

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ ОТСРОЧЕННОГО ЗАКРЫТИЯ ГРУДИНЫ У КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ ГРУДНОГО ВОЗРАСТА

Наумов А.Б.<sup>1</sup>, Хубулава Г.Г.<sup>2</sup>, Марченко С.П.<sup>2</sup>, Купатадзе Д.Д.<sup>1</sup>, Кулемин Е.С.\*<sup>1</sup>, Андреев М.С.<sup>2</sup>, Селиверстова А.А.<sup>1</sup>, Терешенко О.Ю.<sup>2</sup>, Пилугов Н.Г.<sup>2</sup>, Марютина Т.А.<sup>1</sup>, Невмержицкая О.В.<sup>3</sup>, Чупаева О.Ю.<sup>1</sup>, Кальной П.С.<sup>4</sup>, Черномордова А.В.<sup>2</sup>, Сазонов А.Б.<sup>5</sup>, Волков А.М.<sup>5</sup>

DOI: 10.25881/BPNMSC.2021.21.67.003

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет», Санкт-Петербург

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова», Санкт-Петербург

<sup>3</sup> ГБУЗ «Перинатальный центр №1», Санкт-Петербург

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет», Екатеринбург

<sup>5</sup> ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», Санкт-Петербург

**Резюме.** Цель исследования: оценить влияние точных гемодинамических и лабораторных критериев на применение хирургической методики отсроченного закрытия грудины у кардиохирургических пациентов грудного возраста.

Материалы и методы: проведено ретроспективное одноцентровое исследование результатов лечения 167 пациентов грудного возраста, оперированных по поводу ВПС с применением точных гемодинамических и лабораторных критериев определения в качестве показаний к проведению отсроченного ушивания грудины: 1) индекс ударного объема левого желудочка менее 15 мл/м<sup>2</sup>; 2) центральное венозное давление более 20 мм рт. ст.; 3) давление в левом предсердии более 16 мм рт. ст.; 4) ΔpCO<sub>2</sub> более 12 мм рт. ст. для двухжелудочковой гемодинамики и ΔpCO<sub>2</sub> более 7,9 мм рт. ст. для одножелудочковой гемодинамики.

Результаты: отсроченное ушивание грудной клетки выполнено в 21,5% случаев. Использование предложенных критериев при применении методики «открытая грудина» позволило сократить длительность проведения ИВЛ, время лечения в отделении реанимации, период состояния незакрытой грудины, уменьшить частоту развития острого почечного повреждения и применения перитонеального диализа, а также снизить показатель внутрибольничной летальности. У пациентов после первичного ушивания грудины при использовании предложенных критериев частота развития гемодинамических нарушений в раннем послеоперационном периоде уменьшилась на 17,8% по сравнению с группой контроля (p = 0,039; ОШ = 0,479).

Выводы: точные гемодинамические и лабораторные критерии к применению хирургической методики отсроченного закрытия грудины позволяют улучшить результаты послеоперационного выживания пациентов путём профилактики развития острой сердечной недостаточности и внесердечных осложнений.

**Ключевые слова:** отсроченное ушивание грудной клетки, врожденные пороки сердца, острая сердечная недостаточность.

### Введение

Предложенный в 1975 г. метод отсроченного закрытия грудины (ОУГ) уменьшает влияние компрессии грудной клетки и легких на камеры сердца, позволяет

### RESULTS OF OPEN CHEST IN INFANTS AFTER CARDIAC SURGERY

Naumov A.B.<sup>1</sup>, Hubulava G.G.<sup>2</sup>, Marchenko S.P.<sup>2</sup>, Kupatadze D.D.<sup>1</sup>, Kulemin E.S.\*<sup>1</sup>, Andreev M.S.<sup>2</sup>, Seliverstova A.A.<sup>1</sup>, Tereshenko O.YU.<sup>2</sup>, Pilyugov N.G.<sup>2</sup>, Maryutina T.A.<sup>1</sup>, Nevmerzchickaya O.V.<sup>3</sup>, Chupaeva O.YU.<sup>1</sup>, Kalnoj P.S.<sup>4</sup>, Chernomordova A.V.<sup>2</sup>, Sazonov A.B.<sup>5</sup>, Volkov A.M.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint-Petersburg

<sup>2</sup> Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg

<sup>3</sup> City perinatal center №1, Saint Petersburg

<sup>4</sup> Ural state medical university, Ekaterinburg

<sup>5</sup> S.M. Kirov Military medical academy, St. Petersburg

**Abstract.** Aim of the study: to evaluate the influence of precise hemodynamic and laboratory criteria on the use of the surgical technique of delayed sternal closure on the course in the early postoperative period in cardiac surgery patients of infancy. Materials and methods: A retrospective single-center study of the results of treatment of 167 infants operated on for CHD was carried out using precise hemodynamic and laboratory criteria for determining the indications for delayed sternum suturing: 1) left ventricular stroke volume index less than 15 ml / m<sup>2</sup>; 2) central venous pressure more than 20 mm Hg. Art. ; 3) pressure in the left atrium more than 16 mm Hg; 4) ΔpCO<sub>2</sub> more than 12 mm Hg. for two-ventricular hemodynamics and ΔpCO<sub>2</sub> more than 7.9 mm Hg. for single ventricular hemodynamics.

