

# ФЕТАЛЬНА ЕХОКАРДІОГРАФІЯ ЯК МЕТОД ДІАГНОСТИКИ ОБСТРУКТИВНОЇ ПАТОЛОГІЇ ДУГИ АОРТИ

Острась О.В., Куркевич А.К.

ДУ "Науково-практичний медичний центр дитячої кардіології та кардіохірургії МОЗ України", м. Київ

## ВСТУП

Обструктивна патологія дуги аорти — група вроджених вад серця (ВВС), що після народження характеризується залежністю системного кровообігу від функціонування артеріальної протоки. Ця патологія включає коарктацію аорти (КоАо) та перерив дуги аорти (ПДА) і являє собою гетерогенну групу мультифакторіальних захворювань, які полягають у локальній патології розвитку стінки аорти в поєднанні з ектопією тканини артеріальної протоки та характеризуються етапним внутрішньо-утробним розвитком [4, 31, 35]. Дана група захворювань — одна з найбільш поширених та становить до 10% випадків ВВС у народжених живими [30]. Часто ці критичні ВВС залишаються не діагностованими при рутинному фізикальному скринінгу новонароджених [13, 25]. При цьому діагностика критичної ВВС у новонародженого після виписки з пологового будинку пов'язана з гіршим передопераційним клінічним станом та важчим перебігом післяопераційного періоду [7]. Пренатальна діагностика обструктивної патології дуги аорти покращує безпосередні результати хірургічного лікування у новонароджених. Про це свідчить зростання виживання та вкорочення терміну перебування пацієнтів у спеціалізованому стаціонарі [19, 22]. Поточні світові результати пренатальної діагностики КоАо та ПДА відбиваються у значних витратах кардіохірургічних центрів та стресі батьків здорових дітей через значну кількість випадків хибної пренатальної підозри на цю патологію [11, 16, 18]. Незважаючи на прогрес та досягнення у фетальній ультразвуковій діагностиці, опис значної кількості предикторів КоАо та ПДА, ці діагнози залишаються одними з найбільш складних у пренатальному та ранньому неонатальному періоді життя [18, 20, 21, 26, 32, 33, 37]. Так, застосування у плодів критеріїв КоАо, загальноприйнятих у постнатальному періоді, неможливе через особливості фетального кровообігу. ПДА формується та може бути діагностованим у першому триместрі, разом із цим більшість таких пацієнтів діагностується після народження з появою симптомів недостатності кровообігу [6]. Сьогодні існує два протилежні погляди на природу, процес формування та можливості пренатальної діагностики КоАо:

1) як на ВВС, яка формується на ранніх етапах внутрішньоутробного розвитку, існує і може бути діагностована у плода вже у другому триместрі вагітності [18];

2) як на стан, який виникає тільки після народження дитини, ототожнюючи появу КоАо з наявністю її гемодинамічних критеріїв [11].

Таким чином, підхід до ультразвукової пренатальної діагностики обструктивної патології дуги аорти залишається контроверсійним, а поточні результати — залежними від досвіду лікаря ультразвукової діагностики [9, 13, 18].

**Мета** — огляд сучасних можливостей пренатальної ультразвукової діагностики обструктивної патології дуги аорти та оцінка власних результатів застосування комплексного підходу.

## МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ

Проведений ретроспективний аналіз даних, отриманих з електронної бази даних кабінету фетальної кардіології ДУ "Науково-практичний медичний центр дитячої кардіології та кардіохірургії МОЗ України" у період з 2012 до 2014 року. Ехокардіографічні обстеження виконані на апараті Philips iU22 (Philips Ultrasound, Bothell, WA) транс-абдомінальним датчиком C5-1 та записані на цифрові носії згідно зі стандартом DICOM.

Для досягнення мети був проведений пошук літературних джерел за проблемою, опублікованих англійською та українською мовами протягом останніх 15 років. Представлений власний досвід обстеження 90 плодів із пренатальною підозрою на КоАо, 9 — із підозрою на ПДА та 60 плодів із нормальними ЕхоКГ-даними, підтвердженими після народження. У дослідження були включені послідовні випадки. Середній гестаційний вік при первинному обстеженні становив  $26,3 \pm 1,4$  т.г. У 25 (25,3%) з 99 випадків досліджуваної групи первинне обстеження проведене до 22 т.г. Кількість одноплідних вагітностей у цій групі становила 93 (93,9%). Повторне обстеження проведене у 75 (75,8%) випадках. Виживання плодів із пренатальною підозрою на КоАо та ПДА у нашій серії становила 77,8%, що відповідає літературним даним [9, 23]. Всі дослідження проводили згідно з розробленими рекомендаціями Practice Guideline for the Performance of Fetal Echocardiography Американського інституту ультразвукової медицини (AIUM), Американського коледжу акушерів-гінекологів (ACOG) та Товариства фетальної медицини (SMFM), Американського коледжу радіологів (ACR) [3].

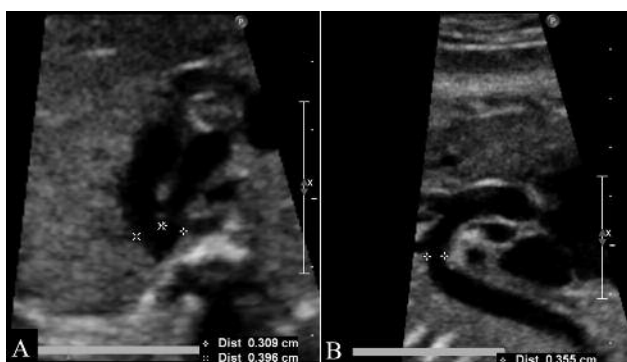
Випадки поєднання КоАо зі значними внутрішньосерцевими аномаліями були виключені з ана-

лізу. Заключний діагноз визначався у віці 3 місяців після народження. Оцінювали діагностичну цінність показників ЕхоКГ залежно від їх фізичної природи та змісту (морфологічні та функціональні), типу зв'язку з ураженою анатомічною ділянкою (прямі та непрямі) та згідно з послідовним сегментарним підходом. Враховуючи відомості про ембріональне походження та морфофункціональну єдність перешийка дуги аорти та артеріальної протоки, під прямими предикторами обструктивної патології дуги аорти розуміють безпосередні характеристики обох цих анатомічних структур. Діаметр перешийка дуги аорти та артеріальної протоки вимірювали в позиції трьох судин та трахеї (рис. 1), розраховували істмо-дуктальне співвідношення [18, 37], кут між перешийком та дистальною дугою аорти (рис. 2).

