Віддалені результати хірургічного лікування гіпоплазії дуги аорти у новонароджених і немовлят

Я. П. Труба¹, О. С. Головенко¹, І. В. Дзюрий¹, О. О. Мотречко², В. В. Лазоришинець¹

¹Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України, м. Київ,
²Науково-практичний медичний центр дитячої кардіології та кардіохірургії МОЗ України, м. Київ

Late results of surgical treatment of the aortal arch hypoplasia in newborns and babies

Ya. P. Truba¹, O. S. Golovenko¹, I. V. Dzyurii¹, O. O. Motrechko², V. V. Lazoryshynets¹

¹Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery, Kyiv,
²Scientific-Practical Medical Centre of Pediatric Cardiology and Cardiosurgery, Kyiv

Реферат

Мета. Провести аналіз віддалених результатів реконструкції дуги аорти у новонароджених і немовлят на основі визначення факторів ризику летальності і повторних операцій.

Матеріали і методи. За період з 2010 по 2019 р. у Національному інституті серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України і Науково-практичному медичному центрі дитячої кардіології та кардіохірургії МОЗ України 445 пацієнтам у віці до 1 року виконано реконструкцію дуги аорти при коарктації і гіпоплазії одного чи декількох її сегментів. У дослідження включені тільки пацієнти з двошлуночковою фізіологією і подальшою двошлуночковою корекцією. Хлопчиків було 284 (63,8%), дівчаток – 161 (36,2%). Медіана віку пацієнтів становила 0,7 міс [0,3; 2,7], медіана маси тіла – 3,7 кг [3,25; 4,59], медіана площі поверхні тіла – 0,23 м² [0,20; 0,27]. Основним методом діагностики вади та оцінки безпосередніх і віддалених результатів була ехокардіографія.

Результати. Загальна летальність становила 3,3%, госпітальна – 2,7%, летальність у віддаленому періоді спостереження – 0,7%. Період спостереження тривав від 1 міс до 9,4 року, у середньому (2,8 ± 2,5) року. Повторні втручання на дузі аорти було виконано у 47 (10,5%) пацієнтів: у 12 – хірургічну повторну реконструкцію дуги аорти, у 27 – балонну ангіопластику, у 8 пацієнтів застосували обидва методи. Фактори ризику летальності після реконструкції дуги аорти у пацієнтів у віці до 1 року: вік пацієнтів на момент операції менше 0,9 міс, маса тіла менше 2,6 кг, тривала операція, наявність супутніх вроджених вад серця, залишкова гіпоплазія сегментів А і В дуги аорти. Фактори ризику повторних втручань: низькі маса і площа поверхні тіла, наявність гіпоплазії сегментів В і С дуги аорти перед операцією, залишковий градієнт тиску на дузі аорти більше 20 мм рт. ст., гіпоплазія будь-якого з сегментів дуги аорти після реконструкції.

Висновки. Хірургічне лікування гіпоплазії дуги аорти у новонароджених і немовлят ефективне, з добрими безпосередніми і віддаленими результатами. Анатомічна корекція повторної обструкції на рівні дуги аорти безпечна за допомогою як ендovasкулярних, так і хірургічних методів, з низькими показниками летальності та повторних втручань. Урахування виявлених факторів ризику летальності і повторних втручань на дузі аорти дозволяє покращити результати лікування гіпоплазії дуги аорти у пацієнтів у віці до 1 року.

Ключові слова: гіпоплазія дуги аорти; фактори ризику летальності; повторні втручання; новонароджені; немовлята.

Abstract

Objective. To conduct the analysis of late results of the aortal arch reconstruction in newborns and babies, basing on determination of the risk factors for lethality and reoperations.

Materials and methods. In 2010 – 2019 yrs in the Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery and Scientific-Practical Medical Centre of Pediatric Cardiology and Cardiosurgery the aortal arch reconstruction was performed in 445 patients, ageing up to 1 year old, suffering coarctation and hypoplasia of one or several aortal segments. Into the investigation were included the patients with a two-ventricular physiology and further two-ventricular correction were included. There were 161 (36.2%) girls and 284 (63.8%) boys with the age median 0.7 mo [0.3; 2.7], while the body mass median – 3.7 kg [3.25; 4.59], and the body surface square median – 0.23 m² [0.20; 0.27]. Echocardiography was the main diagnostic method for the failure as well as for estimation of immediate and late results.

Results. Overall lethality have constituted 3.3%, the hospital one – 2.7%, lethality in late period of observation – 0.7%. The observation period have lasted from 1 mo till 9.4 yrs, (2.8 ± 2.5) yrs at average. Reoperations on aortal arch were performed in 47 (10.5%) patients: in 12 – surgical aortal arch reconstruction, in 27 – balloon angioplasty, and in 8 patients both methods were used. The risk factors for lethality after the aortal arch reconstruction in the patients, ageing up to 1 yr old were revealed: the patients' age on the operation moment lesser than 0.9 mo, the body mass lesser than 2.6 kg, durable operation, presence of concurrent inborn heart failures, residual hypoplasia of the aortal segments A and B. Low mass and the surface square of the body, presence of the aortal arch segments hypoplasia preoperatively, residual pressure gradient on the aortal arch more than 20 mm Hg, hypoplasia of any aortal arch segments after reconstruction have constituted the risk factors for reoperations.