Results: delayed suturing of the chest was performed in 21.5% of cases. The use of the proposed criteria in the application of the «open sternum» technique made it possible to reduce the duration of mechanical ventilation, the duration of treatment in the intensive care unit, the period of the state of the sternum that was not removed, to reduce the incidence of acute renal injury and the use of peritoneal dialysis, and also to reduce the rate of nosocomial mortality. In patients after primary suturing of the sternum, using the proposed criteria, the incidence of hemodynamic disorders in the early postoperative period decreased by 17.8% compared to the control group (p = 0.039; OR = 0.479).

Conclusions: Accurate hemodynamic and laboratory criteria for the use of the surgical technique for delayed sternal closure can improve the results of postoperative nursing of patients by preventing the development of acute heart failure and non-cardiac complications.

**Keywords:** delayed sternum closure, congenital heart defects, acute heart failure.

избежать тампонады при развитии коагулопатии после ИК, уменьшить гемодинамические проявления отёка и дисфункции миокарда, а также снизить постнагрузку на левый желудочек в остром периоде перестройки кровоо-

\* e-mail: kulemin.es@gmail.com

брашения после коррекции порока сердца [4–7]. В 1992 г. Furnary A.P. с соавт., исследуя изменения гемодинамики у кардиохирургических пациентов после повторного открытия грудины, сообщили об увеличении сердечного индекса на 59% и повышении систолического артериального давления на 18% [2]. Большой опыт специалистов НЦССХ им. А.Н. Бакулева собран в диссертационном исследовании Абрамяна М.А. в 2005 г., которое посвящено проблеме применения метода пролонгированной отсроченной стернотомии. Абрамян М.А. описал высокое давление в правом желудочке и лёгочной артерии, большой объём кровопотери и синдром капиллярной утечки. В качестве относительных показаний Абрамян М.А. предлагает учитывать угрозу возникновения лёгочных гипертонических кризов, риск развития малого сердечного выброса при длительном периоде пережатия аорты и ИК, а также наличие аритмии, возраст менее 1 месяца и массу тела менее 3,5 кг [9].

Интраоперационная верификация признаков острой сердечной недостаточности (ОСН) эхокардиографическими и лабораторными методами, отражающими нарушение системной перфузии, в настоящее время представляет отдельное направление исследований в клинической медицине. Актуальность проблемы ОСН определяется высокой частотой (25–60%) развития синдрома малого сердечного выброса с признаками нарушения системной перфузии после коррекции ВПС [1]. Расширение показаний к радикальным операциям при ВПС с более длительным пережатием аорты и ИК, а также увеличение доли пациентов, оперируемых в периоде новорождённости, требует совершенствования критериев интраоперационной диагностики ОСН и лечебной тактики, основанной на них [3]. Уточнение гемодинамических и лабораторных критериев для применения ОУГ как метода защиты миокарда и нормализации системной перфузии позволит классифицировать гемодинамические нарушения и формулировать диагноз ОСН на основании точных гемодинамических и лабораторных критериев [11].

Цель исследования — оценка результатов применения гемодинамических и лабораторных критериев в качестве показаний к хирургической методике ОУГ в аспекте течения раннего послеоперационного периода у кардиохирургических пациентов грудного возраста.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное одноцентровое исследование результатов лечения 167 больных с ВПС, оперированных в Перинатальном центре Санкт-Петербургского государственного педиатрического медицинского университета в период с 2014 по 2018 гг. (Рис. 1).

Методика ОУГ клетки проводилась по трём различным технологиям: при первом варианте, у 25 (69,4%) пациентов, герметизация стернотомной раны выполнялась методом сведения краёв кожи и ушиванием их по Донати. Данный метод за счёт естественных барьерных свойств кожи позволял снизить риск инфицирования и улучшить восстановление кожных краёв при окончательном

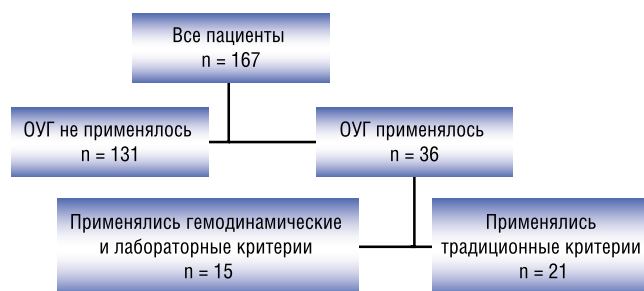


Рис. 1. Схема исследования.

ушивание раны. Второй вариант подразумевал закрытие раны с использованием заплаты из ПТФЭ и выполнялся у 7 (19,4%) пациентов, преимущественно периода новорождённости. С целью лучшей герметизации передняя поверхность грудной клетки закрывалась двумя слоями инцизионной плёнки. Третий вариант имел особенности второго в сочетании с применением «распорки» из ПВХ трубки и использовался при отсроченном ушивании грудины у 4 (11%) пациентов с выраженным несоответствием размеров сердца и переднего средостения.

Пациенты в исследуемой выборке разделены на 2 группы в зависимости от выбранных критериев ОУГ. В первую вошли пациенты, наблюдавшиеся в период с февраля 2014 по май 2016 года. В данной группе использование методики ОУГ принималось хирургической бригадой на основании стандартных критериев развития нестабильной гемодинамики в конце операции (показатели артериального давления и сатурации, нарушения ритма сердца, интерстициальный отёк лёгких и др.) или наличия риска развития ОСН в раннем послеоперационном периоде.