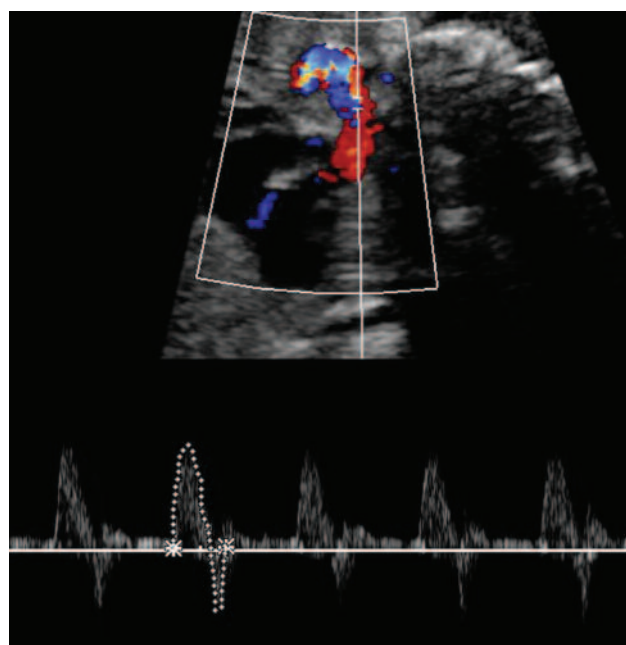
З функціональних показників визначали напрямки систолічного та діастолічного компонентів кровотоку перешийка дуги аорти (рис. 3), істмо-дуктальну різницю діастолічних індексів (рис. 4), пульсаційний індекс середніх мозкових артерій, церебро-плацентарне пульсаційне співвідношення та порушення функції овального вікна за Mekjarsnapha M. et al. (2013) (рис. 5) [28].

Аналіз ехокардіограм плодів з підозрою на КоАо або ПДА та групи контролю проводили під час обстеження, тобто за умови відсутності інформації про заключний діагноз. Вимірювання кутів проводили наприкінці діастолі з метою зменшення

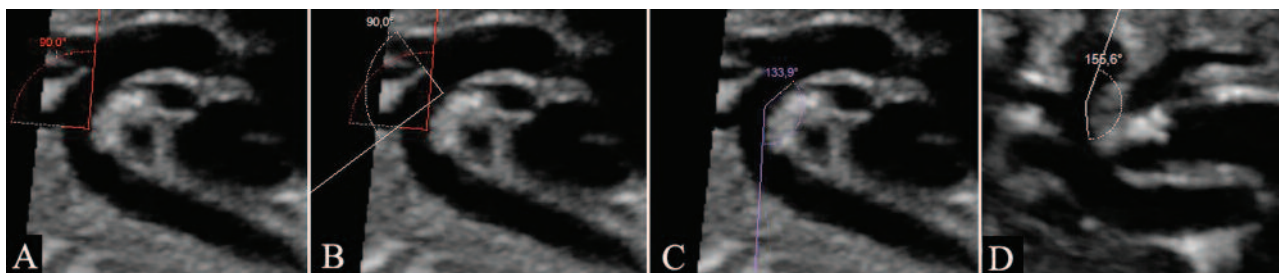
залежності результату від пульсової деформації дуги аорти. Перед вимірюванням систолічного та діастолічного інтегралів швидкості за часом визначали тривалість викиду правого шлуночка на імпульсній спектрограмі клапана легеневої артерії. Цей інтервал застосовували для розділу систолічної та діастолічної хвиль на спектрограмах перешийку дуги аорти та артеріальної протоки (рис. 3). Фіксували та аналізували середнє з трьох вимірювань, проведених послідовно. Для оцінки співвідношення об'єму кровотоку через судину в систолу та діастолу обчислювали інтегральний індекс діастолічного потоку (DFI). Враховуючи комплекс різноманітних незалежних гемодинамічних чинників, які одночасно впливають на характер кровотоку в перешийку дуги аорти та артеріальній протоці, доцільна нормалізація показників перешийку відносно показників артеріальної протоки. Таким показником емпірично вибрана істмо-дуктальна різниця діастолічних індексів (IDDFID) [20].



**Рис. 1.** Приклади вимірювання розміру перешийка дуги аорти у позиції трьох судин та трахеї (А) і дуги аорти в парасагітальній площині (В) у плода 34 тижнів гестації з нормальними ехокардіографічними даними



**Рис. 3.** Імпульсна доплерограма плода групи контролю, 36 т.г. Реверсний кровотік в перешийку дуги аорти наприкінці систоли. Антеградний діастолічний кровотік



**Рис. 2.** Ілюстрація методики вимірювання кута між перешийком та дистальною дугою аорти у плода 34 т.г. з групи контролю (А-С) та у плода 34 т.г. з КоАо (D). А — дотична до малої кривизни дуги аорти в точці, протилежній початку перешийка (орієнтир - дистальний край гирла лівої підключичної артерії). В — дотична до малої кривизни дуги аорти в точці, протилежній початку дистальної дуги (орієнтир — дистальний край лівої загальної сонної артерії). С — кут між зазначеними раніше прямими. D — кут між перешийком та дистальною дугою аорти у плода 34 т.г. з КоАо, підтвердженою після народження

Відносний об’єм викиду в аорту ( $RSV_{Ao}$ ) — гемодинамічний показник, який розраховувався як частка об’єму крові, викинутої в систолу через клапан аорти, від комбінованого серцевого викиду. Останній розраховували за формулою:

$$RSV_{Ao} = VTI_{Ao} \times D_{Ao}^2 / (VTIAo \times D_{Ao}^2 + VTI_{PA} \times D_{PA}^2),$$

де  $RSV_{Ao}$  — відносний об’єм викиду в аорту,  $VTI_{Ao}$  — інтеграл швидкості за часом, виміряний на доплерограмі кровотоку через клапан аорти;