Conclusion. Surgical treatment of the aortal arch hypoplasia in newborns and babies is effective and giving good immediate and late results. Anatomic correction of secondary obstruction on the aortal arch level is secure, with low indices of lethality and reoperations, and performed either surgically or endoscopically. Taking into account the risk factors revealed for lethality and reoperations on aortal arch, have permitted to improve the results of treatment of the aortal arch hypoplasia in patients ageing up to 1 yr old.

Keywords: aortal arch hypoplasia; the risk factors for lethality; reoperations; newborns; babies.

Оцінка безпосередніх і віддалених результатів хірургічного лікування гіпоплазії дуги аорти у новонароджених і немовлят із визначенням факторів ризику незадовільних результатів корекції має важливе значення для покращення результатів лікування цієї складної когорти пацієнтів.

Результати хірургічного лікування гіпоплазії дуги аорти згідно з літературними даними значно різняться. В публікаціях останніх років повідомляється про летальність від 1,5 до 20% [1, 2]. Багато в чому це залежить від досвіду виконання подібних операцій, накопиченого в клініці, хірургічної ери, пріференцій кардіохірургів використовувати ту чи іншу тактику та методику корекції. Не менш важливою є різниця аналізу різних досліджуваних груп: з одношлуночковою чи двошлуночковою фізіологією. Незважаючи на великий інтерес до проблеми реконструкції дуги аорти у новонароджених і немовлят, кількість публікацій досить обмежена.

Повторна обструкція залишається загрозливим ускладненням після реконструкції дуги аорти у немовлят [3, 4]. Оптимальні методи усунення повторного звуження суперечливі. За останні два десятиліття балонна ангіопластика використовується більш широко, проте у ряді публікацій все ж таки рекомендується повторне хірургічне втручання як більш ефективне для лікування повторного звуження в місці попередньої пластики дуги аорти. Серед прихильників хірургічної повторної пластики дуги аорти викликає дискусії також питання хірургічного доступу для усунення обструкції [4, 5].

Через відсутність стандартизованих підходів до реконструкції дуги аорти у немовлят у літературі дуже різняться показники частоти виникнення повторної обструкції та виконання повторних втручань, які коливаються від 2 до 40% [6, 7]. Хірургічна техніка, вік пацієнта на момент операції, наявність недоношеності, низька маса тіла та високий градієнт тиску на дузі аорти і пікова швидкість кровотоку в ранньому післяопераційному періоді – це фактори ризику виникнення повторного звуження і відповідно виконання повторного втручання [8, 9].

На сьогоднішній день існують різні методи реконструкції дуги аорти, що дозволяють повністю усунути обструкцію при первинному втручанні. При будь-якій із методик беззаперечною вимогою для успішної корекції є резекція всіх дуктальних тканин і продовження пластики дуги аорти нижче місця відкритої артеріальної протоки. Продовжуються дискусії щодо необхідності висічення задньої стінки перешийка дуги аорти напроти артеріальної протоки, пересічення перешийка дуги аорти, використання як синтетичних, так і біологічних латок, латок по малій чи великій кривизні дуги аорти чи взагалі уникнення використання будь-якого синтетичного матеріалу [10].

Мета дослідження: провести аналіз віддалених результатів реконструкції дуги аорти у новонароджених і немовлят на основі визначення факторів ризику летальності і повторних операцій.

Матеріали і методи дослідження

У дослідження включено 445 пацієнтів, яким було виконано реконструкцію дуги аорти у віці до 1 року в

Національному інституті серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України та Науково-практичному медичному центрі дитячої кардіології та кардіохірургії МОЗ України в період з 2010 по 2019 р. Це були пацієнти з гіпоплазією одного чи декількох сегментів дуги аорти у вигляді ізольованої патології та в поєднанні з супутніми вродженими вадами серця (ВВС), які можна вилікувати шляхом двошлуночкової корекції. Критерієм виключення пацієнтів з досліджуваної групи була наявність супутніх ВВС з одношлуночковою фізіологією.

Серед пацієнтів досліджуваної групи було більше хлопчиків – 284 (63,8%), медіана віку пацієнтів становила 0,7 міс [0,3; 2,7], медіана маси тіла – 3,7 кг [3,25; 4,59], медіана площі поверхні тіла (ППТ) – 0,23 м² [0,20; 0,27]. Народилися недоношеними, в терміні гестації 33 – 35 тижнів, 54 (12,1%) пацієнти. Ознаки затримки внутрішньотробоного розвитку було відмічено у 63 (14,2%) пацієнтів.

Повторні втручання на дузі аорти було виконано у 47 (10,5%) пацієнтів: 33 (70,2%) хлопчиків і 14 (29,8%) дівчаток. У *табл. 1* представлено характеристики пацієнтів на момент початкової реконструкції дуги аорти.

Згідно з даними *табл. 1* найбільш часто як методика первинної пластики дуги аорти використовувалось накладення розширеного анастомоза кінець в кінець, а більш частим первинним доступом була бокова торакотомія.