Во вторую группу вошли пациенты, наблюдавшиеся в период с июня 2016 по ноябрь 2018 года. Выбор применения метода ОУГ основывался на следующих критериях: 1) индекс ударного объёма левого желудочка менее 15 мл/м<sup>2</sup>; 2) центральное венозное давление более 20 мм рт. ст.; 3) давление в левом предсердии более 16 мм рт. ст.; 4) ΔрСО<sub>2</sub> более 12 мм рт. ст. для двухжелудочковой гемодинамики и ΔрСО<sub>2</sub> более 7,9 мм рт. ст. для одножелудочковой гемодинамики [15–17]; 5) коагулопатия после ИК с признаками диффузной капиллярной кровоточивости.

При достаточной визуализации с помощью череспищеводной эхокардиографии (ЧПЭХОКГ) выполнялась оценка индекса ударного объёма левого желудочка. В случае невозможности проведения ЧПЭХОКГ исследования по причине малого веса пациента или сложности получения требуемой эхокардиографической проекции выполнялось временное сведение грудины и трансторакальное эхокардиографическое исследование. Недостижение установленных критериев обуславливало снятие фиксирующего шва и ОУГ. Измерение ЦВД проводилось по данным центрального венозного катетера, а давления в левом предсердии — путём пункции левого предсердия.

Критерии закрытия стернотомной раны в отделении кардиореанимации: 1) сердечный индекс более 2,0 л/мин./м<sup>2</sup>; 2) частота сердечных сокращений соответствует возрастной норме; 3) центральное венозное давление менее 10 мм рт. ст.; 4) показатели артериального давления соответствуют возрастным нормам при инотропной поддержке одним препаратом в терапевтической дозе; 5) коррекция коагулопатии после ИК. Исследование сердечного индекса проводили посредством эхокардиографии аппаратом Phillips iE33.

Сравнение вариантов течения послеоперационного периода при отказе от проведения ОУГ на основании использования стандартных и модифицированных критериев проводилось в послеоперационном периоде на основании выраженности гемодинамических нарушений, классифицированных следующим образом: I степень — наличие признаков артериальной гипотензии (систолическое артериальное давление менее 50 мм рт. ст. у новорождённых и менее 60 мм рт. ст. у детей до 1 года) или тахикардии (ЧСС более 150 у новорождённых и 130 у детей до 1 года); II степень — наличие одного из признаков системной гипоперфузии (сердечный индекс менее 1,9 мл/мин./м<sup>2</sup>; артериовенозная разница по СО<sub>2</sub> более 12 мм рт. ст.; уровень лактата > 2 ммоль/л.); III степень — наличие одного из признаков динамического ухудшения показателей кровообращения в течение 24 часов в сравнении с показателями при поступлении из операционной (снижение сердечного индекса; повышение артериовенозной разницы по СО<sub>2</sub>; повышение дозировки применяемых вазоактивных препаратов); IV степень — наличие одного из признаков рефрактерного шока (систолическое артериальное давление менее 45 у новорождённых и менее 50 у детей до 1 года; среднее артериальное давление менее 35 у новорождённых и менее 40 у детей до 1 года; уровень лактата при поступлении из операционной более 10 ммоль/л.).

Возраст пациентов составил 133 (26–207) дня, масса тела 5,8 (4,0–6,3) кг, рост 60 (53–68) см, гестационный возраст при рождении — 39 недель (39–40). Было 97 (58,1%) мальчиков и 70 (41,9%) девочек. У 15 (9%) пациентов определялась гемодинамика единственного желудочка. 139 (83,2%) пациентам проведена радикальная коррекция ВПС, 25 (15%) — паллиативная, а 3 (1,8%) — гемодинамическая коррекция. Длительность операции 215,6 (138,7–287,2) мин., ИК 158,2 (88,4–142,8) мин., время пережатия аорты 62,5 (34,1–102,6) мин. Характеристика групп пациентов в зависимости от применения ОУГ представлена в таблице 1.

Для проведения ИК использовали аппарат «Maquet HL20» с одноразовыми мембранными оксигенаторами «Terumo Baby FX 05» и магистраль «Terumo CX-RU 100». Первичное заполнение контура проводилось кристаллоидными растворами, отмытой эритроцитарной взвесью, свежезамороженной плазмой, рассчитанными по уровням исходного гематокрита и общего белка. Ультрафильтрацию проводили при помощи гемокон-

Табл. 1. Характеристика групп пациентов в зависимости от использования методов ОУГ

Показатель	Без ОУГ	С ОУГ	p =
Количество	131	36	
Возраст (дней)	153 (45–234)	36 (15–113)	<0,001
Новорождённые	30 (22,9%)	16 (44,4%)	0,01
Пол			0,678
Мальчик	75 (57,3%)	22 (61,1%)	
Девочка	56 (42,7%)	14 (38,9%)	
Масса тела	5,73 (4,15–7,13)	6,25 (3,8–7,9)	0,382
Рост	62 (55–71)	53,0 (51,0–56,0)	< 0,001
Гестационный возраст при рождении	39 (39–40)	39,0 (39,0–39,75)	0,509
Генетика	31 (23,7%)	4 (11,1%)	0,101
МВГР	12 (9,2%)	3 (8,3%)	0,878
Время операции	214,07 (138,76–285,30)	222,4 (128,23–316,25)	0,779
Время ИК	173,25 (93,44–248,63)	146,74 (71,26–227,49)	0,319
Время пережатия аорты	64,57 (32,30–97,43)	60,21 (34,78–104,83)	0,627
ФЕЖС	12 (9,2%)	3 (8,3%)	0,878
Тип операции			0,09
– паллиативная	14 (10,7%)	11 (30,6%)	
– радикальная	114 (87,0%)	25 (69,4%)	
– гемодинамическая	3 (2,3%)	0 (0%)	
Категория риска по RACHS			< 0,001
– 1	2 (1,5%)	0 (0%)	
– 2	67 (51,1%)	6 (16,7%)	
– 3	19 (14,5%)	4 (11,1%)	
– 4	38 (29,0%)	24 (66,7%)	
– 5	1 (0,8%)	0 (0%)	
– 6	4 (3,1%)	2 (5,6%)	

Примечание: МВГР — множественные врождённые пороки развития; ИК — искусственное кровообращение; ФЕЖС — функционально единственный желудочек сердца; RACHS — Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery.