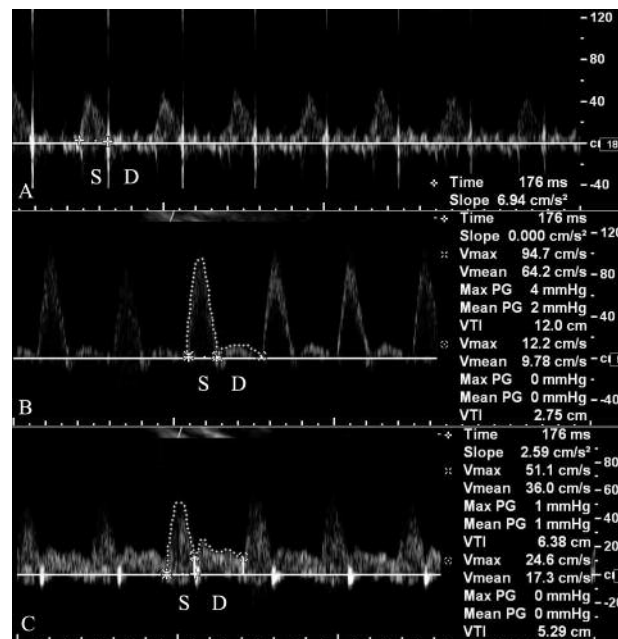
$D_{Ao}$  — діаметр клапана аорти;  
 $VTI_{PA}$  — інтеграл швидкості за часом, виміряний на доплерограмі кровотоку через клапан легеневої артерії;

$D_{PA}$  — діаметр клапана легеневої артерії.

Це співвідношення у плода має інший смисл, порівняно з дитиною, внаслідок функціонування фетальних комунікацій. У плода це розрахункове співвідношення об’єму кровотоку через клапан аорти та суми об’ємів кровотоку через клапани аорти та легеневої артерії протягом одного серцевого циклу. За сучасними даними, це співвідношення може бути оцінене неінвазивно після 30 т.г. шляхом виконання магніто-резонансної томографії у плода. У випадку наявності КоАо, затримки росту дуги аорти це співвідношення зменшується швидше, ніж у нормальних випадках, унаслідок ретроградного підвищення тиску в лівих відділах серця та, як наслідок, — зменшення об’єму право-лівого шунтування на рівні овального вікна [8]. Оцінку комбінованого серцевого викиду не проводили, враховуючи значну похибку розрахунків ваги тіла плода.

При проведенні імпульсної доплерометрії враховували технічні особливості її виконання у плода, такі як вибір оптимальної проекції та контрольного об’єму, що впливало на якість зображення та інтерпретації (рис. 6).

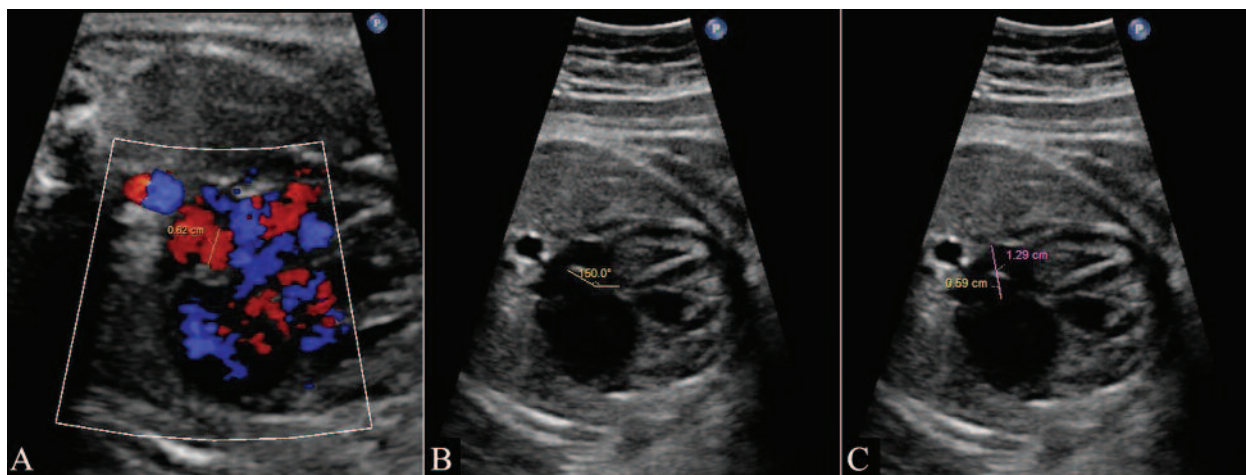
Для вибраних морфологічних та функціональних ЕхоКГ-показників визначені оптимальні діагностичні значення, враховуючи операційні характеристики. Статистичний аналіз проведений із застосуванням програми MedCalc, ver. 13.0.6.0 (Med Calc Software, Ostend, Belgium).



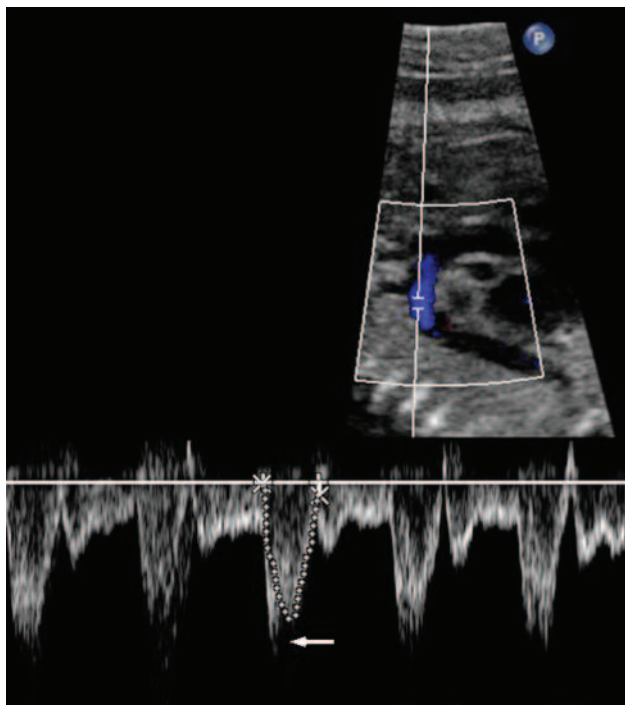
**Рис. 4.** Ілюстрація алгоритму вимірювання інтегральних доплерометричних показників. **А** — вимірювання тривалості викиду (механічної систоли) правого шлуночка на доплерограмі клапана легеневої артерії. **В** — вимірювання систолічного та діастолічного інтегралів швидкості за часом в артеріальній протоці. **С** — вимірювання систолічного та діастолічного інтегралів швидкості за часом у перешийку дуги аорти. **S** — систола (тривалість 176 мс), **D** — діастола

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Сімдесят сім із 99 (77,8%) обстежених народилися живими. Групу контролю становили 60 плодів. Ретроспективно проаналізовані 189 записів ЕхоКГ-обстежень. Діагноз КоАо був підтверджений у 46 із 68 (67,6%) пацієнтів з пренатальною підозрою на КоАо, народжених живими. У плодів з підозрою на ПДА цей показник становив 8 із 9 (88,9%) пацієнтів.