Перед оперативним втручанням проводили загальноприйняте обстеження: загальноклінічні, біохімічні, бактеріологічні дослідження, електрокардіографію, рентгенографію органів грудної порожнини. Гіпоплазію дуги аорти та супутні ВВС у разі їх наявності діагностували за допомогою ехокардіографії (ЕхоКГ). В роботі ми використовували сегментарний підхід до поділу дуги аорти. Перешийок аорти (сегмент А) – частина дуги аорти між артеріальною протокою і лівою підключичною артерією, дистальна дуга аорти (сегмент В) – частина дуги аорти між лівою підключичною і лівою загальною сонною артерією, проксимальна дуга аорти (сегмент С) – частина дуги аорти між лівою загальною сонною артерією і брахіоцефальним стовбуром. При проведенні ЕхоКГ вимірювали кожний сегмент дуги аорти. Крім сегментарного підходу для виявлення гіпоплазії дуги аорти, використовували ін-

Таблиця 1. Характеристика пацієнтів на момент початкової корекції

Показник	Значення показника
Вік, міс ($\bar{x} \pm m$)	1,3 $\pm$ 0,4
Маса тіла, кг ($\bar{x} \pm m$)	4,0 $\pm$ 2,0
ППТ, м ² ($\bar{x} \pm m$)	0,24 $\pm$ 0,04
Методика реконструкції дуги аорти, n (%)	
розширений анастомоз кінець в кінець	38 (80,9)
анастомоз кінець у бік	8 (17)
пластика аутоперикардом	1 (2,1)
Хірургічний доступ, n (%)	
бокова торакотомія	32 (68)
серединна стернотомія	15 (32)

декс стандартного відхилення (Z-score), який давав змогу судити про вираженість гіпоплазії дуги аорти за відхиленням від нормальних значень. Гіпоплазованим сегмент дуги аорти вважали, якщо відхилення Z-score становило менше – 2,0. До повторних втручань відносили як ендоваскулярні процедури, так і хірургічну повторну пластику дуги аорти через розвиток рестенозу на місці попередньої реконструкції або з приводу компресії легеневої артерії і лівого головного бронха. Наявність рестенозу на дузі аорти виявляли при ЕхоКГ, коли градієнт тиску на дузі аорти перевищував 20 мм рт.ст., а розміри сегментів дуги аорти були меншими за –2 за Z-score. Обструкцію бронхіального дерева виявляли за наявності клінічних симптомів та при обстеженні за допомогою комп'ютерної томографії. Для статистичного опрацювання даних використовували програму IBM SPSS (Statistics for Mac, version 26.0).

Методика ендоваскулярної дилатації повторної обструкції дуги аорти суттєво не відрізнялась від процедури первинної дилатації. Використовували доступ через стегнову артерію. Під контролем рентгенографії роздували балон-катетер вручну без використання індефлятора до візуального утворення перетяжки на балоні та вирівнювали діаметри привідної частини аорти, місця повторного звуження та ділянки аорти після звуження. Після контрольної оцінки гемодинаміки та аортографії приймали рішення стосовно подальшої тактики. У разі досягнення оптимального результату за даними аортографії та вимірювання тиску у висхідній і низхідній аорті повторно роздування балона в місці коарктації не виконували.

Для хірургічної повторної пластики дуги аорти використовували боковий і серединний доступи. Важливим було виділення із злук усієї дуги аорти, включаючи місце пов-

торної обструкції. При серединному доступі реконструкцію дуги аорти виконували зі штучним кровообігом (ШК) в умовах антеградної церебральної перфузії. У разі неможливості виконати повторну пластику власними тканинами дуги аорти використовували аутоперикардальну латку, попередньо зафіксувавши її в розчині глютаральдегіду.

Результати

Серед 445 пацієнтів, яким у віці до 1 року виконали хірургічну корекцію гіпоплазії дуги аорти в період з 2010 по 2019 рік, померло 15. Загальна летальність становила 3,3%. Госпітальна летальність становила 2,7%, летальність у віддаленому періоді – 0,7%. Причини госпітальної летальності представлені в *табл. 2*.

Аналіз летальності госпітального періоду виявив той факт, що серед померлих пацієнтів тільки один мав ізольовану гіпоплазію дуги аорти, всі інші пацієнти мали супутні ВВС. Слід також відмітити, що тільки у 1 померлого пацієнта пластика дуги аорти була неефективна, внаслідок чого розвинулась серцево-судинна недостатність, яка і спричинила смерть. У решти пацієнтів причини смерті були пов'язані з корекцією супутніх ВВС.

При обстеженні пацієнтів у віддаленому періоді зафіксовано 3 смерті. Аналіз віддаленої летальності, яка становила 0,7%, показав, що причина смерті 1 пацієнта була пов'язана з компресією дихальних шляхів, викликаного саме реконструкцією тубулярної гіпоплазії дуги аорти анастомозом кінець в кінець. Можливо, в таких випадках краще застосовувати латку для пластики дуги аорти, зменшуючи вірогідність здавлення лівого головного бронха. Причини смерті 2 інших пацієнтів не були пов'язані з корекцією гіпоплазії дуги аорти.

