

**Якімішен О. О.**, лікар-анестезіолог відділення хірургічного лікування вроджених вад серця у новонароджених та дітей молодшого віку

**Петренко А. П.**, лікар-анестезіолог відділення хірургічного лікування вроджених вад серця у новонароджених та дітей молодшого віку

**Бойко С. М.**, завідувач відділення реанімації № 3 хірургічного лікування вроджених вад серця у новонароджених та дітей молодшого віку

**Руденко М. М.**, канд. мед. наук, лікар-кардіолог відділення хірургічного лікування вроджених вад серця у новонароджених та дітей молодшого віку

**Прокопович Л. М.**, лікар-кардіохірург відділення хірургічного лікування вроджених вад серця у новонароджених та дітей молодшого віку

ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ, Україна

## Аналіз післяопераційного періоду при відстроченому зведенні грудини у немовлят після корекції вроджених вад серця

**Резюме.** У дітей перших місяців життя відстрочене зведення грудини є однією з небагатьох методик, що дозволяють збільшити серцевий викид після корекції складних вроджених вад серця (ВВС).

**Мета дослідження** – провести аналіз летальності та виявити предиктори несприятливого результату та частоту некардіальних ускладнень при відстроченому зведенні грудини після корекції ВВС у дітей.

**Матеріали та методи.** З 2017 по 2019 рік у ДУ «НІССХ імені М. М. Амосова НАМН України» було прооперовано 310 немовлят зі складними ВВС. З них у 22 дітей було відстрочене зведення грудини, середній вік становив  $3 \pm 2,4$  місяця, середня вага –  $5 \pm 2,5$  кг. Анестезіологічне забезпечення здійснювали на основі кетаміну ( $1-2$  мг/кг) – у дітей віком менше 1 місяця або інфузії пропофолу ( $4-6$  мг/кг/год) – у дітей віком понад 1 місяць; фентанілу ( $5-10$  мкг/кг/год) і рокуронію ( $0,2-0,6$  мг/кг) та застосовували модифіковану ультрафільтрацію на кінець штучного кровообігу. Зведення грудини проводили в середньому на  $3 \pm 2$ -у добу (від 1 до 5-ї доби) після операції.

**Результати.** Відношення шансів (ВШ) розвитку летального результату при середньому артеріальному тиску (АТсер.) менше 35 мм рт. ст. становило 3,7, ВШ за ризиком розвитку летального результату при  $SVO_2 < 40\%$  – 0,94. Відношення шансів за ризиком розвитку летального результату при рівні лактату в крові більше 10 ммоль/л у перші три доби післяопераційної інтенсивної терапії досягав 2,1.

Найчастішим ускладненням методики відстроченого зведення грудини був пневмоторакс, він спостерігався у 18,2 % випадків (4 пацієнти).

Частота інфекційних ускладнень (інфекційний медіастеніт) становила 9 % (2 пацієнти).

**Висновок.** Методика відстроченого зведення грудини є прийнятним методом підтримання серцевого викиду в дітей перших місяців життя з ВВС у післяопераційному періоді. Високий рівень лактату в крові (більше 10 ммоль/л) і, особливо, його подальше зростання, а також менше АТсер. 35 мм рт. ст. можуть слугувати предикторами несприятливого результату кардіохірургічних втручань із відкритою стернотомією.

**Ключові слова:** вроджена вада серця, зведення грудини, інтенсивна терапія.

Розвиток кардіохірургії останніх десятиліть, а також супутнє цьому вдосконалення методик анестезіологічного забезпечення та післяопераційного ведення призвели до виправданого зрушення в хірургічному лікуванні вроджених вад серця (ВВС) у період новонародженості [1, 2]. Ці обставини збільшили кількість дітей з післяопераційною критичною серцевою недостатністю.

При розгляді методик механічної підтримки кровообігу в зазначеного контингенту дітей останніми роками обговорюється доцільність екстракорпоральної мембранної оксигенації. Ця методика дуже ефективна, проте пов'язана зі значними технічними труднощами, вимагає певного досвіду проведення і матеріального забезпечення [3]. Широко використовується в дорос-

лих внутрішньоаортальна балонна контрапульсація неприйнятна для немовлят. Таким чином, відстрочене зведення грудини є однією з небагатьох методик, що дає змогу збільшити серцевий викид і є доступною для рутинного застосування в дітей перших місяців життя [4].