**Рис. 5.** Ілюстрація оцінки функціональної геометрії овального вікна у плода 36 тижнів гестації з групи контролю. **А** — ефективний отвір овального вікна. **В** — кут відхилення клапана овального вікна. **С** — відстані від площини міжпередсердної перегородки до крайньої точки клапана овального вікна та від площини міжпередсердної перегородки до найбільш віддаленої точки лівого передсердя у чотирикамерній проекції



**Рис. 6.** Одночасна візуалізація ранніх систолічних складових двох потоків — перешийка дуги аорти (обведений) та артеріальної протоки (стрілка) при зavelикому контрольному об’ємі у плода з нормальними ехокардіографічними даними, 34 тижні гестації

Плоди з підтвердженою КоАо, порівняно з плодами групи контролю, мали достовірно менше сигмальне відхилення розміру перешийка ( $-3,4 \pm 1,25$  проти  $-0,7 \pm 0,36$ ;  $p < 0,0001$ ), менше сигмальне відхилення істмо-дуктального відношення ( $-4,5 \pm 1,56$  проти  $-0,9 \pm 1,19$ ;  $p < 0,0001$ ), більший кут між перешийком та дистальною дугою аорти ( $143 \pm 8$  проти  $116 \pm 11$ ;  $p < 0,001$ ) та більшу істмо-дуктальну різницю діастолічних індексів ( $0,26 \pm 0,04$  проти  $0,11 \pm 0,04$ ;  $p < 0,0001$ ).

Достовірної різниці у частоті змін функціонування овального вікна між групами плодів не було виявлено ( $p > 0,1$ ).

Відносний об’єм викиду в аорту до 32 т.г. було достовірно, але незначно меншим у плодів дослідної групи порівняно з групою контролю ( $p < 0,0001$ ). При цьому показники плодів з ПДА і підтвердженою КоАо та з хибною її підозрою на КоАо на цьому етапі розвитку достовірно не відрізнялися ( $p = 0,6$ ). Після 32 т.г. у плодів з ПДА та підтвердженою КоАо відмічалася достовірно і значно менше співвідношення порівняно з плодами групи контролю ( $p < 0,0001$ ) та з хибною підозрою на КоАо ( $p < 0,0001$ ). У плодів з ПДА і підтвердженою КоАо ( $p < 0,0001$ ) та в контрольній групі ( $p < 0,0001$ ) RSVAo після 32 т.г. був достовірно меншим порівняно зі значенням до 32 т.г.

Церебро-плацентарний пульсаційний індекс був достовірно більшим у плодів з ПДА і підтвердженою КоАо порівняно з групами хибної підозри на КоАо ( $p < 0,0001$ ) та контролю ( $p < 0,0001$ ). При цьому пульсаційний індекс SMA та церебро-плацентарний індекс були в межах норми у більш ніж

95% плодів з ПДА і підтвердженою КоАо, що вказувало лише на тенденцію до підвищення опору церебральних судин, але ці індекси не могли бути застосовані як самостійні діагностичні показники.

Підсумовуючи опис та оцінку окремих фетальних ЕхоКГ-ознак неонатальної КоАо, зазначимо, що виявлені відмінності між групами плодів за деякими з розглянутих ознак дозволяли лише вибрати з переліку показників ті, які варто розглядати як потенційні предиктори стану. Відомо, що більшість патологічних станів не характеризуються наявністю патогномонічних симптомів, що примушує створювати багаточинникові математичні моделі для їх діагностики або прогнозування. При цьому така діагностика залишається ймовірнісною, а не детермінованою. Остання обставина апріорно обмежує можливості будь-якого діагностичного алгоритму якістю даних, на яких він побудований, та вимагає його постійної модифікації та удосконалення. Перелічені факти лягли в основу багаточинникового прогнозування ПДА та неонатальної КоАо на основі фетальних ЕхоКГ-ознак (табл. 1, 2).

Тестування математичної моделі прогнозування неонатальної КоАо, побудованої на основі логістичного регресійного аналізу отриманих раніше даних, на наявному клінічному матеріалі показало високий результат: 62 з 68 (91,2%) плодів були віднесені до правильної групи. При цьому чутливість становила 93,5%, специфічність — 86,4%, AUC — 0,978 (95% CI, 0,909-0,998).

При діагностиці ПДА у плода основними критеріями були неможливість візуалізації одного з сегментів дуги аорти та наявність ретроградного кровотоку перешийка дуги аорти в систолу. Всі пацієнти групи контролю (60 випадків), дані яких не застосовували в створенні моделі, були правильно розпізнані як здорові.

Вивчення опублікованого досвіду інших дослідницьких груп вказує на те, що на сучасному етапі основною ланкою у формулюванні пренатальної підозри на ПДА і КоАо та визначенні перинатальної тактики залишаються відділення фетальної кардіології у складі високоспеціалізованих кардіохірургічних центрів [21, 23, 27, 32].

Протягом останніх 10 років у центрах Великої Британії, Франції, Іспанії, Австралії, Італії та Польщі проведено кілька одноцентрових досліджень з оцінки можливості пренатального прогнозування неонатальної КоАо та зв’язку окремих ЕхоКГ-показників із заключним діагнозом [14, 17, 18, 29, 32, 34, 36, 37]. У результаті цих досліджень констатована неможливість прогнозування неонатальної КоАо навіть задовільної точності за одним із предикторів та необхідність розробки багаточинникової оцінки ризику маніфестації КоАо у неонатальному періоді. Шляхом одночинникового логістичного регресійного аналізу нами були отримані аналогічні дані.