Таблиця 2. Причини летальності на госпітальному етапі

Причини летальності	Число пацієнтів, що померли	
	абс.	%
Інфаркт міокарда ЛШ, пов'язаний з невдалою реімплантацією коронарних артерій	3	25
Наростаюча серцево-судинна недостатність	4	33,3
Тромбоз верхньої порожнистої вени, тромбоемболія легеневої артерії	1	8,3
Пневмонія	2	16,7
Вроджена патологія легень (гіпоплазія)	1	8,3
Сепсис	1	8,3
Усього ...	12	100
<i>Примітка.</i> ЛШ – лівий шлуночок.		

Таблиця 3. Доопераційні фактори ризику летальності

Показник	Кількість пацієнтів, що вижили (n=430)	Померли (n=15)	OR	p	
				ratio	overall
Ізольована гіпоплазія дуги аорти, n (%)	157 (36,5)	2 (13,3)	3,51 [1,94;24,7]	0,043	0,017
Супутні ВВС, n (%)	273 (63,5)	13 (86,7)			
Вік, міс	0,8 [0,2;2,2]	0,2 [0,1;0,6]	0,45 [0,25;0,82]	0,008*	0,002*
Маса тіла, кг	3,73 [3,22;4,7]	3,18 [2,9;3,4]	0,36 [0,2;0,63]	<0,001*	<0,001*
ФВ ЛШ, %	62,1 ± 11,8	62,4 ± 8,03	1,0 [0,96;1,05]	0,918	0,883
<i>Примітка.</i> * - статистично значущий результат (p < 0,05), ФВ ЛШ – фракція викиду лівого шлуночка.					

Для визначення факторів ризику летальності був проведений статистичний аналіз методом розрахунку відношення шансів (OR – odds ratio). Даний статистичний метод дозволив визначити предиктори, які статистично значущо підвищували ризик летальності після хірургічного лікування гіпоплазії дуги аорти у новонароджених і немовлят. Фактори ризику летальності були розподілені на доопераційні й інтраопераційні.

На доопераційному етапі важливим предиктором летальності виявився вік пацієнтів (табл. 3). Чим меншим був вік хворих на момент операції, тим статистично значущо більшим був ризик летальності (OR 0,45 [0,25;0,82], $p=0,002$), статистично значущо більший ризик летальності спостерігався у новонароджених.

Крім того, факторами ризику летальності доопераційного періоду були маса тіла (OR 0,36 [0,20;0,63], $p<0,001$) та наявність супутніх ВВС (OR 3,51 [1,94;24,7], $p=0,017$). Супутні ВВС суттєво впливали на доопераційний стан пацієнтів, потребували більше часу для корекції, супроводжувались більшою кількістю ускладнень.

Для визначення граничних значень передопераційних факторів ризику летальності був проведений ROC-аналіз (табл. 4). Оптимальний поріг і його діагностична цінність визначаються шляхом розрахунку показників чутливості та специфічності.

Таблиця 4. Граничні значення передопераційних факторів ризику летальності

Показник	Граничне значення показника	AUC	Se/Sp	p
Вік, міс	$\leq 0,9$	0,674	0,623/0,613	0,033*
Маса тіла, кг	$\leq 2,6$	0,743	0,857/0,643	0,003*
<i>Примітка.</i> AUC (Area Under Curve) - площа під ROC-кривою; Se – чутливість; Sp – специфічність; * - статистично значущий результат ($p < 0,05$). Те саме в табл. 6.				

Вік пацієнтів на момент операції менше 0,9 міс був статистично значущим фактором ризику летальності. У пацієнтів, які мали масу тіла менше 2,6 кг, відмічено більший ризик летальності після хірургічного лікування гіпоплазії дуги аорти.

Інтраопераційні фактори ризику летальності представлені в табл. 5. Статистично значущо впливала на ризик летальності тривалість оперативного втручання (OR 1,01 [1,00;1,01], $p=0,027$).

Предикторами летальності також були післяопераційні розміри сегментів А і В дуги аорти. Для визначення граничних значень розмірів сегментів дуги аорти після корекції був проведений ROC-аналіз показників летальності (табл. 6).

Таблиця 5. Інтраопераційні фактори ризику летальності

Показник	Кількість пацієнтів, що вижили (n=430)	Померли (n=15)	OR	p	
				ratio	overall
Тривалість операції, хв	173 ± 85,6	260 ± 205	1,01 [1,0;1,01]	<0,001*	0,027*
Тривалість ШК, хв	123 ± 42,2	151 ± 52,8	1,01 [1,0;1,03]	0,120	0,252
ШВЛ після операції, год	52,3 ± 64,1	48,8 ± 20,0	1,0 [0,99;1,01]	0,850	0,582
Тривалість перебування у ВРІТ, дні	6,77 ± 7,28	6,50 ± 1,73	0,99 [0,86;1,15]	0,942	0,789
Др, мм рт. ст.	16,5 ± 7,61	18,0 ± 5,44	1,02 [0,93;1,12]	0,634	0,536
ФВ ЛШ, %	66,4 ± 6,12	69,5 ± 5,20	1,14 [0,91;1,41]	0,255	0,314
Сегмент А, мм	5,65 ± 1,49	3,50 ± 0,12	0,24 [0,05;1,21]	0,084*	<0,001*
Z-score A (-)	1,54 ± 1,24	2,15 ± 0,38	1,4 [0,54;3,65]	0,493*	<0,001*
Сегмент В, мм	6,07 ± 1,44	6,50 ± 0,46	1,23 [0,47;3,23]	0,674	<0,001*
Z-score B (-)	1,54 ± 0,95	2,23 ± 0,06	1,64 [1,14;3,99]	0,567	<0,001*
<i>Примітка.</i> ШВЛ – штучна вентиляція легень; ВРІТ – відділення реанімації та інтенсивної терапії; Др – градієнт систолічного тиску; * - статистично значущий результат ($p < 0,05$).					