Методика відстроченого зведення грудини має безліч синонімів, таких як пролонгована відкрита стернотомія (ведення хворих з відкритою грудиною в післяопераційному періоді), первинно не зведена грудина (у кінці операції грудина не зводиться), відкладене зведення грудини (закриття грудини після стабілізації гемодинаміки). Суть методики полягає в тому, що кардіохірургічна операція не супроводжується зведенням грудини для виключення зовнішньої компресії серця, з подальшим відновленням цілісності грудної клітки в міру поліпшення стану хворого [3, 5].

За даними літератури, в останні роки частота застосування відстроченого зведення грудини коливається від 1,2 % у дорослих до 38 % у дітей і до 62 % у новонароджених при складних реконструктивних кардіохірургічних операціях [6]. Одночасно провідні клініки світу накопичують досвід застосування цієї методики і мають можливість теоретичного обґрунтування різних стратегій. Так, Matsumoto M. і співавтори [7] за допомогою черезстраховідної ехокардіографії виявили зниження серцевого викиду при зведенні грудини, пов'язане зі зменшенням діастолічного наповнення шлуночків. Casha A. R. і співавтори [8] оцінювали перикардіальний тиск у немовлят прямим вимірюванням за допомогою перикардіального катетера. Del Nido P. J. і співавтори [9] проводили вимірювання перикардіального тиску після корекції різних видів ВВС, а також у разі розвитку кризів легеневої гіпертензії після корекції вад. При цьому узагальнений досвід дозволяє з упевненістю сказати, що провідним механізмом зниження серцевого викиду при зведенні грудини є зовнішня компресія серця зі зниженням кінцево-діастолічного об'єму (КДО) шлуночків [10].

Висока частота застосування методики відстроченого зведення грудини у дітей перших місяців життя обумовлена особливостями їх фізіології і низкою відмінностей при проведенні штучного кровообігу (ШК). До особливостей проведення можна віднести відносно великий обсяг первинного заповнення апарату штучного кровообігу (АШК) по відношенню до об'єму циркулюючої крові дитини, велику площу контакту крові з поверхнею фізіологічного блоку АШК [11]. При деяких ВВС оперативне втручання передбачається в умовах циркуляторного арешту або низькопроточної перфузії, а супутня гіпотермія і гемоділюція посилює інтра- і постперфузійні проблеми. Усі перераховані вище фактори сприяють запуску каскаду системної запальної відповіді з вивільненням медіаторів запалення, які обумовлюють пошкодження ендотелію,

підвищення судинної проникності, розвиток синдрому «капілярного витоку», формування поширених тканинних набряків. Крім того, в організмі немовляти незріла система регуляції водного балансу, а тканини мають більшу гідрофільність. Одним з проявів незрілості новонароджених є тенденція до спонтанного порушення проникності капілярів під дією будь-яких стресових факторів. При цьому нирки в дітей перших 2 міс. життя відрізняються значною функціональною незрілістю, нирковий кровообіг є низьким (близько 10 % від серцевого викиду при 25 % у дорослих), що обумовлює низьку швидкість клубочкової фільтрації, а незріла система реабсорбції призводить до низької концентраційної здатності нирок. Отже, пролонгована відкрита стернотомія є вкрай нефізіологічним станом, виникає необхідність проаналізувати діагностичну цінність традиційно використовуваних показників, визначити прогностичну значущість деяких клініко-лабораторних даних, тим більше що рутинне проведення ехокардіографії в таких умовах утруднене або неможливе.

**Мета дослідження** – оцінювання летальності, предикторів несприятливого результату і частоти некардіальних ускладнень при відстроченому зведенні грудини після корекції ВВС у дітей.

