինի հստակ արտացոլել կորագծերի սպեկտրը, առանց արտեֆակտների:
- Խորհուրդ է տրվում չչրջել հոսքի ուղղությունը էկրանի վրա: Սրտի և մագիստրալ անոթների գնահատման ժամանակ կարևոր է պահպանել հոսքի իրական ուղղությունը տվիչի նկատմամբ՝ գույնով պատկերման դեպքում գունային դոպլերի ժամանակ և կորագծի ուղղությամբ՝ բազալ գծի նկատմամբ իմպուլսալիքային դոպլերի դեպքում: Ընդունված է պատկերել հոսքը, որը ուղղված է դեպի տվիչը կարմիր, ընդ որում այդ դեպքում կորագծի սպեկտրը ուղղված է բազալ գծից վեր: Հոսքի հակառակ ուղղվածության դեպքում, գույնը կապույտն է իսկ KCK սպեկտրը ուղղված է բազալ գծից ցած:

Գունային դոպլեր պատկերում

- Մոխրագույն սանդղակի արտացոլման համեմատ գունային դոպլերի կիրառումը մեծացնում է ճառագայթման ուժը: Թույլատրելի հնարավորությունները գունային դոպլերի կիրառման դեպքում մեծանում են գունային պատուհանի փոքրացմանը զուգահեռ (color box): Անհրաժեշտ է ուշադրություն դարձնել MI և TI ցուցանիշներին, հաշվի առնելով, որ դրանք փոփոխվում են՝ կախված գունային պատուհանի տեղադրման խորության և մեծության հետ:
- Գունային պատուհանի մեծացումը հանգեցնում է ազդանշանի վերամշակման տևողության մեծացմանը, դրանով իսկ փոքրացնելով պատկերների կրկնման հաճախականությունը (frame rate): Պատուհանը պետք է լինի հնարավորինս փոքր և ընդգրկի հետազոտման ենթակա հատվածը:
- Արագության սանդղակը և իմպուլսների կրկնման հաճախականությունը պետք է կարգավորված լինեն այնպես, որպեսզի պատկերեն հետազոտվող անոթի իրական գունային արագությունը: PRF բարձր արժեքների դեպքում այն անոթները, որոնցում փոքր է հոսքի արագությունը չեն պատկերվի

Էկրանին: Դրան հակառակ PRF շատ ցածր արժեքների դեպքում առաջանում է aliasing արտեֆակտը ,որը թողնում է երկկողմանի հոսքի տպավորություն:

- Գունային դոպլերի ժամանակ պատկերման թույլատրելիությունն ու խորությունը կախված են ուլտաձայնի հաճախականությունից: Գունային դոպլերի ժամանակ ազդանշանների օպտիմիզացիայի համար անհրաժեշտ է հաճախականության համապատասխան կարգավորում:
- Ուժեղացումը (GAIN) պետք է այնպես կարգավորվի ,որպեսզի կանխվեն աղմուկների և արտեֆակտների ի հայտ գալը, որոնք արտահայտվում են էկրանին գունային անկանոնությունների ի հայտ գալով:
- Անհրաժեշտ է հաճախականության ֆիլտրի կիրառում՝ հետազոտվող զոնայից աղմուկների առաջացման կանխման նպատակով:
- Ինստնացիայի անկյան կարգավորումը կատարվում է ուլտրաձայնային տվիչի՝ հետազոտվող անոթի ուղղությանը համապատասխանող օպտիմիզացիայով:

Էներգետիկ և էներգետիկ ուղղվածության դոպլերոգրաֆիա

- Կիրառելի են բոլոր այն հիմնադրույթները ,որոնք օգտագործվում են գունային դոպլերոգրաֆիայի ժամանակ :
- Ինստնացիայի անկյունը էներգետիկ դոպլերոգրաֆիայի դեպքում քիչ դեր է խաղում ազդանշանների ստացման մեջ: Այնուամենայնիվ տվյալ ռեժիմի օգտագործման դեպքում պետք է օգտագործել նույն օպտիմիզացիայի մեթոդները, ինչ որ գունային դոպլերոգրաֆիայի դեպքում:
- Aliasing արտեֆակտ չի առաջանում այս ռեժիմի կիրառման դեպքում: Սակայն PRF ցածր արժեքները կարող են հանգեցնել աղմուկների և արտեֆակտների առաջացմանը: Gain պետք է օգտագործել ցածր արժեքներով՝ աղմուկների ուժեղացման կանխարգելման նպատակով:

Ինչ մեթոդներ պետք է կիրառվեն արգանդային զարկերակներում հոսքի արագության դոպլերոգրաֆիկ պատկերները գնահատելու նպատակով:

Գունային դոպլերի կիրառումը հեշտացնում է արգանդային զարկերակների հայտնաբերումը արգանդի մարմնի և պարանոցի միացման սահմանում: Հոսքի արագությունների չափումը կատարվում է այս մակարդակում՝ տրանսսաբդոմինալ կամ տրանսվագինալ: Հաշվի առնելով, որ հոսքի արագության բացարձակ արժեքները չունեն կլինիկական կարևոր նշանակություն, կատարվում է կորագծի կիսաքանակական գնահատում: Աջ և ձախ արգանդային զարկերակների համար չափումները կատարվում են առանձին: Անհրաժեշտ է նաև ֆիքսել կորագծի դիկրոտիկ ընդհատումները:

*Արգանդային զարկերակների գնահատումը առաջին եռամսյակում
Տրանսսաբդոմինալ*

- Դուրս է բերվում արգանդի միջին սագիտալ կտրվածքը և վիզուալիզացվում է ցերվիկալ խողովակի մուտքը: Նախընտրելի է, որ միզապարկը լինի դատարկ:
- Տվիչը տեղաշարժվում է լատերալ ուղղությամբ, մինչև պարացերվիկալ շրջանում անոթային խրձի գտնելը:
- Միացվում է գունային դոպլերը և արգանդային զարկերակը վիզուալիզացվում է կրանիալ ուղղությամբ նրա շրջման հատվածում, որտեղ այն անցնում է դեպի արգանդի մարմին:
- Չափումները կատարվում են զարկերակի՝ ճյուղավորումը աղեղնաձև զարկերակների սկսելուց առաջ:
- Նույնը կատարվում է հակառակ կողմում:

Տրանսվագինալ մեթոդ

- Տրանսվագինալ տվիչը տեղակայվում է առաջնային կամարում: Այնուհետև օգտագործվում է նույն մեթոդը, ինչ տրանսաբդոմինալի դեպքում: Տվիչը տեղաշարժվում է լատերալ ուղղությամբ մինչ պարացերվիկալ անոթային խրճի գտնելը և վերը նշված գործողությունները կատարվում են նույն հաջորդականությամբ, ինչպես տրանսաբդոմինալի դեպքում:
- Շատ կարևոր է արգանդային զարկերակի տարբերակումը պարանոցահեշտոցային զարկերակից կամ ադեղնաձև զարկերակներից: Արգանդային զարկերակներին բնորոշ է հոսքի 50 սմ/վրկ արագությունը, ինչը կարող է կիրառվել տարբերակման համար:

Արգանդային զարկերակների գնահատումը երկրորդ եռամսյակում

Տրանսաբդոմինալ տվիչը տեղակայվում է որովայնի առաջային պատի ստորին լատերալ քառանկյունում խոնարհումով մեդիալ ուղղությամբ: Արգանդային զարկերակը գտնելու համար (այն հատվածում, երբ այն հատվում է արտաքին զստային զարկերակի հետ) օգտագործել գունային դոպլեր:

Իմպուլսալիքային դոպլերի կոնտրոլ ծավալը տեղակայվում է արգանդային զարկերակի հոսքով 2 անոթների հատման հատվածից 1 սմ ցած:

Տվիչը պետք է տեղակայվի կողմնային կամարում. զարկերակը վիզուալիզացվում է գունային դոպլերի օգնությամբ՝ ներքին օղի մակարդակին, պարանոցից կողմնայնորեն:

Նույնը կատարվում է մյուս համանուն զարկերակի համար:

Նորմատիվները և համապատասխան ինդեքսները տրանսաբդոմինալ և տրանսվագինալ տվիչներով տարբեր են:

Ինչ մեթոդներ պետք է օգտագործվեն պորտալարի զարկերակում արյան հոսքի արագության գնահատման համար