Найбільш сильним незалежним морфологічним предиктором неонатальної коарктації, за нашими даними, було сигмальне відхилення діаметра перешийка дуги аорти [1]. На різних етапах розвитку пренатальна діагностика КоАо базувалася на непрямим морфологічних показниках диспропорції

Таблиця 1

**Діагностичні значення (DV), чутливість (Se), специфічність (Sp) з довірчим інтервалом (95% CI) окремих морфологічних предикторів неонатальної КоАо**

Параметр	DV	Se, % (95% CI)	Sp, % (95% CI)	AUC (95% CI)	p
Сигмальне відхилення розміру перешийка дуги аорти	-2,6	100 (94,1-100)	84,9 (75,5-91,7)	0,962 (0,918-0,987)	<0,0001
Кут між дистальною дугою аорти та перешийком	126	100 (94,1-100)	76,7 (66,4-85,2)	0,932 (0,878-0,967)	<0,0001
Сигмальне відхилення співвідношення перешийка та артеріальної протоки	-2,1	90,2 (79,8-96,3)	80,2 (70,2-88,0)	0,916 (0,859-0,955)	<0,0001
Сигмальне відхилення розміру дистальної дуги аорти	-1,7	65,6 (52,3-77,3)	84,9 (75,5-91,7)	0,834 (0,764-0,890)	<0,0001
Співвідношення розмірів АК та ЛА	0,62	32,8 (21,3-46,0)	98,8 (93,7-100)	0,704 (0,623-0,777)	<0,0001

Примітка: AUC — площа під кривою операційних характеристик;  
p — рівень достовірності; АК — клапан аорти; ЛА — клапан легеневої артерії

Таблиця 2

**Діагностичні значення (DV), чутливість (Se), специфічність (Sp) з довірчим інтервалом (95% CI) окремих функціональних предикторів неонатальної КоАо**

Параметр	DV	Se, % (95% CI)	Sp, % (95% CI)	AUC (95% CI)	p
Істмо-дуктальна різниця діастолічних індексів	0,19	86,9 (75,8-94,2)	96,5 (90,1-99,3)	0,953 (0,906-0,981)	<0,0001
Сигмальне відхилення цереброплацентарного пульсаційного індексу	1,4	88,5 (77,8-95,3)	84,9 (75,5-91,7)	0,897 (0,836-0,941)	<0,0001
Індекс діастолічного потоку перешийка дуги аорти	0,37	86,9 (75,8-94,2)	79,1 (69,0-87,1)	0,894 (0,833-0,939)	<0,0001
Відносний об'єм викиду в аорту	0,4	63,9 (50,6-75,8)	86,1 (76,9-92,6)	0,793 (0,719-0,856)	<0,0001
Сигмальне відхилення пульсаційного індексу СМА	1,76	45,9 (33,1-59,2)	84,9 (75,5-91,7)	0,663 (0,580-0,739)	<0,0004

Примітка: AUC — площа під кривою операційних характеристик; p — рівень достовірності; КоАо — коарктація аорти; СМА — середня мозкова артерія

розвитку правих та лівих відділів серця [29], наявності додаткової лівої верхньої порожнистої вени [14] та прямих морфологічних предикторів КоАо, таких як розмір перешийка дуги аорти [18]. За даними В. Al Nafisi et al. (2013), у плода з КоАо патологічне прогресування диспропорції систолічного кровотоку, що відбивається у зменшенні орто-легеневого співвідношення об'ємної швидкості кровотоку, може бути виявлене за допомогою магнітно-резонансної томографії з достатньою відтворюваністю [8]. Зазначена технічна складність та значна тривалість вимірювань та обчислень, необхідних для розрахунку орто-легеневого спів-

відношення об'ємної швидкості кровотоку, що разом із низькою відтворюваністю при фетальній ЕхоКГ обмежує застосування цього показника.

Особливістю сучасної пренатальної діагностики КоАо є значна кількість випадків хибної її підозри, що вимагало порівняльного аналізу не тільки груп плодів з підтвердженою КоАо та контролю, але і пошуку відмінностей між групами плодів з істинною та хибною підозрою на КоАо. Знаходження дискримінантних показників дало змогу покращити якість пренатальної діагностики КоАо за рахунок підвищення її специфічності. При дослідженні дискримінантної здатності кожного з показників виявлено,

що з маркерів диспропорції лівих та правих відділів серця тільки співвідношення розмірів АК та ЛА достовірно відрізняють групу плодів з підтвердженою КоАо ( $p < 0,05$ ).

Всі розробки інших дослідницьких груп, результати яких опубліковані раніше, носили ретроспективний характер через обмежену кількість випадків підтвердженої після народження КоАо. При цьому основна увага при пошуку фетальних ЕхоКГ-предикторів приділена кількісним морфологічним показникам, таким як діаметр перешийка дуги аорти, його співвідношення з діаметром артеріальної протоки, кут між перешийком та артеріальною протокою [9, 18, 26, 32].

Незважаючи на велику кількість досліджень, присвячених діагностиці змін кровотоку СМА при ВВС, робіт, де показники церебрального кровотоку розглядалися б як непрямі діагностичні маркери КоАо у плода, у доступній літературі не виявлено. Раніше німецькими дослідниками Vogt M. et al. (2005) було доведено, що у новонароджених з КоАо артерії прекоарктаційної ділянки характеризуються значним підвищенням жорсткості та зниженням розтяжності порівняно з нормальними показниками артерій нижньої частини тіла. Відомо, що ці порушення еластичності артерій зберігаються і після кардіохірургічної корекції вади [10]. Питання, чи відрізняється опір церебральних судин у плодів з ВВС від нормальних показників, досі залишається контроверсійним [2].

Більшість опублікованих досліджень показали, що плоди з ВВС характеризуються нижчим, порівняно з нормою, опором церебральних артерій [5, 12]. У плодів з ретроградним заповненням дуги аорти при синдромі гіпоплазії лівих відділів серця описане значне зниження опору церебральних судин. Водночас, група авторів із Німеччини С. Meise et al. (2001), дослідивши 115 плодів з ВВС, не виявили достовірної різниці показників опору церебральних судин порівняно зі здоровими [15]. Кількість випадків КоАо у цих фетальних серіях була в межах 10. Підвищення співвідношення опору брахіоцефальних та плацентарних судин раніше не розглядалося як можливий маркер неонатальної КоАо.