Таблиця 6. Граничні значення розмірів сегментів дуги аорти як факторів ризику летальності

Показник	Граничне значення показника	AUC	Se/Sp	p
Сегмент А, мм	$\leq 3,5$	0,930	0,980/0,929	0,001*
Z-score A (-)	$> 2,15$	0,690	1,000/0,690	0,003*
Сегмент В, мм	$> 6,5$	0,605	0,864/0,592	0,041*
Z-score B (-)	$\leq 1,00$	0,679	0,856/0,764	0,014*

Таблиця 7. Методики повторних оперативних втручань (n=20)

Методика втручання	Доступ	
	боковий (n=11)	серединний (n=9)
Розширений анастомоз кінець в кінець	8	2
Анастомоз кінець у бік	-	1
Пластика за Амато	1	-
Пластика аутоперикардом	-	6
Резекція аневризми дуги аорти	1	-
Аортопексія	1	-

Повторні втручання після первинної пластики дуги аорти.

При проведенні ROC-аналізу показників летальності визначено, що вірогідність смерті пацієнта була статистично значущо вищою при залишковій гіпоплазії сегмента А дуги аорти менше – 2,15, а також при залишковій гіпоплазії сегмента В дуги аорти менше – 2,2.

Повторні втручання на дузі аорти виконано у 47 із 445 пацієнтів, прооперованих з приводу гіпоплазії дуги аорти. Таким чином, частота повторних втручань після первинної реконструкції становила 10,5%. Розподіл видів реінтервенцій та хірургічних доступів представлено на *рисунку*.

У 47 пацієнтів було виконано 57 повторних втручань, адже у 8 пацієнтів виконували і ендоваскулярні, і хірургічні втручання. Серед пацієнтів з ендоваскулярними реінтервенціями у більшості було достатньо одного втручання. Однак у 1 пацієнта ендоваскулярну дилатацію виконували двічі після первинної операції, ще у 1 пацієнта двічі виконали дилатацію після хірургічної повторної пластики дуги аорти. При хірургічній повторній пластиці дуги аорти використовували різні доступи та методики реконструкції (*табл. 7*).

Під час хірургічних втручань після видалення дуктальних тканин і продовження розрізу на дузі аорти для повторної реконструкції найбільш часто використовували розширений анастомоз кінець в кінець та пластику дуги аутоперикардальною латкою.

Госпітальна летальність після повторної пластики дуги аорти становила 2,1% (помер 1 пацієнт). Смерть пацієнта не була пов'язана з методикою виконання повторного втручання на дузі аорти. Причиною смерті стала гостра серцева і дихальна недостатність, пов'язана з корекцією супутньої ВВС.

За даними аналізу Каплана – Мейєра кумулятивна частка пацієнтів без повторних операцій у віддаленому періоді

спостереження через 1 рік становила 89,4%, а через 4 роки і протягом наступних 6 років – 87,5%.

Статистично значущими доопераційними факторами ризику повторних втручань були низькі маса тіла та відповідно ППТ (*табл. 8*). Пацієнти з низькою масою тіла мали майже в 2 рази вищий ризик повторних операцій (OR 1,92 [1,77;2,10], $p=0,010$), дещо в меншій мірі підвищувався цей ризик у разі низької ППТ (OR 1,10 [1,0;3,2], $p=0,028$).

Шляхом проведення аналізу анатомічних особливостей дуги аорти (розміри сегментів) та гемодинамічних показників (градієнт тиску на дузі аорти, ФВ ЛШ) на доопераційному етапі було виявлено, що абсолютні розміри сегментів та показник стандартного відхилення (Z-score) були статистично значущими факторами ризику повторних втручань. Так, наявність гіпоплазії сегмента В перед операцією майже в півтора разу підвищувала ризик повторного втручання на дузі аорти у віддаленому періоді (OR 1,46 [1,18;1,81], $p=0,001$), дещо в меншій мірі цьому сприяла наявність гіпоплазії сегмента С (OR 1,26 [1,0;1,57], $p=0,023$).

У результаті проведеного аналізу було виявлено, що ряд передопераційних показників не були факторами ризику повторних втручань. Так, вік дитини на момент операції, градієнт тиску на дузі аорти (Δp), розмір сегмента А перед втручанням статистично значущо не підвищували ризику повторних операцій (*табл. 8*).