центраторов «Terumo CX-RU 073» и «Terumo CX-RU 074».

Характеристика групп пациентов в зависимости от использования критериев ОУГ представлена в таблице 2.

Статистическая обработка данных проводилась при помощи программного обеспечения IBM SPSS Statistics — 24. Показатели количественных признаков представлены в виде медианы (Me), первого (25%) и третьего (75%) перцентилей, а также в процентном соотношении друг к другу. Перед статистическим анализом полученных результатов проводилась оценка нормальности распределения с применением графических методов, а также критерия Shapiro-Wilk, что показало отличие характера распределения в исследуемых группах от нормального.

**Табл. 2.** Характеристика групп пациентов в зависимости от использования критериев ОУГ

Показатель	Стандартные критерии	Модифицированные критерии	p =
Количество	21	15	
Возраст (дней)	40,0 (12,5–129,0)	28,0 (16,0–92,0)	<b>1,0</b>
Новорождённые	8 (38,1)	8 (53,3)	0,364
Пол			0,908
Мальчик	13 (61,9%)	9 (60,0%)	
Девочка	8 (38,1%)	6 (40,0%)	
Масса тела	6,16 (3,88–7,96)	6,61 (3,44–7,83)	0,619
Длина	53,0 (51,0–57,5)	53,0 (52,0–55,0)	0,935
Гестационный возраст при рождении	39,0 (39–39,5)	39 (39–40)	0,520
Генетические аномалии	3 (14,3%)	1 (6,7%)	0,473
МВНР	3 (14,3%)	0 (0%)	0,126
Время операции	224,56 (151,03–314,87)	171,79 (119,76–332,61)	0,688
Время ИК	143,17 (84,12–208,04)	150,32 (67,13–262,08)	0,553
Время пережатия аорты	60,13 (38,82–102,96)	71,26 (28,4–116,03)	0,785
ФЕЖС	0 (0%)	3 (20%)	<b>0,032</b>
Тип операции			0,076
– паллиативная	4 (19,0%)	7 (46,7%)	
– радикальная	17 (81,0%)	8 (53,3%)	
RACSH			0,174
– 1	0 (0%)	0 (0%)	
– 2	5 (23,8%)	1 (6,7%)	
– 3	3 (14,3%)	1 (6,7%)	
– 4	13 (61,9%)	11 (73,3%)	
– 5	0 (0%)	0 (0%)	
– 6	0 (0%)	2 (13,3%)	

*Примечание:* МВНР — множественные врождённые пороки развития; ИК — искусственное кровообращение; ФЕЖС — функционально единственный желудочек сердца; RACHS — Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery.

## Результаты

Среди 167 пациентов ОУГ выполнено у 36 (21,5%). В группе применения ОУГ соотношение числа новорождённых к детям грудного возраста было в два раза больше. По классификации риска летального исхода 2 категория оперативного вмешательства (RACSH) чаще наблюдалась у пациентов с одномоментным закрытием грудной клетки (51,1%), а четвёртая категория (66,7%) в случае применения выше описываемой методики (Таблица 1). ОУГ чаще встречалось при коррекции d-транспозиции магистральных сосудов (22,2%) и тотального аномально-го дренажа лёгочных вен (13,8%) (Таблица 3).

По нашим данным выполнение ОУГ не приводило к изменению длительности ИВЛ и лечения в отделении реанимации. При этом отмечается увеличение частоты развития острого почечного повреждения и применения перитонеального диализа в раннем послеоперационном периоде, а также увеличение летальности в группе

**Табл. 3.** Нозологические формы, при которых проводилось ОУГ

Операция	Кол-во
D-Транспозиция магистральных сосудов	8 (22,2%)
Тотальный аномальный дренаж лёгочных вен	5 (13,8%)
Дефект межжелудочковой перегородки с коарктацией аорты	4 (11,1%)
Аномалия Тауссиг-Бинг	3 (8,3%)
Коарктация аорты с гипоплазией дуги аорты	3 (8,3%)
Критический стеноз аортального клапана	2 (5,5%)
Атриовентрикулярная коммуникация, сбалансированная полная форма	2 (5,5%)
Аномальное отхождение ЛКА от лёгочной артерии	2 (5,5%)
Функционально единственный желудочек	2 (5,5%)
Атрезия лёгочной артерии	1 (2,7%)
Общий артериальный ствол	1 (2,7%)
Перерыв дуги аорты	1 (2,7%)
Синдром гипоплазии левых отделов сердца	1 (2,7%)
Синдром Ятагана	1 (2,7%)

**Табл. 4.** Послеоперационное лечение в зависимости от использования метода ОУГ

Показатель	Без ОУГ	С ОУГ	p =
Количество	131	36	
Время в реанимации, сутки	10 (7–14)	10,5 (8–15,75)	0,268
Время ИВЛ, часы	96 (24–144)	96 (54–138)	0,692
Острое почечное повреждение	41 (31,3%)	25 (69,4%)	<b>&lt;0,001</b>
Перитонеальный диализ	15 (11,5%)	18 (50,0%)	<b>&lt;0,001</b>
Летальность	5 (3,8%)	3 (8,3%)	0,261

пациентов с «открытой грудной» более, чем в 2 раза (Таблица 4).