**Матеріали та методи.** Ми проаналізували випадки відстроченого зведення грудини в дітей, оперованих в ДУ «НІССХ імені М. М. Амосова НАМН України» з 1 січня 2017 по 31 грудня 2019 року. Анестезіологічне забезпечення здійснювали на основі кетаміну (1–2 мг/кг) – у немовлят або інфузії пропофолу (4–6 мг/кг/год) – у дітей віком понад 1 місяць; фентанілу (5–10 мкг/кг/год) і рокуронію (0,2–0,6 мг/кг/год). Після закінчення ШК у всіх випадках застосовували модифіковану ультрафільтрацію. У 22 випадках закінчення операції не супроводжувалося стягуванням країв грудини, так як наявна серцева недостатність значно погіршувалася при спробі зведення грудини. У цих випадках грудна клітка залишалася відкритою, у краї шкірної рани вшивали синтетичну латку, зверху проводили герметизацію двома шарами йодовмісної хірургічної плівки.

Серед хворих більшість становили немовлята (86,4 %), середній вік –  $3,6 \pm 6,4$  доби. У групі більш старших дітей середній вік досягав  $2,5 \pm 1,5$  міс. (таблиця 1). З 22 хворих померли 6.

Таким чином, частіше (36,4 %) методика відстроченого зведення грудини використана при СГЛВС, після операції Nogwood I у новонароджених. Зведення грудини проводили в середньому на  $2,7 \pm 1,7$ -у добу після операції.

Післяопераційна летальність становила 27,3 % (6 пацієнтів), переважно це новонароджені (5 з 6), які перенесли великі тривалі реконструктивні операції, що мали тяжкі супутні захворювання і нестабільну гемодинаміку до операції. Із 6 хворих 2 померли протя-

Таблиця 1

Розподіл оперованих хворих за видами ВВС

Діагноз	Вік	Операція	Кількість
Синдром гіпоплазії лівих відділів серця (СГЛВС)	2–5 діб	Norwood I	8
Транспозиція магістральних судин (ТМС)	2–7 діб	Операція артеріального перемикання (Art. Switch)	5
Гіпоплазія дуги аорти, переривання дуги аорти	2–10 діб	Пластика дуги аорти	4
Тотальний аномальний дренаж легене-вих вен (ТАДЛВ)	7–10 діб	Радикальна корекція вади	2
Атрезія легеневої артерії I тип (АЛА I)	2,5 міс.	Анастомоз Блелока	1
Дефект міжпередсердної перегородки (ДМПП)	3 міс.	Пластика ДМПП	1
Дефект міжшлуночкової перегородки (ДМШП)	4 міс.	Пластика ДМШП	1

гом першої доби після операції на тлі збереження тяжкої серцевої недостатності. Один помер на 2-у добу, причиною стало виникнення синдрому низького серцевого викиду. У трьох випадках летальний результат відзначено в терміни від 5 до 18 діб після операції на тлі приєднання поліорганної недостатності.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Треба відзначити, що неможливість звести грудину в кінці операції свідчила про наявність тяжкої серцевої недостатності. Усі хворі під час виїзду з операційної отримували високі дози інотропних препаратів. Адреналін ( $0,05 \pm 0,02$  мкг/кг/хв) і норадреналін ( $0,05 \pm$

$0,02$  мкг/кг/хв) використовували в усіх пацієнтів. У 8 (36,4 %) пацієнтів додатково до цього застосовували мілринон у дозі  $0,5 \pm 0,25$  мкг/кг/хв. Знеболювання забезпечувалося постійною інфузією фентанілу в дозі 2,5–5 мкг/кг/год.

Рівень систолічного артеріального тиску до оперативного лікування в дітей, які вижили достовірно не відрізнявся від померлих і становив відповідно  $67,1 \pm 6,2$  і  $66,6 \pm 6,3$  мм рт. ст. ( $p = 0,43$ ). Аналіз середнього артеріального тиску (АТсер.) також не виявив значущих відмінностей між ними. Серед дітей, які вижили цей показник досягав  $46,9 \pm 4,3$  мм рт. ст., у померлих –  $45,8 \pm 4,7$  мм рт. ст. ( $p = 0,30$ ).

Після оперативного втручання рівень артеріального тиску не можна вважати достовірним показником серцевої недостатності, рівень АТсер. у групі хворих, які вижили, був достовірно вище ( $p < 0,01$ ) щодо померлих (таблиця 2). Відношення шансів (ВШ) розвитку летального результату при АТсер. 35 мм рт. ст. становило 3,7, що передбачає високе прогностичне значення цього чинника.