Досить важливим було виявлення інтраопераційних предикторів повторних втручань на дузі аорти (*табл. 9*). Залишковий градієнт тиску на дузі аорти більше 20 мм рт.ст. був статистично значущим фактором ризику виконання повторної операції (OR 1,20 [1,14;1,26], $p<0,001$). Суттєвий вплив на ризик виконання повторних втручань мали розміри сегментів дуги аорти після реконструкції.

Таблиця 8. Доопераційні фактори ризику повторних операцій на дузі аорти у новонароджених і немовлят після її реконструкції

Показник	Кількість пацієнтів без повторних операцій (n=398)	Кількість повторно оперованих пацієнтів (n=47)	OR	p	
				ratio	overall
Вік, міс	0,80 [0,20;2,25]	0,40 [0,10;1,40]	0,93 [0,80;1,08]	0,363	0,107
Маса тіла, кг	3,74 [3,30;4,75]	3,30 [2,97;4,04]	1,92 [1,77;2,10]	0,048*	0,010*
ППТ, м ²	0,23 [0,21;0,27]	0,21 [0,20;0,25]	1,10 [1,0;3,2]	0,011*	0,028*
Др, мм рт. ст.	46,9 ± 19,9	45,7 ± 18,6	1,0 [0,98;1,01]	0,718	0,704
ФВ ЛШ, %	62,2 ± 11,7	61,2 ± 12,6	0,99 [0,97;1,02]	0,610	0,634
Сегмент А, мм	2,39 ± 0,72	2,21 ± 0,63	0,67 [0,41;1,08]	0,102	0,073
Z-score A (-)	5,91 ± 3,54	5,96 ± 1,73	1,0 [0,92;1,09]	0,916	0,860
Сегмент В, мм	4,52 ± 1,32	3,86 ± 1,04	0,62 [0,46;0,83]	0,002*	<0,001*
Z-score B (-)	2,37 ± 1,36	3,15 ± 1,41	1,46 [1,18;1,81]	<0,001*	0,001*
Сегмент С, мм	5,77 ± 1,70	5,07 ± 1,13	0,72 [0,57;0,92]	0,008*	<0,001*
Z-score C (-)	2,68 ± 1,37	3,10 ± 1,13	1,26 [1,0;1,57]	0,046*	0,023*

Примітка. * – статистично значущий результат (p<0,05). Те саме в табл. 9.

Таблиця 9. Інтраопераційні фактори ризику повторних операцій на дузі аорти у новонароджених і немовлят після її реконструкції

Показник	Кількість пацієнтів без повторних операцій (n=398)	Кількість повторно оперованих пацієнтів (n=47)	OR	p	
				ratio	overall
Тривалість операції, хв	177 ± 95,3	167 ± 80,0	1,0 [1,0;1,0]	0,526	0,471
Тривалість перфузії, хв	123 ± 43,0	127 ± 40,3	1,0 [0,99;1,02]	0,705	0,698
ШВЛ, год	50,2 ± 54,9	69,5 ± 111	1,0 [1,0;1,01]	0,075	0,262
Тривалість перебування у ВРІТ, дні	6,27 ± 5,78	126 ± 16,0	1,07 [1,02;1,11]	0,002	0,102
Др, мм рт. ст.	15,3 ± 6,07	27,1 ± 10,4	1,20 [1,14;1,26]	<0,001*	<0,001*
ФВ ЛШ, %	66,3 ± 6,33	66,8 ± 3,84	1,01 [0,96;1,07]	0,665	0,527
Сегмент А, мм	5,91 ± 1,41	4,16 ± 1,02	0,36 [0,26;0,50]	<0,001*	<0,001*
Z-score A (-)	1,32 ± 1,11	2,78 ± 1,20	2,46 [1,85;3,29]	<0,001*	<0,001*
Сегмент В, мм	6,30 ± 1,34	4,95 ± 1,37	0,44 [0,32;0,61]	<0,001*	<0,001*
Z-score B (-)	1,40 ± 0,89	2,23 ± 0,92	2,86 [1,83;4,47]	<0,001*	<0,001*
Сегмент С, мм	7,41 ± 1,32	6,21 ± 1,99	0,52 [0,37;0,72]	<0,001*	0,004*
Z-score C (-)	1,94 ± 0,92	2,73 ± 1,05	2,47 [1,54;3,97]	<0,001*	0,001*

У разі залишення після операції будь-якого сегмента гіпоплазованим (Z-score < -2) значно зростає ризик повторних втручань у віддаленому періоді. Зокрема, за наявної гіпоплазії сегмента В після хірургічної корекції ризик повторних втручань збільшується у 2,8 разу (OR 2,86 [1,83;4,47], p<0,001). Якщо залишити гіпоплазованим сегмент А, такий ризик збільшується майже у 2,5 разу (OR 2,46 [1,85;3,29], p<0,001). Така ж ситуація спостерігається стосовно сегмента С дуги аорти (OR 2,47 [1,54;3,97], p<0,001).

Не впливали на підвищення ризику повторних втручань на дузі аорти такі фактори: тривалість операції та ШК, тривалість ШВЛ в післяопераційному періоді, тривалість перебування пацієнтів у ВРІТ, ФВ ЛШ після корекції дуги аорти.