У пациентов, которым выполнялось ОУГ на основании модифицированных критериев, в сравнении с использованием стандартных, отмечалась тенденция к сокращению:

- длительности ИВЛ с 4 до 3 суток ( $p = 0,218$ );
- продолжительности лечения в отделении реанимации с 13 до 10 суток ( $p = 0,064$ );
- периода состояния неушитой грудной с 3 до 2 суток ( $p = 0,067$ );
- частоты острого почечного повреждения с 71,4% до 66,7% ( $p = 0,760$ ; ОШ = 0,8);
- частоты применения перитонеального диализа с 57,1% до 40% ( $p = 0,310$ ; ОШ = 0,5);
- частоты госпитальной летальности с 9,5% до 6,5% ( $p = 0,760$ ; ОШ = 0,679).

В группе пациентов, которым ОУГ не проводилось, использование модифицированных критериев применения ОУГ позволило снизить проявления гемодинамических нарушений в раннем послеоперационном периоде с 52,2% до 34,4% ( $p = 0,039$ ; ОШ = 0,479). При этом гемодинамические нарушения I степени составили 11 (16,4%) в первой группе, 11 (17,2%) — во второй и статистически не различались ( $p = 0,576$ ). В то же время, увеличение количества проявлений II степени составило 12 (17,9%) в

первой группе и 8 (12,5%) — во второй ( $p = 0,183$ ), III степени — 9 (13,4%) и 3 (4,7%) соответственно ( $p = 0,041$ ). Признаки рефрактерного шока определялись только при использовании стандартных критериев ОУГ у 3 пациентов (4,5%) ( $p = 0,053$ ).

### Обсуждение

Своевременная диагностика развивающейся ОСН осуществляется на основе интраоперационной эхокардиографической оценки гемодинамического статуса, газов артериальной и венозной крови, морфологии и амплитуды графиков инвазивного давления. Начальные гемодинамические проявления интраоперационно развивающейся ОСН определяются рестриктивной физиологией левых и/или правых отделов сердца, высокой постнагрузкой на левый желудочек и выражаются в повышении давления наполнения желудочков при уменьшении их объема из-за изменения внутригрудного и трансмурального давления в стенках миокарда (отек легких, отек миокарда и т.д.) [18]. Например, при плохо функционирующих дренажах свёрток крови в средостении обладает высоким онкотическим давлением. Высокое онкотическое давление свёртка крови приводит к возникновению градиента давления между окружающими его тканями, открытию капилляров этих структур и запуску непрерывного процесса трансудации в средостении. Такая подострая тампонада сочетается с высоким ЦВД, что быстро приводит к развитию отека печени, сопровождающемуся выраженными нарушениями плазменного гемостаза с диффузной кровоточивостью.

Согласно общепринятой практике, в качестве показаний для применения ОУГ определяются такие как нестабильная гемодинамика при попытке закрытия грудины, артериальная гипотензия, нарушения сердечного ритма, повышение давления в левом предсердии или снижение сердечного выброса, сложности при отключении аппарата ИК, а также невозможность достижения адекватного гемостаза [19; 20]. Тапака У. с соавт. определили гемодинамическую нестабильность, как необходимость инфузии более 7 мкг/кг/мин. дофамина или 0,2 мкг/кг/мин. адреналина, уровень лактата в крови более 5 ммоль/л, среднее и систолическое артериальное давление менее 40 мм рт. ст., видимый отек миокарда и время ИК более 300 мин. [21].

В данном исследовании мы получили результаты, указывающие на наличие взаимосвязи между использованием точно установленных гемодинамических и лабораторных критериев применения ОУГ и частоты развития гемодинамических нарушений у пациентов с первично ушитой грудиной. У пациентов, при лечении которых использовали вышеописанные критерии, частота развития гемодинамических нарушений в раннем послеоперационном периоде уменьшилась на 17,8% по сравнению с группой контроля ( $p = 0,039$ ; ОШ = 0,479).

Как отмечает Hurtado-Sierra D. с соавт. возраст пациентов не описывается как отдельный фактор для

расширенного применения ОУГ, хотя известно, что у пациентов периода новорожденности частота развития ОСН выше, чем у других групп больных [5].

Elassal A.A. с соавт. при выборе критериев окончательного закрытия грудины в отделении кардиореанимации ориентировались на следующие критерии: 1) стабилизация показателей гемодинамики; 2) отсутствие нарушений ритма сердца; 3) нормализация показателей газов крови; 4) отрицательный баланс жидкости; 5) снижение уровня лактата; 6) эхокардиографические данные, подтверждающие улучшение сократительной функции и отсутствие гемодинамически значимых резидуальных сбросов крови через перегородки, остаточных градиентов через выходные тракты правого и левого желудочков и на атриовентрикулярных клапанах. При использовании данных критериев время закрытия грудины составляет в среднем  $3,45 \pm 1,46$  суток. Часть авторов выполняют ушивание грудины на 2–4 послеоперационные сутки, после коррекции водного баланса и подбора инотропной терапии вне зависимости от клинического состояния пациента [21].

Shaath G.A. сообщает об увеличении длительности механической вентиляции и выраженности синдрома малого сердечного выброса при необходимости разведения грудины в кардиореанимации в сравнении с применением ОУГ в операционной [8].