Рівень венозної сатурації не мав достовірного зв'язку з результатом лікування, що цілком імовірно обумовлено порушенням екстракції кисню на тлі тяжкого стану в обох групах пацієнтів (рисунок 1). Відношення шансів за ризиком розвитку летального результату при  $SVO_2 < 40\%$  становило 0,94.

Рівень лактату в крові був достовірно вище ( $p < 0,05$ ) у групі хворих з несприятливим результатом, при цьому в цих пацієнтів відзначається зростання зазначеного показника впродовж кількох перших діб, тоді як у хворих, які вижили, рівень лактату поступово знижувався (рисунок 2). Відношення шансів за ризиком розвитку летального результату при рівні лактату в крові 10 ммоль/л і більше в перші 3 доби післяопераційної інтенсивної терапії становив 2,1, що свідчить про можливість його використання як предиктора несприятливого результату в досліджуваних дітей.

Таблиця 2

Динаміка рівня АТсер. у досліджуваних дітей

Показник	Час після операції, год										
	0	2	6	12	24	36	48	72	96	120	144
Живі, АТсер., мм рт. ст. (n = 16)	44,0 ± 1,2*	43,6 ± 0,9*	41,3 ± 1,0*	43,7 ± 1,4*	42,3 ± 1,3*	44,0 ± 1,9*	48,7 ± 1,5	55,3 ± 1,4	54,7 ± 1,4	60,0 ± 1,3	61,0 ± 0,8
Померлі, АТсер., мм рт. ст. (n = 6)	33,3 ± 1,8	25,3 ± 1,6	26,0 ± 1,3	25,3 ± 1,3	26,0 ± 1,5	26,0 ± 1,4	26,7 ± 1,1	26,7 ± 0,9	-	-	-

Примітка. \* – достовірність міжгрупових відмінностей;  $p < 0,01$ .

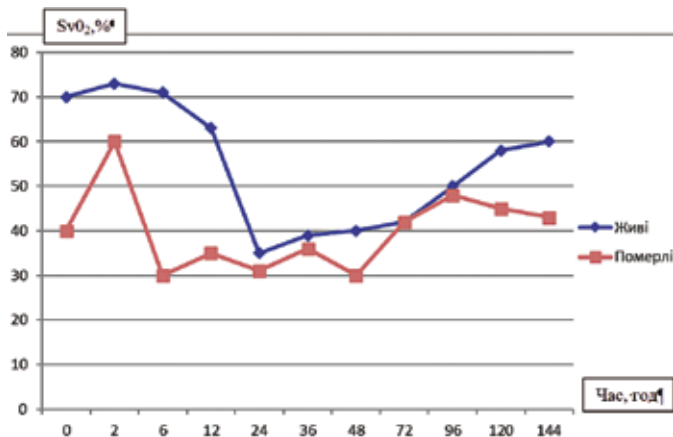


Рисунок 1. Динаміка венозної сатурації в досліджуваних дітей (%)

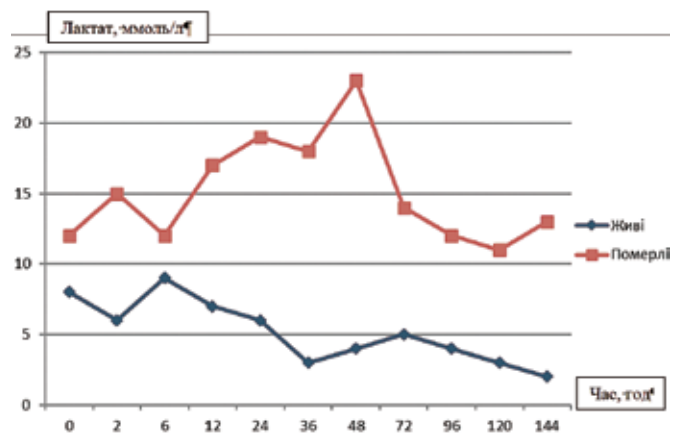


Рисунок 2. Динаміка рівня лактату в крові досліджуваних дітей

Також діти отримували масивну антибактеріальну профілактику комбінацією двох антибіотиків широкого спектра дії в максимальних вікових дозуваннях з урахуванням функції нирок. Оскільки майже всі діти отримували попереднє лікування в інших лікарнях і були носіями госпітальних штамів, низький серцевий викид призводив до поганого кровообігу в рані, сповільнюючи загоєння і знижуючи місцеву стійкість до інфекції.