Առկա են ցուցանիշների զգալի տարբերություններ պորտալարի երեք տարբեր հատվածներում՝ պտղային ,պլացենտար ծայրերում և ազատ գալարներում: Ռեզիստենտականությունը ամենաբարձրն է պտղային ծայրում և հետևաբար հետադարձ վերջնադիաստոլիկ հոսքի առկայությունն առաջինը կգրանցվի այդ հատվածում:
Գրականությունում պորտալարային զարկերակի համար որոշված նորմատիվները համապատասխանում են պտղային հատվածում որոշված տվյալներին: Հեշտության և կայունության համար չափումները կատարվում են նաև ազատ գալարների հատվածում: Մյուս կողմից բազմապտուղ հղիությունների և կրկնակի դինամիկ հսկողությունների դեպքում ավելի ապահով է համարվում միննույն ֆիքսված հատվածներում (պտղային կամ պլացենտար ծայր) չափումների կատարումը:
Յուրաքանչյուր դեպքում չափումների տվյալները պետք է համապատասխանեցնել տվյալ հատվածի համար նախատեսված նորմատիվներին :

Ինչ մեթոդներ պետք է օգտագործվեն միջին ուղեղային զարկերակում արյան հոսքի արագության գնահատման համար:

- Անհրաժեշտ է ստանալ գլխի լայնական կտրվածքը թալամուսների մակարդակին և մեծացնել պատկերը:
- Վիլիզյան օղի վիզուալիզացիայի նպատակով պետք է օգտագործել գունային դոպլեր:
- Իմպուլսաալիքային դոպլերի կոնտրոլ ծավալը պետք է որոշվի անմիջապես ներքին քնային զարկերակից՝ համապատասխան զարկերակի դուրս գալու հատվածից, քանի որ տվյալ տեղամասից դիստալ սիստոլիկ արագությունը նվազում է:
- Ուլտրաձայնային ալիքի և արյան հոսքի ուղղության միջև անկյունը պետք է հնարավորինս մոտ լինի 0
- Պետք է կանխել պտղի գլխի վրա գործադրվող լրացուցիչ ճնշումը:
- Պետք է ստանալ առնվազն 3-10 իրար հաջորդող կորագծեր:
- PSV որոշվում է ձեռքային կամ ավտոմատ գծագրման մեթոդներով :

- Մեկնաբանությունը կատարվում է յուրաքանչյուր դեպքում ըստ համապատասխան նորմատիվների:

Ինչ մեթոդներ պետք է օգտագործվեն պտղի հետազոտվող երակներում արյան հոսքի արագության գնահատման համար:

- Երակային ծորանը միացնում է պորտային երակի ինտրաաբդոմինալ սեգմենտը ստորին սիներակի վերին սեգմենտի հետ՝ անմիջապես դիաֆրագմայի տակ:
- Երակային ծորանի նեղ լուսանցքում գունային դոպլերը պատկերում է բարձր արագությամբ հոսք ,ինչն էլ տարբերակում է այն այլ անոթներից միաժամանակ կողմնորոշիչ հանդիսանալով չափումների ճիշտ տեղակայման համար:
- Առավել հարմար է չափումները իրականացնել պտղի սագիտալ կտրվածքում որովայնի առաջային պատի՝ առաջա-ստորին ուղղությամբ: Սագիտալ կտրվածքը կրճքավանդակով նույնպես կիրառելի է ,սակայն պահանջում է մասնագիտական մեծ հմտություններ:
- Հղիության վաղ ժամկետներում և պաթոլոգիայի առկայության դեպքում անհրաժեշտ է մեծ ուշադրություն դարձնել իմպուլսաալիքային դոպլերի ոչ մեծ ծավալի ընտրության վրա, որպեսզի գրանցվեն նախասրտերի սիստոլային բնորոշ փոքր արագության հոսքերը:
- Հիմնականում բնորոշ է դոպլերի եռաֆազ կորը, սակայն չեն բացառվում նաև երկֆազ և մոնոֆազ կորեր:
- Երկրորդ և երրորդ եռամսյակներում գրանցվում են հոսքի համեմատաբար բարձր արագություններ՝ 55-90սմ/վ