Своевременное применение ОУГ снижает центральное венозное давление, что предотвращает развитие пассивной венозной гипертензии головного мозга и висцеральных органов, уменьшает выраженность перибронхиального отека легких и почек. Последнее, в свою очередь, способствует быстрому разрешению системных проявлений, возникающих при развитии ОСН, особенно при операциях у детей грудного возраста [8]. Наряду с положительным воздействием ОУГ приводит к увеличению длительности ИВЛ, перерастяжению легких, необходимости продленного применения аналгоседации и увеличению риска развития стерильной инфекции [9]. По этой причине показания к применению отсроченного сведения грудины должны основываться на точных гемодинамических параметрах [5]. Некоторые авторы определяют выбор ОУГ на основании опыта с учётом анамнеза и клинического состояния пациента, другие специалисты говорят о регулярном применении ОУГ в каждом случае лечения определённых нозологий [10].

Одним из осложнений раннего послеоперационного периода является острое почечное повреждение (ОПП). Высокая частота острого повреждения почек (64% новорожденных и детей после кардиохирургических операций), влияет на течение послеоперационного периода, непосредственные и отдаленные результаты лечения [12]. В структуре причин летальности после кардиохирургических операций ОПП занимает второе место после ОСН [13; 14].

Ограничением исследования является малый объём выборки, что не позволяет говорить о статистически

значимых различиях в таких параметрах, как летальность, но с увеличением выборки эти данные могут найти своё подтверждение в будущих исследованиях. Большое количество работ, посвящённых применению ОУГ, говорит преимущественно о проблеме развития инфекционных осложнений без уточнения критериев применения ОУГ, что не позволяет проводить их сравнение. Ранее нами сформулирована и подробно описана методология элиминации стерильной инфекции в кардиохирургии [22–26]. В настоящем исследовании, в свою очередь, проводилось наблюдение за пациентами в возрасте до 1 года, что не позволяет экстраполировать применение полученных гемодинамических и лабораторных критериев на больных других возрастных групп.

Результаты нашей работы показывают, что стандартизированный подход при интраоперационном применении ОУГ в случаях коррекции ВПС в возрасте до 1 года позволяет снизить вероятность как завышенных, так и заниженных показаний, а также необходимости экстренной операции в отделении кардиореанимации для ОУГ. Дальнейшее направление в изучении влияния установленных критериев должно быть направлено на проведение многоцентровых исследований.

Интраоперационная профилактика и раннее распознавание признаков развивающейся ОСН возможны при методологически структурированном применении эхокардиографических и лабораторных методов, которые способствуют выявлению возможной экстренной ситуации и скорректировать гемодинамические и клинические проблемы заблаговременно (до развития выраженного нарушения системной перфузии, острой почечной недостаточности, отека легких).

## Выводы

1. Интраоперационное применение точных гемодинамических и лабораторных критериев (индекс ударного объёма левого желудочка, давления наполнения камер сердца,  $\Delta pCO_2$ ) для установления показаний к хирургической методике ОУЗ приводит к снижению длительности проведения ИВЛ ( $p = 0,218$ ) и лечения в отделении реанимации ( $p = 0,064$ ), уменьшению частоты развития ОПП ( $p = 0,760$ ) и применения перитонеального диализа ( $p = 0,310$ ), а также снижения внутрибольничной летальности ( $p = 0,760$ ). Время периода «открытой грудины» после применения критериев использования сокращается с 3 (2–4) до 2 (1–3) суток ( $p = 0,067$ ).
2. Выраженность гемодинамических нарушений в раннем послеоперационном периоде у пациентов с первично ушитой грудной клеткой определялась преимущественно увеличением количества случаев гемодинамических нарушений 2 степени на 5,4% ( $p = 0,183$ ), 3 степени на 8,7% ( $p = 0,041$ ) и 4 степени на 4,5% ( $p = 0,053$ ).
3. Интраоперационное применение методики отсроченного ушивания грудины на основании гемоди-

намических и лабораторных критериев развития ОСН позволяет повысить эффективность стратегии защиты миокарда.

## Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Du X, Chen H, Song X, Hao Z, Yin L, Lu Z. Risk factors for low cardiac output syndrome in children with congenital heart disease undergoing cardiac surgery: A retrospective cohort study. *BMC Pediatr.* 2020; 20(1). doi: 10.1186/s12887-020-1972-y.
2. Furnary AP, Magovern JA, Simpson KA, Magovern GJ. Prolonged open sternotomy and delayed sternal closure after cardiac operations. *Ann Thorac Surg.* 1992; 54(2): 233–239. doi: 10.1016/0003-4975(92)91375-J.
3. Хабибуллин И.М., Миронов П.И., Онегов Д.В., Зарипова Р.И. Анализ послеоперационного течения при отсроченном ушивании грудины после коррекции сложных врожденных пороков сердца у детей первых месяцев жизни // *Анестезиология и Реаниматология.* — 2016. — Т.61. — №1. — С. 11–14. [Khabibullin IM, Mironov PI, Onegov DV, Zaripova RI. Analysis of the postoperative course with delayed sternal suturing after correction of complex congenital heart defects in children during the first months of life. *Anesteziologya i Reanimatologiya.* 2016; 61(1): 11–14. (In Russ).]
4. Riahi M, Tomatis LA, Schlosser RJ, Bertolozzi E, Johnston DW. Cardiac compression due to closure of the median sternotomy in open heart surgery. *Chest.* 1975; 67(1): 113–114. doi: 10.1378/chest.67.1.113.
5. Hurtado-Sierra D, Calderón-Colmenero J, Curi-Curi P, Cervantes-Salazar J, Pablo Sandoval J, Garcia-Montes JA. Outcomes of delayed sternal closure in pediatric heart surgery: Single-center experience. *Biomed Res Int.* 2018; 2018. doi: 10.1155/2018/3742362.
6. Mills KI, Van Den Bosch SJ, Gauvreau K, Alla CK, Thiagarajan RR, Hogganson DM. Physiologic effects of delayed sternal closure following stage 1 palliation. *Cardiol Young.* 2018; 28(12): 1393–1403. doi: 10.1017/S10479-51118001385.
7. Хубулава Г.Г., Марченко С.П., Дубова Е.В., Суворов В.В. Роль модифицированной ультрафильтрации в уменьшении системных проявлений воспаления в кардиохирургии // *Педиатр.* — 2016. — Т.7. — №1. — С. 106–110. [Khubulava GG, Marchenko SP, Dubova EV, Suvorov VV. Role of modified ultrafiltration in reduce of the systemic inflammatory response syndrome in cardiac surgery. *Pediatr.* 2016; 7(1): 106–110. (In Russ).]
8. Shaath GA, Jijeh AMZ, Ismail SR, Hijazi O, Sulaiman RA, Almadani W. Predictors of reopening the sternum in children after cardiac surgery. *Pediatr Crit Care Med.* 2020; 21(3): 235–239. doi: 10.1097/PCC.0000000000002188.
9. Kennedy JT, DiLeonardo O, Hurtado CG, Nelson JS. A systematic review of antibiotic prophylaxis for delayed sternal closure in children. *World J Pediatr Congenit Hear Surg.* August 2020; 215013512094768. doi: 10.1177/2150135120947685.
10. Iyer KS. Deferring sternal closure after complex congenital heart surgery — to do or not to do is the question! *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* 2019; 35(4): 528–529. doi: 10.1007/s12055-019-00825-y.
11. Хубулава Г.Г., Шихвердиев Н.Н., Пайвин А.А., Журавлев В.П., Бирюков А.В., Романовский Д.Ю. Защита миокарда при операциях на сердце. Санкт-Петербург: Дитон; 2013. [Khubulava GG, Shikverdiev NN, Payvin AA, Zhuravlev VP, Biryukov AV, Romanovskiy DYU. *Myocardial Protection During Heart Surgery.* Saint-Petersburg: Diton; 2013. (In Russ).]
12. Селиверстова А.А., Савенкова Н.Д., Хубулава Г.Г., Марченко С.П., Наумов А.Б. Острое повреждение почек у новорожденных и детей грудного возраста с врожденными пороками сердца после кардиохирургических вмешательств // *Нефрология.* — 2017. — Т.21. — №3. — С. 54–60. [Seliverstova AA, Savenkova ND, Khubulava GG, Marchenko SP, Naumov AB. Acute kidney injury in neonates and infants with congenital heart disorders after cardiac surgery. *Nefrologiya.* 2017; 1(3): 54–60. (In Russ).] doi: 10.24884/1561-6274-2017-3-54-60.
13. Бокерия Л.А., Калашников С.В., Степанчева О.А., Бершвили Д.О. Описание запятой коррекции перерыва дуги аорты типа А в сочетании с гипоплазией левых отделов сердца // *Детские болезни сердца и сосудов.* — 2016. — Т.13. — №4. — С. 238–242. [Bokeriya LA, Kalash-