Нами вперше була висунута гіпотеза, яка доведена на достатньо великому клінічному матеріалі (61 плід з підтвердженою КоАо та 60 плодів групи контролю), що плоди з КоАо характеризуються вищим, порівняно з групою контролю, цереброплацентарним співвідношенням та меншою відносною об'ємною швидкістю викиду в аорту. Додатково нами показана патологічна динаміка церебро-плацентарного співвідношення у плодів з КоАо порівняно з групою контролю, що підкреслило можливість застосування цього показника для серійного вимірювання з метою більш якісного поділу пацієнтів з пренатальною підозрою на КоАо. Доведено, що інтегральний нормований показник діастолічного кровотоку в перешийку дуги аорти (IDDFID) характеризувався високим прогностичним значенням, особливо після 32 т.г. [20].

Згідно з аналізом отриманих нами даних, ПДА та КоАо можуть бути запідозрені у плода після 18 т.г. з високою вірогідністю їх підтвердження у новона-

родженого. При цьому прогностична цінність прямих морфологічних предикторів знижувалася після 32 т.г. Такий результат узгоджується з результатами групи іспанських дослідників [9]. Водночас, прогностична цінність функціональних предикторів зростала після 32 т.г.

Обмеженнями даного дослідження є його ретроспективність та обмежена кількість випадків, на яких проведена перевірка якості апроксимації математичної моделі. Зазначені обставини потребують подальшого комплексного вивчення фетальних ехокардіографічних предикторів обструктивної патології дуги аорти.

## ВИСНОВКИ

Пренатальна діагностика обструктивної патології дуги аорти залишається складною мультидисциплінарною проблемою та вимагає подальшого вивчення.

Геометрія дуги аорти у плода при КоАо відрізняється від нормальної та може бути оцінена у другому триместрі вагітності.

Істмо-дуктальна різниця діастолічних індексів — функціональний фетальний предиктор неонатальної КоАо, який має діагностичну цінність після 32 тижнів гестації.

Ультразвукова діагностика обструктивної патології дуги аорти вимагає комплексного підходу з застосуванням як морфологічних, так і функціональних показників.

Розроблена багаточинникова математична модель прогнозування неонатальної КоАо у плодів, застосування якої лікарями під час ультразвукового скринінгу в сумнівних випадках може покращити точність ехокардіографічної діагностики цієї вади.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Восьмирічний досвід пренатальної діагностики коарктації аорти: проблеми та досягнення / О.В. Острась, А.К. Куркевич, А.О. Горбатюк, Н.М. Руденко // Щорічник наукових праць Асоціації серцево-судинних хірургів України. — 2012. — № 20. — С. 373-376.
2. A computational model of the fetal circulation to quantify blood redistribution in intrauterine growth restriction / Garcia-P. Canadilla, P.A. Rudenick, F. Crispì et al. // PLoS Comput Biol. — 2014. — Vol. 10, Issue 6. — e1003667.
3. American Institute of Ultrasound in Medicine. AIUM practice guideline for the performance of fetal echocardiography // J Ultrasound Med. — 2011. — Vol. 30. — P. 127-136.
4. Backer C.L., Mavrodius C. Congenital Heart Surgery Nomenclature and Database Project: Patent Ductus Arteriosus, Coarctation of the Aorta, Interrupted Aortic Arch / C.L. Backer, C. Mavrodius // Ann Thorac Surg. — 2000. — Vol. 69. — S298-307.
5. Cerebral blood flow autoregulation and congenital heart disease: possible causes of abnormal prenatal neurologic development / M. Arduini, P. Rosati, L. Caforio et al. // J Matern Fetal Neonatal Med. — 2011. — Vol. 24, Issue 10. — P. 1208-1211.
6. Chang R.K., Gurvitz M., Rodriguez S. Missed diagnosis of critical congenital heart disease // Arch Pediatr Adolesc Med. — 2008. — Vol. 162. — P.969-974.
7. Delayed diagnosis of congenital heart disease worsens preoperative condition and outcome of surgery in neonates / K.L. Brown, D.A. Ridout, A. Hoskote et al. // Heart. — 2006. — Vol. 92. — P. 1298—1302.
8. Fetal circulation in left-sided congenital heart disease measured by cardiovascular magnetic resonance: a

case-control study / B. Al Nafisi, J. F. van Amerom, J. Forsey et al. // *J Cardiovasc Magn Reson.* — 2013. — Vol. 15. — P. 65.

9. Gestational age-specific scoring systems for the prediction of coarctation of the aorta / E. Gymez-Montes, I. Herraiz, P.I. Gymez-Arriaga et al. // *Prenatal Diagnosis.* — 2014. — Vol. 34, Issue 12. — P. 1198-1206.

10. Impaired elastic properties of the ascending aorta in newborns before and early after successful coarctation repair: proof of a systemic vascular disease of the prestenotic arteries? / M. Vogt, A. Kuhn, D. Baumgartner et al. // *Circulation.* — 2005. — Vol. 111. — P. 3269-3273.

11. Is antenatal diagnosis of coarctation of the aorta possible? / B. Stos, J. Le Bidou, L. Fermont et al. // *Arch Mal Coeur Vaiss.* — 2007. — Vol. 100. — P. 428-432.

12. Kaltman J. Impact of congenital heart disease on cerebrovascular blood flow dynamics in the fetus / J. Kaltman, H. Tian, J. Rychik // *Ultrasound Obstet Gynecol.* — 2005. — Vol. 25. — P. 32-36.

13. Lannering K. Late Diagnosis of Coarctation Despite Prenatal Ultrasound and Postnatal Pulse Oximetry / K. Lannering, M. Bartos, M. Mellander // *Pediatrics.* — 2015. — Vol. 136, Nr. 2. — P. 407-412.

14. Left superior caval vein: a powerful indicator of fetal coarctation / Pasquini L., Fichera A., Tan T. et al. // *Heart.* — 2005. — Vol. 91. — P. 539-540.

15. Meise C. Arterial Doppler ultrasound in 115 second- and third-trimester fetuses with congenital heart disease / C. Meise, U. Germer, U. Gembruch // *Ultrasound Obstet Gynecol.* — 2001. — Vol. 17. — P. 398-402.

16. Mellander M. Diagnosis and management of life-threatening cardiac malformations in the newborn / M. Mellander // *Semin Fetal Neonatal Med.* — 2013. — Vol. 18. — P.302-310.