У більшості випадків зведення грудини проводили на 1–5-у добу (у середньому на  $3 \pm 2$ -у добу). При цьому за локальними протоколами показниками того, що герметизація грудної клітки не призведе до значного поглиблення серцевої недостатності були:

- помірний рівень інотропної підтримки (Inotrope Score < 10);
- негативний водний баланс за попередню добу на тлі стабільної гемодинаміки;
- відсутність виражених набряків м'яких тканин та ознак активної кровотечі;
- відсутність вираженого лактат-ацидозу (лактат в артерії < 4 ммоль/л) з позитивною динамікою;
- відсутність ішемії міокарда; задовільна скоротливість шлуночків (шлуночка);
- відсутність життєзагрозливих порушень ритму;
- відсутність критичної гіпоксемії;
- невисокі значення центрального венозного тиску (6–8 мм рт. ст.), як критерій низького внутрішньогрудного тиску; збалансований кровотік у двох колах кровообігу.

Дотримання цих умов дало змогу звести грудину в зазначені терміни, не виникало потреби в повторному розведенні грудини в досліджуваних хворих.

Найчастішим ускладненням методики відстроченого зведення грудини був пневмоторакс. Його наяв-

ність зафіксовано у 4 (18,2 %) пацієнтів, з них надалі 2 (9 %) померли від інфекційного медіастеніту. Причиною пневмотораксу в усіх випадках стала травма-тизація тканини легень по краю грудини. Перед зведенням грудини проводили ревізію легень і ушивання перфорації в них (аеростаз).

З огляду на нечисленність пацієнтів, включених у дослідження, не вдалося визначити будь-якого взаємозв'язку між частотою некардіальних ускладнень і наслідками лікування.

Незважаючи на те що незведена грудина в більшості випадків дозволяла поліпшити серцевий викид, сам факт відкритої грудної клітки створював додаткові проблеми. Серед найбільш значущих можна виділити високий ризик інфекційних ускладнень через пошкодження природних захисних бар'єрів, приєднання поліорганної недостатності, потреби у високих дозах наркотичних анальгетиків і засобів для наркозу, так як, по суті, це «продовжена операція», яка може тривати протягом кількох діб. Незведена грудина і наявність її відкритих країв становлять певні труднощі під час проведення ШВЛ та кінезіотерапії, оскільки існує ризик пошкодження тканини легень гострим краєм грудини. Ця обставина змушувала використовувати протективні режими ШВЛ.

### Висновки

1. Методика відстроченого зведення грудини є прийнятним методом підтримки серцевого викиду в дітей перших місяців життя з ВВС у післяопераційному періоді.
2. Високий рівень лактату в крові (10 ммоль/л і більше) й, особливо, його подальше зростання, а також АТсер. менше 35 мм рт. ст. є предикторами несприятливого результату кардіохірургічних втручань з відкритою стернотомією.

3. Наявність відкритої стернотомії може супроводжуватися ускладненнями, такими як пневмоторакс, медіастеніт, поліорганна недостатність, а також специфічними вимогами до післяопераційної інтенсивної терапії (проведення ШВЛ, знеболювання і корекція метаболізму).