Обговорення

Новонароджені і немовлята – це своєрідні вікові групи, які мають високий ризик будь-якої хірургії ВВС, а хірургія дуги аорти в такому віці значно підвищує цей ризик.

Визначення факторів ризику післяопераційної летальності у таких пацієнтів, вдосконалення хірургічної тактики та методик корекції дуги аорти, що можуть вплинути на зменшення кількості ускладнень та летальності у безпосередньому і віддаленому періодах, зменшення ризику повторних втручань є першочерговими завданнями сучасної неонатальної хірургії дуги аорти. Результати нашого дослідження у великій мірі збігаються зі світовими даними стосовно факторів ризику летальності після реконструкції дуги аорти у дітей у віці до 1 року [11].

Стосовно розвитку рестенозу на дузі аорти, то метою будь-якого повторного втручання після первинної реконструкції дуги аорти у немовлят є повне усунення обструкції для подальшого росту всіх сегментів дуги аорти, що мінімізує ризик виникнення повторного звуження [12]. Для усунення повторної обструкції на рівні дуги аорти використовують різні методи: ендovasкулярні втручання (балонна дилатація, стентування), хірургічні методики (екстраанатомічний обхід з допомогою синтетичних судин-

них протезів, анатомічна повторна пластика дуги аорти). Балонна дилатація рестенозу на дузі аорти демонструє високу ефективність процедури – від 80 до 100%. Сполучна тканина в місці первинної пластики мінімізує ризик виникнення аневризми після балонної дилатації. Цей метод широко використовується в практиці усунення рестенозу на дузі аорти, а ряд авторів вважає балонну ангіопластику методом вибору лікування повторної обструкції [13]. Наше дослідження також показало ефективність застосування даного методу у переважній більшості пацієнтів з рестенозом на дузі аорти.

При хірургічній повторній реконструкції дуги аорти, окрім повного усунення обструкції на рівні дуги аорти, досить важливими є питання геометрії дуги аорти після пластичної операції. Ретроаортальне вікно – це простір, зайнятий лівою легеневою артерією та лівим головним бронхом. Після того чи іншого виду реконструкції дуги аорти це вікно може бути заповнене сформованою дугою і призвести до компресії згаданих структур [14].

Літературні дані свідчать про вплив методики корекції гіпоплазії дуги аорти на частоту повторних операцій, хоча в нашому дослідженні це не підтверджено. Реконструкція дуги аорти методикою розширеного анастомоза кінець в кінець характеризується кращими результатами в порівнянні з іншими видами пластики. Проте за показником виживання у віддаленому періоді використані різні методики особливо не відрізняються [15]. В нашому дослідженні у більшості пацієнтів як на початковому етапі корекції дуги аорти, так і при її повторній реконструкції застосована методика пластики розширеним анастомозом кінець в кінець з використанням власних тканин дуги аорти. Проте у частини пацієнтів під час повторної пластики дуги аорти ми застосовували аутоперикардіальну латку, яка дозволяла розширити пластику в проксимальному і дистальному напрямках та попереджати компресію дихальних шляхів. Як доступ для повторної пластики дуги аорти використовували і серединну стернотомію, і бокову торакотомію. Вибір доступу обирався після повного дообстеження і залежав від місця і протяжності повторної обструкції. В останні роки перевагу віддають серединному доступу для повторної реконструкції дуги аорти, мотивуючи це тим, що саме через серединну стернотомію вдається виконати повторну пластику дуги аорти на всьому протязі, мінімізуючи розвиток повторної обструкції [16].

Висновки

Хірургічне лікування гіпоплазії дуги аорти у новонароджених і немовлят є ефективним, супроводжується добрими безпосередніми і віддаленими результатами. Анатомічна корекція повторної обструкції на рівні дуги аорти безпечна як за допомогою ендovasкулярних, так і за допомогою хірургічних методів з низькими показниками летальності та повторних втручань. Урахування виявлених факторів ризику летальності та повторних втручань на дузі аорти дозволить покращити результати лікування гіпоплазії дуги аорти у пацієнтів віком до 1 року.

Фінансування. Дослідження є фрагментом науково–дослідної роботи «Організувати систему надання екстреної та невідкладної кардіохірургічної допомоги пацієнтам з критичними вродженими вадами серця» ДУ «Національний Інститут серцево–судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України». Фінансування за рахунок державного бюджету.

Внесок авторів. Внесок усіх авторів у цю роботу однаковий.

Конфлікт інтересів. Автори, які взяли участь в цьому дослідженні, заявили, що вони не мають конфлікту інтересів щодо цього рукопису.

Згода на публікацію. Усі автори прочитали і схвалили остаточний варіант рукопису. Усі автори дали згоду на публікацію цього рукопису.