17. Molina F. S. Two- and three-dimensional imaging of coarctation shelf in the human fetus / F.S. Molina, K.H. Nicolaidis, J.S. Carvalho // *Heart.* — 2008. — Vol. 94. — P. 584.

18. Morphological and Physiological Predictors of Fetal Aortic Coarctation / H. Matsui, M. Mellander, M. Roughton, H. Jicinska, H.M. Gardiner // *Circulation.* — 2008. — Vol. 118. — P.1793-1801.

19. Ng B. Missed Congenital Heart Disease in Neonates / B. Ng, J. Hokanson // *Congenit Heart Dis.* — 2010. — Vol. 5. — P. 292-296.

20. Ostras O. Fetal Doppler Predictor of Neonatal Coarctation of the Aorta. // *J Cardiol Curr Res.* — 2015. — Vol.2(1). — P.45.

21. Prediction of coarctation of the aorta in the second half of pregnancy // E. Gomez-Montes, I. Herraiz, A. Mendoza et al. // *Ultrasound Obstet Gynecol.* — 2013. — Vol.41. — P. 298-305.

22. Prenatal diagnosis of coarctation of the aorta improves survival and reduces morbidity / O. Franklin, M. Burch, N. Manning et al. // *Heart.* — 2002. — Vol.87. — P. 67-69.

23. Prenatal diagnosis of congenital heart disease in the Naples area during the years 1994-1999. The experience of a joint fetal-pediatric cardiology unit / Paladini D., Russo M. A., Teodoro A. et al. // *Prenat Diagn.* — 2002. — Vol. 22. — P. 545-552.

24. Prenatal Prediction of Surgical Approach for Coarctation of the Aorta Repair / E. Gymez-Montes, I. Herraiz, A. Mendoza et al. // *Fetal Diagn Ther.* — 2014. — Vol. 35. — P. 27-35.

25. Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects in asymptomatic newborn babies: a systematic review and meta-analysis / S. Thangaratnam, K. Brown, J. Zamora et al. // *Lancet.* — 2012. — Vol. 379, Issue 9835. — P. 2459-2464.

26. Quarello E.R The aortic isthmus-ductal angle: a novel measurement to diagnose fetal aortic coarctation / E.R. Quarello, Y. Ville, J.S. Carvalho // *Ultrasound Obstet Gynecol.* — 2008. — Vol. 32. — P. 262-263.

27. Quarello E. Prenatal diagnosis of aorta coarctations / E. Quarello, B. Stos, L. Fermont // *Gynecol Obstet Fertil.* — 2011. — Vol. 39. — P. 442-453.

28. Reference ranges for fetal septum primum excursion from 14 to 40 weeks' gestation. / M. Mekjarasnapa, K. Traisrisilp, S. Luewan et al. // *J Ultrasound Med.* — 2013. — Vol.32, Issue 10. — P.1729-1734.

29. Respondek-Liberska M. Can measurements of the pul-

monary artery and aorta diagnose true coarctation of the aorta in the 3rd trimester of pregnancy? / M. Respondek-Liberska // *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology.* — 008. — Vol. 32. — P. 315.

30. Rosenthal E. Coarctation of the aorta from fetus to adult: curable condition or life long disease process? *Heart.* — 2005. — Vol.91. — P.1495-1502.

31. Rudolph A.M. Congenital cardiovascular malformations and the fetal circulation / A.M. Rudolph // *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* — 2010. — Vol. 95. — F. 132-F136.

32. Sonographic predictors of surgery in fetal coarctation of the aorta / V. Jowett, P. Aparicio, S. Santhakumaran et al. // *Ultrasound Obstet Gynecol.* — 2012. — Vol.40, Issue 1. — P.47-54.

33. Timing of presentation and postnatal outcome of infants suspected of having coarctation of the aorta during fetal life / C.E.G. Head, V.C. Jowett, G.K. Sharland, J.M. Simpson // *Heart.* — 2005. — Vol.91. — P.1070-1074.

34. Udomwan P. Fetal aortic arch measurements at 14 to 40 weeks' gestation derived by spatiotemporal image correlation volume data sets / P. Udomwan, S. Luewan, T. Tongsong // *J Ultrasound Med.* — 2009. — Vol. 28, Issue 12. — P. 1651-1656.

35. Weinberg P.M. Aortic arch anomalies. In: Moss and Adams' *Heart Disease in Infants, Children and Adolescents.* — H.D. Allen, D.J. Driscoll, R.E. Shaddy, T.F. Feltes (eds), 7th ed. — Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins. — 2008. — P. 731-761.

36. Woolcock J. Prenatal detection of coarctation of the aorta using Doppler velocimetry to detect a diastolic tail in the aortic isthmus / J. Woolcock // *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology.* — 2013. — Vol. 42, Suppl. 1. — P. 183.

37. Z-scores of the fetal aortic isthmus and duct: an aid to assessing arch hypoplasia / L. Pasquini, M. Mellander, A. Seale et al. // *Ultrasound Obstet Gynecol.* — 2007. — Vol.29. — P.628-633.

#### ФЕТАЛЬНА ЕХОКАРДІОГРАФІЯ ЯК МЕТОД ДІАГНОСТИКИ ОБСТРУКТИВНОЇ ПАТОЛОГІЇ ДУГИ АОРТИ

Острась О.В., Куркевич А.К.

**Мета** — огляд сучасних можливостей пренатальної ультразвукової діагностики обструктивної патології дуги аорти та оцінка власних результатів застосування комплексного підходу.

**Матеріал та методи.** Проведений пошук літературних джерел за проблемою, опублікованих англійською та українською мовами протягом останніх 15 років. Представлений ретроспективний аналіз власного досвіду — випадків пренатальної підозри на ПДА та КоАо з 2012 до 2014 року. Оцінювали діагностичну цінність окремих показників фетальної ехокардіографії.