- nikov SV, Stepanicheva OA, Berishvili DO. Description of enap correction of type A aortic arch break in combination with hypoplasia of the left heart. *Detskie bolezni serdtsa i sosudov*. 2016; 13(4): 238–242. (In Russ.)
14. Селиверстова А.А., Савенкова Н.Д., Марченко С.П., Наумов А.Б. Кардиохирургически-ассоциированное острое повреждение почек у детей // *Нефрология*. — 2016. — Т.20. — №3. — С. 17–27. [Seliverstova AA, Savenkova ND, Marchenko SP, Naumov AB. Cardiac surgery-associated acute kidney injury in children. *Nefrologiya*. 2016; 20(3): 17–27. (In Russ).]
  15. Хубулава Г.Г., Марченко С.П., Наумов А.Б., Невмержицкая О.В., Чупаева О.Ю., Селиверстова А.А. Особенности гемодинамического статуса у здоровых новорожденных в раннем неонатальном периоде // *Вестник перинатологии и педиатрии*. — 2019. — Т.64. — №1. — С. 30–38. [Khbulava GG, Marchenko SP, Naumov AV, Nevmerzhitckaya OV, Chupaeva OYu, Seliverstova AA, Aleksandrovich YuS, Pshenisnov KV, Pilyugov NG, Tereshenko OYu, Popova LL, Andreev MS. Peculiarities of hemodynamic status of healthy newborns in early neonatal period. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii*. 2019; 64(1): 30–38. (In Russ).] doi: 10.21508/1027.
  16. Хубулава Г.Г., Наумов А.Б., Марченко С.П., Чупаева О.Ю., Селиверстова А.А., Александрович Ю.С. Показатели газового состава крови у новорожденных с синдромом малого сердечного выброса после кардиохирургических вмешательств // *Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН*. — 2018. — Т.19. — №5. — С. 676–687. [Khbulava GG, Naumov AB, Marchenko SP, Chupaeva OYu, Seliverstova AA, Aleksandrovich YuS. Indicators of blood gas composition in newborns with small cardiac output syndrome after cardiac surgery. *Byulleten' NTsSSKh im. A.N. Bakuleva RAMN*. 2018; 19(5): 676–687. (In Russ).] doi: 10.24022/1810-0694-2018-19-5-676-687.
  17. Наумов А.Б., Полушин Ю.С., Хубулава Г.Г., Александрович Ю.С., Марченко С.П., Пшенисннов К.В. Оценка нарушений системной перфузии у пациентов с единым желудочком сердца на основании параметров газового состава крови // *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. — 2020. — Т.17. — №3. — С. 6–16. [Naumov AB, Polushin YuS, Khbulava GG, Aleksandrovich YuS, Marchenko SP, Pshenisnov KV, Pilyugov NG. Systemic perfusion assessment in patients with univentricular hemodynamics based on blood gas parameters. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii*. 2020; 17(3): 6–16. (In Russ).] doi: 10.21292/2078-5658-2020-17-3-6-16.
  18. Марченко С.П., Хубулава Г.Г., Наумов А.Б., Селиверстова А.А., Цыпурдеева Н.Д., Суворов В.В. Патфизиологические принципы и подходы к оценке гемодинамики // *Педиатр*. — 2014. — Т.5. — №4. — С. 110–115. [Marchenko SP, Khbulava GG, Naumov AB, Seliverstova AA, Tsyurdeeva ND, Suvorov VV. Pathophysiological principles and approaches to the assessment of hemodynamics. *Pediatr*. 2014; 5(4): 110–115. (In Russ).]
  19. Ellassal AA, Eldib OS, Dohain AM, Abdelmohsen GA, Abdalla AH, Al-Radi OO. Delayed sternal closure in congenital heart surgery: A risk-benefit analysis. *Heart Surg Forum*. 2019; 22(5): E325–E330. doi: 10.1532/hfs.2471.
  20. Kumar SR, Scott N, Wells WJ, Starnes VA. Liberal use of delayed sternal closure in children is not associated with increased morbidity. *Ann Thorac Surg*. 2018; 106(2): 581–586. doi: 10.1016/j.athoracsur.2018.03.053.
  21. Tanaka Y, Miyamoto T, Naito Y, Yoshitake S, Sasahara A, Miyaji K. Sternal semi-closure using a bioresorbable osteosynthesis device: a new method for delayed sternal closure. *Surg Today*. 2018; 48(8): 748–755. doi: 10.1007/s00595-018-1652-9.
  22. Фогт П.П., Хубулава Г.Г., Марченко С.П., Шихвердиев Н.Н., Наумов А.Б. Элиминация стеральной инфекции в кардиохирургии. Санкт-Петербург: ИТАР-ТАСС, 2020. — 19 с. [Fogt PR, Khbulava GG, Marchenko SP, Shikhverdiev NN, Naumov AB. Elimination of sternal infection in cardiac surgery. Saint-Petersburg: IТАR-TASS; 2020. 19p. (In Russ).]
  23. Хубулава Г.Г., Шихвердиев Н.Н., Наумов А.Б., Суворов В.В., Марченко С.П., Аверкин И.И. Патфизиологические механизмы и факторы риска стеральной инфекции в кардиохирургии // *Вестник российской военно-медицинской академии*. — 2013. — Т.1. — №41. — С. 174–179. [Khbulava GG, Shikhverdiev NN, Naumov AB, Suvorov VV, Marchenko SP, Averkina II. Pathophysiological mechanisms and risk factors of sternal wound infection in cardiac surgery *Vestnik rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii*. 2013; 1(41): 174–179. (In Russ).]
  24. Хубулава Г.Г., Шихвердиев Н.Н., Фогт П.П., Марченко С.П., Суворов В.В. Прогнозирование вероятности развития стеральной инфекции у кардиохирургических пациентов // *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. — 2018. — Т.177. — №1. — С. 11–15. [Khbulava GG, Shikhverdiev NN, Vogt PR, Marchenko SP, Suvorov VV. Predicting the probability of the sternal wound infection in patients undergoing cardiac surgery. *Vestnik khirurgii imeni I.I. Grekova*. 2018; 177(1): 11–15. (In Russ).] doi: 10.24884/0042-4625-2018-177-1-11-1525.
  25. Хубулава Г.Г., Шихвердиев Н.Н., Фогт П.П., Марченко С.П., Наумов А.Б., Суворов В.В. Результаты применения методики элиминации стеральной инфекции у кардиохирургических пациентов. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. — 2015. — Т.175. — №5. — С. 57–60. [Khbulava GG, Shchikhverdiev NN, Vogt PR, Marchenko SP, Naumov AB, Suvorov VV, Averkina II. Results of application of the method of sternal infection elimination in cardiosurgical patients. *Vestnik khirurgii imeni I.I. Grekova*. 2015; 174(5): 57–60. (In Russ).] doi: 10.24884/0042-4625-2015-174-5-57-60.
  26. Шихвердиев Н.Н., Хубулава Г.Г., Марченко С.П., Суворов В.В. Влияние местного применения ванкомицина на функцию органов после операций на сердце. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. — 2015. — Т.19. — №4. — С. 34–37. [Shikhverdiev NN, Khbulava GG, Marchenko SP, Suvorov VV. Effect of topical vancomycin on organ functions after heart surgery. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya*. 2015; 19(4): 34–37. (In Russ).] doi: 10.21688/1681-3472-2015-4-34-37.