References

1. Onalan MA, Temur B, Aydın S, Basgoze S, Guzelmeric F, Odemis E, et al. Management of aortic arch hypoplasia in neonates and infants. J Card Surg. 2021 Jan;36(1):124–33. doi: 10.1111/jocs.15212. Epub 2020 Nov 22. PMID: 33225505.
2. Elgamal MA, McKenzie ED, Fraser CD Jr. Aortic arch advancement: the optimal one-stage approach for surgical management of neonatal coarctation with arch hypoplasia. Ann Thorac Surg. 2002 Apr;73(4):1267–72; discussion 1272–3. doi: 10.1016/s0003-4975(01)03622-0. PMID: 11998817.
3. Dodge-Khatami A, Backer CL, Mavroudis C. Risk factors for reoperation: a 40-year review. J Card Surg. 2000 Nov–Dec;15(6):369–77. doi: 10.1111/j.1540-8191.2000.tb01295.x. PMID: 11678458.
4. Brown JW, Ruzmetov M, Hoyer MH, Rodefeld MD, Turrentine MW. Recurrent coarctation: is surgical repair of recurrent coarctation of the aorta safe and effective? Ann Thorac Surg. 2009 Dec;88(6):1923–30; discussion 1930–1. doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.07.024. PMID: 19932264.
5. Zoghbi J, Serraf A, Mohammadi S, Belli E, Lacour Gayet F, Aupecle B, et al. Is surgical intervention still indicated in recurrent aortic arch obstruction? J Thorac Cardiovasc Surg. 2004 Jan;127(1):203–12. doi: 10.1016/s0022-5223(03)01290-x. PMID: 14752432.
6. Sakurai T, Rogers V, Stickley J, Khan N, Jones TJ, Barron DJ, et al. Single-center experience of arch reconstruction in the setting of Norwood operation. Ann Thorac Surg. 2012 Nov;94(5):1534–9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.05.097. Epub 2012 Jul 26. PMID: 22841016.
7. Kobayashi M, Ando M, Wada N, Takahashi Y. Outcomes following surgical repair of aortic arch obstructions with associated cardiac anomalies. Eur J Cardiothorac Surg. 2009 Apr;35(4):565–8. doi: 10.1016/j.ejcts.2008.09.052. Epub 2009 Jan 15. PMID: 19150241.
8. Mery CM, Guzmán-Pruneda FA, Trost JG Jr, McLaughlin E, Smith BM, Parekh DR, et al. Contemporary Results of Aortic Coarctation Repair Through Left Thoracotomy. Ann Thorac Surg. 2015 Sep;100(3):1039–46. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.04.129. Epub 2015 Jul 21. PMID: 26209490.
9. Thomson JD, Mulpur A, Guerrero R, Nagy Z, Gibbs JL, Watterson KG. Outcome after extended arch repair for aortic coarctation. Heart. 2006 Jan;92(1):90–4. doi: 10.1136/hrt.2004.058685. Epub 2005 Apr 21. PMID: 15845612; PMCID: PMC1860999.
10. Dias MQ, Barros A, Leite-Moreira A, Miranda JO. Risk Factors for Reoperation and Mortality in Infants Submitted to Aortic Coarctation Repair: A Systematic Review. Pediatr Cardiol. 2020 Mar;41(3):561–75. doi: 10.1007/s00246-020-02319-w. Epub 2020 Feb 27. PMID: 32107586.
11. Devlin PJ, McCrindle BW, Kirklin JK, Blackstone EH, DeCampi WM, Caldarone CA, et al. Intervention for arch obstruction after the Norwood procedure: Prevalence, associated factors, and practice variability. J

- Thorac Cardiovasc Surg. 2019 Feb;157(2):684–95.e8. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.09.130. Epub 2018 Nov 22. PMID: 30669228.
12. Kim ER, Kim WH, Nam J, Choi K, Jang WS, Kwak JG. Mid-Term Outcomes of Repair of Coarctation of Aorta With Hypoplastic Arch: Extended End-to-side Anastomosis Technique. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2017 Oct 27;S1043–0679(17)30289–7. doi: 10.1053/j.semtcvs.2017.10.002. Epub ahead of print. PMID: 29111297.
13. Alkashkari W, Albugami S, Althobaiti M, Alfouti M, Alrahimi J, Kinsara A, et al. Transcatheter Intervention for Late Complications after Aortic Coarctation Surgical Repair. *J Clin Trials.* 2020;10(2): 402. doi: 10.35248/2167–0870.20.10.402.
14. Brown JW, Ruzmetov M, Okada Y, Vijay P, Rodefeld MD, Turrentine MW. Outcomes in patients with interrupted aortic arch and associated anomalies: a 20-year experience. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006 May;29(5):666–73; discussion 673–4. doi: 10.1016/j.ejcts.2006.01.060. Epub 2006 Apr 12. PMID: 16626964.
15. Brown ML, Burkhardt HM, Connolly HM, Dearani JA, Cetta F, Li Z, et al. Coarctation of the aorta: lifelong surveillance is mandatory following surgical repair. *J Am Coll Cardiol.* 2013 Sep 10;62(11):1020–5. doi: 10.1016/j.jacc.2013.06.016. Epub 2013 Jul 10. PMID: 23850909.
16. Ghani MOA, Raees MA, Harris GR, Shannon CN, Nicholson GT, Bichell DP. Reintervention After Infant Aortic Arch Repair Using a Tailored Autologous Pericardial Patch. *Ann Thorac Surg.* 2021 Mar;111(3):973–79. doi: 10.1016/j.athoracsur.2020.04.091. Epub 2020 Jun 6. PMID: 32512001.

Надійшла 12.01.2021