**Результати.** Діагноз КоАо був підтверджений у 46 з 68 (67,6%) пацієнтів з пренатальною підозрою на КоАо, народжених живими. У плодів з підозрою на ПДА цей показник становив 8 із 9 (88,9%) пацієнтів. Плоди з підтвердженою КоАо, порівняно з плодами групи контролю, мали достовірно менше сигмальне відхилення розміру перешийка ( $p < 0,0001$ ), менше сигмальне відхилення істмо-дуктального відношення ( $p < 0,0001$ ), більший кут між дистальною дугою та перешийком ( $p < 0,001$ ) та більшу істмо-дуктальну різницю діастолічних індексів ( $p < 0,0001$ ). Пульсаційний індекс СМА та цереброплацентарний індекс були достовірно вищими, але в межах норми у більш ніж 95% плодів з ПДА і підтвердженою КоАо, що вказувало лише на тенденцію до підвищення опору церебральних судин.

**Результат** тестування математичної моделі прогнозування неонатальної КоАо: 62 з 68 (91,2%) плодів були віднесені до правильної групи. Чутливість — 93,5%, специфічність — 86,4%. Всі пацієнти групи контролю (60 випадків), дані яких не застосовували в створенні моделі, були правильно розпізнані як здорові.

**Ключові слова:** коарктація аорти, перерив дуги аорти, пренатальна діагностика, ехокардіографія.

**ФЕТАЛЬНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ КАК МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ОБСТРУКТИВНОЙ ПАТОЛОГИИ ДУГИ АОРТЫ**  
Острась А.В., Куркевич А.К.

**Цель** — обзор современных возможностей пренатальной ультразвуковой диагностики обструктивной патологии дуги аорты и оценка собственных результатов применения комплексного подхода.

**Материал и методы.** Проведен поиск литературных источников, опубликованных на английском и украинском языках за последние 15 лет. Представлен ретроспективный анализ собственного опыта — случаев пренатального подозрения на ПДА и КоАо с 2012 по 2014 г. Оценивали диагностическую ценность отдельных показателей фетальной эхокардиографии.

**Результаты.** Диагноз КоАо был подтвержден у 46 из 68 (67,6%) пациентов с пренатальным подозрением на КоАо, рожденных живыми. У плодов с подозрением на ПДА этот показатель составил 8 из 9 (88,9%) пациентов. Плоды с подтвержденной КоАо, в сравнении с плодами группы контроля, имели достоверно меньшее сигмальное отклонение размера перешейка ( $p < 0,0001$ ), меньшее сигмальное отклонение истмо-дуктального соотношения ( $p < 0,0001$ ), больший угол между дистальной дугой и перешейком ( $p < 0,001$ ) и большую истмо-дуктальную разницу диастолических индексов ( $p < 0,0001$ ).

Индекс пульсации СМА и церебро-плацентарный индекс были достоверно более высокими, но в пределах нормы у более чем 95% плодов с ПДА и подтвержденной КоАо, что указывало на тенденцию к повышению сопротивления церебральных сосудов.

**Результат** тестирования математической модели прогнозирования неонатальной КоАо: 62 из 68 (91,2%) плодов были отнесены к правильной группе. Чувствительность — 93,5%, специфичность — 86,4%. Все пациенты

группы контроля (60 случаев), данные которых не использовали при создании модели, были правильно распознаны как здоровые.

**Ключевые слова:** коарктация аорты, перерыв дуги аорты, пренатальная диагностика, эхокардиография.

**FETAL ECHOCARDIOGRAPHY AS A METHOD OF DIAGNOSTICS OF AORTIC ARCH OBSTRUCTION PATHOLOGY**

Ostras A., Kurkevych A.

**Objective** — review of the modern diagnostic facilities of ultrasound in obstruction of aortic arch and evaluate own results of complex approach.

**Methods.** The formal medical publications during the last 15 years was investigated. A retrospective study of cases of prenatal IAA and CoAo suspicion was conducted from 2012 till 2014. The diagnostic value of individual fetal echocardiographic indicators was assessed.

**Results.** Aortic coarctation was confirmed in 46/68 cases (67.6%). In fetuses with suspected IAA this index was 8 of 9 (88.9%) patients. The fetuses with confirmed CoAo in compare with control group had significantly lower Z-scores of the aortic isthmus ( $p < 0.0001$ ), and the isthmico-ductal ratio ( $p < 0.0001$ ), and higher angle between distal arch and isthmus ( $p < 0.001$ ), and higher isthmico-ductal difference of diastolic flow indices ( $p < 0.0001$ ).

**The results** of the mathematical model's testing: 62/68 fetuses (91.2%) were classified correctly. Sensitivity 93.5%, specificity 86.4%. All patients of control group (60 cases), whose data had not been used during modeling process, had been classified correctly, as healthy.

**Key words:** aortic coarctation, interrupted aortic arch, prenatal diagnosis, echocardiography.

**НОВІ КНИГИ**

УДК 616053.2073.7/ББК 57.3 У69

**Урина Л.К. Опыт лучевой диагностики в педиатрии (наблюдения из практики).** — К.: Медицина Украины, 2009. — 124 с.

В сборнике обобщен многолетний опыт работы автора, а также данные отечественной и зарубежной литературы в области применения рентгенологического и ультразвукового методов диагностики преимущественно в педиатрической практике.

Назначение сборника — оказание практической помощи врачам по вопросам организации работы в рентгенкабинете детского лечебно-профилактического учреждения, выбора необходимого метода обследования детей в конкретной клинической ситуации, особенностей обследования детей и путей снижения лучевой нагрузки во время рентгенологического обследования. В сборнике представлен опыт работы автора на первом отечественном цифровом рентгенодиагностическом аппарате.

Представленные работы посвящены диагностике острых воспалительных заболеваний легких и синусопневмопатий, порокам развития желудочно-кишечного тракта, патологии опорно-двигательного аппарата, в частности дисплазии тазобедренных суставов. Подробно изложена методика обследования детей при различных патологических процессах, обращено особое внимание на функциональные изменения, а также ошибки, которые допускаются при диагностике. Приведены результаты ультразвукового скрининга-дисплазии тазобедренных суставов.

Комплектация автоматизированного рабочего места врача-рентгенолога ультразвуковым аппаратом позволила автору представить первый опыт комплексного исследования патологии опорно-двигательного аппарата.

Практически все лекции и статьи были опубликованы в журнале "Радіологічний вісник", три работы были представлены на международных форумах.

Книга рассчитана на широкий круг врачей-педиатров, рентгенологов, врачей ультразвуковой диагностики, ортопедов, работающих в детской сети на этапе первичной диагностики.

**Заказать книгу можно по телефону: +38044 503-04-39**