### Список використаних джерел

#### References

- van der Linde D, Konings EE, Slager MA, Witsenburg M, Helbing WA, Takkenberg JJ, Roos-Hesselink JW. Birth prevalence of congenital heart disease worldwide: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2011; 58:2241–7. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.08.025>
- Прокопович ЛМ, Головенко ОС, Труба ЯП, Бойко СМ, Лазоришинець ВВ. Досвід хірургічного лікування коарктації аорти з гіпоплазією дуги аорти у новонароджених та немовлят. *Український журнал серцево-судинної хірургії.* 2016;1(24):61–4. Prokopovych L, Golovenko O, Truba Y, Boyko S, Lazorishinets V. [Surgical Treatment of Complex Coarctation of Aorta with Hypoplastic Aortic Arch in Infants]. *Ukrainian Journal of Cardiovascular Surgery.* 2016;1(24):61–4. Ukrainian.
- Harder EE, Gaies MG, Yu S, Donohue JE, Hanauer DA, Goldberg CS, Hirsch JC. Risk factors for surgical site infection in pediatric cardiac surgery patients undergoing delayed sternal closure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013 Aug;146(2):326–33. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.09.062>
- Hurtado-Sierra D, Calderón-Colmenero J, Curi-Curi P, Cervantes-Salazar J, Sandoval JP, García-Montes JA, et al. Outcomes of delayed sternal closure in pediatric heart surgery: single-center experience. *Biomed Res Int.* 2018 Apr 19;2018:3742362. <https://doi.org/10.1155/2018/3742362>
- Amato J. Review of the rationale for delayed sternal closure. *Crit Care Med.* 2000;28(4):1249–51. <https://doi.org/10.1097/00003246-200004000-00072>
- Abramyan MA. [Prolonged Open Sternotomy in Pediatric Cardiac Surgery]. *Heart and Vessels Diseases in Children.* 2005;6:18–25. Russian.
- Matsumoto M, Oka Y, Strom J, Frishman W, Kadish A, Becker RM, et al. Application of transesophageal echocardiography to continuous intraoperative monitoring of left ventricular performance. *Am. J. Cardiol.* 1980;46:95–105. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(80\)90611-6](https://doi.org/10.1016/0002-9149(80)90611-6)
- Casha AR, Yang L, Kay PH, Saleh M, Cooper GJ. A biomechanical study of median sternotomy closure techniques. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1999;15:365–69. [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(99\)00014-7](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(99)00014-7)
- Del Nido PJ, Bichell DP. Minimal-access surgery for congenital heart defects. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu.* 1998;1:75–80. [https://doi.org/10.1016/s1092-9126\(98\)70010-9](https://doi.org/10.1016/s1092-9126(98)70010-9)
- Manrique AM, Vargas DP, Palmer D, Kelly K, Litchenstein SE. The Effects of Cardiopulmonary Bypass Following Pediatric Cardiac Surgery. In: Munoz R, Morell V, da Cruz E, Vetterly C, da Silva J, editors. *Critical Care of Children with Heart Disease.* Springer, Cham; 2020. p. 113–29. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-21870-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-21870-6_10)
- Dönmez A, Yurdakök O. Cardiopulmonary bypass in infants. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2014 Jun;28(3):778–88. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2013.12.024>

## Delayed Sternal Closure after Congenital Heart Surgery in Infants: Postoperative Course

Yakimishen E., Petrenko A., Boyko S., Rudenko M., Prokopovych L.

National Amosov Institute of Cardiovascular Surgery, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** Delayed sternal closure in infants and children of the first months of life after the correction of complex congenital heart defects (CHD) can increase cardiac output. This is a forced measure due to the development of unstable hemodynamics, capillary leak syndrome and myocardial edema, as the sternotomy wound closure in the early postoperative period provides a compression effect on the function of the myocardium.

**The aim.** To evaluate mortality and to detect predictors of adverse outcome as well as the incidence of non-cardiac complications in delayed sternal closure after surgical repair of CHD.

**Materials and methods.** Twenty two children were studied. Six children died. Anesthetic management was provided using propofol (4–6 mg/kg/h) and fentanyl (5–10 µg/kg/h) infusions. Modified ultrafiltration was applied at the end of assisted circulation in all the cases. Sternal closure was performed on average on day 3 ± 2 after surgery.

**Results.** Mortality odds ratio (OR) in patients with the mean arterial pressure (MAP) < 35 mmHg was 3.7; mortality OR in patients with SVO<sub>2</sub> < 40 % was 0.94; mortality OR in patients with blood lactate > 10 mmol/L in the first three days of postoperative intensive care was 2.1.

**Conclusions.** Delayed sternal closure is an acceptable method of maintaining cardiac output in young infants with CHD in postoperative period. High blood lactate (> 10 mmol/L) and especially its further growth, as well as MAP < 35 mmHg, can predict adverse outcomes of cardiac surgery with open sternotomy.

**Keywords:** congenital heart disease, open sternotomy, intensive care.

Стаття надійшла в редакцію 11.02.2020 р.