Ինչ ցուցանիշներ են օգտագործվում

Չարկերակային հոսքի հիմնական ցուցանիշներն են սիստոլիկ դիաստոլիկ հարաբերակցությունը, R1-ռեզիստենտականության ցուցանիշ, P1-անոթազարկային ցուցանիշ, որոնք փոխկապակցված են: P1-ը նկարագրում է անոթային դիմադրությունից զծային կախվածությունը ի տարբերություն մյուս երկու ցուցանիշների ,որոնց բնորոշ է պարաբոլիկ կախվածությունը: Բացի այդ՝ այս ցուցանիշը հետադարձ հոսքերի դեպքում նույնպես որոշվում է :Այն ժամանակակից դոպլերոգրաֆիայում հիմնական օգտագործվող ցուցանիշն է:

BIBLIOGRAPHY

1. Salvesen K, Lees C, Abramowicz J, Brezinka C, Ter Har G, Marsal K. ISUOG statement on the safe use of Doppler in the 11 to 13+6-week fetal ultrasound examination. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2011; **37**: 628.
2. Aquilina J, Barnett A, Thompson O, Harrington K. Comprehensive analysis of uterine artery flow velocity waveforms for the prediction of pre-eclampsia. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; **16**: 163–170.
3. Gómez O, Figueras F, Fernández S, Bennasar M, Martínez JM, Puerto B, Gratacós E. Reference ranges for uterine artery mean pulsatility index at 11–41 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2008; **32**: 128–132.
4. Jurkovic D, Jauniaux E, Kurjak A, Hustin J, Campbell S, Nicolaides KH. Transvaginal colour Doppler assessment of the uteroplacental circulation in early pregnancy. *Obstet Gynecol* 1991; **77**: 365–369.
5. Papageorgiou AT, Yu CK, Bindra R, Pandis G, Nicolaides KH; Fetal Medicine Foundation Second Trimester Screening Group. Multicenter screening for pre-eclampsia and fetal growth restriction by transvaginal uterine artery Doppler at 23 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2001; **18**: 441–449.
6. Khare M, Paul S, Konje J. Variation in Doppler indices along the length of the cord from the intraabdominal to the placental insertion. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2006; **85**: 922–928.
7. Acharya G, Wilsgaard T, Berntsen G, Maltau J, Kiserud T. Reference ranges for serial measurements of blood velocity and pulsatility index at the intra-abdominal portion, and fetal and placental ends of the umbilical artery. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2005; **26**: 162–169.
8. Acharya G, Wilsgaard T, Berntsen G, Maltau J, Kiserud T. Reference ranges for serial measurements of umbilical artery Doppler indices in the second half of pregnancy. *Am J Obstet Gynecol* 2005; **192**: 937–944.
9. Sepulveda W, Peek MJ, Hassan J, Hollingsworth J. Umbilical vein to artery ratio in fetuses with single umbilical artery. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1996; **8**: 23–26.
10. Mari G for the collaborative group for Doppler assessment. Noninvasive diagnosis by Doppler ultrasonography of fetal anemia due to maternal red-cell alloimmunization. *N Engl J Med* 2000; **342**: 9–14.
11. Patterson TM, Alexander A, Szychowski JM, Owen J. Middle cerebral artery median peak systolic velocity validation: effect of measurement technique. *Am J Perinatol* 2010; **27**: 625–630.
12. Kiserud T, Eik-Nes SH, Blaas HG, Hellevik LR. Ultrasonographic velocimetry of the fetal ductus venosus. *Lancet* 1991;**338**: 1412–1414.

13. Acharya G, Kiserud T. Pulsations of the ductus venosus blood velocity and diameter are more pronounced at the outlet than at the inlet. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1999; **84**:149–154.
14. Kiserud T. Hemodynamics of the ductus venosus. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1999; **84**: 139–147.
15. Kessler J, Rasmussen S, Hanson M, Kiserud T. Longitudinal reference ranges for ductus venosus flow velocities and waveform indices. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006; **28**: 890–898.
16. Ochi H, Suginami H, Matsubara K, Taniguchi H, Yano J, Mat-suura S. Micro-bead embolization of uterine spiral arteries and uterine arterial flow velocity waveforms in the pregnant ewe. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1995; **6**: 272–276.
17. Hecher K, Campbell S, Snijders R, Nicolaides K. Reference ranges for fetal venous and atrioventricular blood flow parameters. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1994; **4**: 381–39