



УДК 616.12-089

DOI 10.17802/2306-1278-2023-12-3-145-151

ПЕРВЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «КЕМАНГИОПРОТЕЗА» ПРИ ОПЕРАЦИИ NORWOOD – SANO

И.К. Халивопуло, Н.М. Трошкинев, И.Ф. Шабаев, Д.В. Борисенко, А.А. Ляпин,
А.В. Евтушенко, Л.С. Барбараш

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Сосновы́й бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Основные положения

- В статье представлен уникальный случай гемодинамической коррекции синдрома гипоплазии левых отделов сердца. При операции Norwood в качестве шунта Sano использован сосудистый ксенографт «КемАнгиопротез» (ЗАО «НеоКор», Кемерово).

Резюме

Представлен первый успешный опыт применения артериального аутографта «КемАнгиопротез» в легочной позиции при операции Norwood – Sano, направленной на гемодинамическую коррекцию синдрома гипоплазии левого желудочка. В НИИ КПССЗ поступил новорожденный со сроком гестации 38 нед. с диагнозом: врожденный порок сердца, синдром гипоплазии левых отделов сердца. Ребенку успешно выполнен первый этап гемодинамической коррекции методом Norwood – Sano с использованием биологического сосудистого протеза. Данный клинический случай показал, что применение «КемАнгиопротеза» при операции Norwood – Sano для модификации легочного кровотока путем создания анастомоза между правым желудочком и бифуркацией легочной артерии является эффективным и безопасным в госпитальном периоде.

Ключевые слова

Синдром гипоплазии левых отделов сердца • Обструкция выводного отдела левого желудочка • Гемодинамика единственного желудочка сердца • Сосудистый протез

Поступила в редакцию: 18.05.2023; поступила после доработки: 04.06.2023; принята к печати: 20.08.2023

THE MODIFIED NORWOOD PROCEDURE FOR HYPOPLASTIC LEFT HEART SYNDROME: FIRST EXPERIENCE OF USING THE «KEMANGIOPROTEZ» VASCULAR XENOGRAFT

I.K. Halivopulo, N.M. Troshkinev, I.F. Shabaev, D.V. Borisenko, A.A. Lyapin,
A.V. Evtushenko, L.S. Barbarash

Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, 6, Sosonoviy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

Highlights

- The article presents a unique clinical case of correction of hypoplastic left heart syndrome with Norwood procedure using a “KemAngioprosthesi” vascular xenograft as a Sano shunt.

Abstract

We present the first successful clinical case of using the “KemAngioprosthesi” vascular xenograft in the pulmonary position as the Sano shunt in the Norwood procedure for correction of hypoplastic left heart syndrome. A newborn baby (gestation period of 38 weeks) diagnosed with congenital heart disease, and hypoplastic left heart syndrome was admitted to the Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases. The child survived the first stage of the modified Norwood procedure (Sano shunt) using a biological vascular prosthesis.

Для корреспонденции: Никита Михайлович Трошкинев, tnm.sibir@mail.ru; адрес: Сосновы́й бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Corresponding author: Nikita M. Troshkinev, e-mail: tnm.sibir@mail.ru; address: 6, Sosonoviy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

This clinical case showed that using the “KemAngioprosthesis” vascular xenograft in Norwood procedure to modify pulmonary blood flow by creating an anastomosis between the right ventricle and bifurcation of the pulmonary artery is effective and safe in the short-term period.

Keywords

Hypoplastic left heart syndrome • Left ventricular outflow tract obstruction • Single ventricle hemodynamics • Vascular prosthesis

Received: 18.05.2023; received in revised form: 04.06.2023; accepted: 20.08.2023

Введение

Синдром гипоплазии левых отделов сердца – спектр врожденных пороков сердца, характеризующихся выраженной гипоплазией или атрезией левого желудочка и тяжелой гипоплазией восходящей аорты. Системное кровообращение зависит от правого желудочка через большой открытый артериальный проток, при этом в правом предсердии происходит смешивание крови из системных и легочных вен. Первым анатомическое описание этой аномалии выполнил М. Lev в 1952 г. [1]. Термин «гипоплазия левых отделов сердца» впервые введен J.A. Noonan и A.S. Nadas [2] в 1958 г., описавшими морфологические особенности комбинированной атрезии аорты и митрального клапана [3, 4]. Синдром гипоплазии левых отделов сердца – самый частый порок с гемодинамикой единственного желудочка и четвертый по частоте встречаемости в неонатальном периоде. В структуре всех врожденных пороков его доля составляет от 4 до 9%. Распространенность данного синдрома на 1000 живорожденных – 0,162–0,163 случая [5].

Диагноз гипоплазии левых камер сердца несовместим с жизнью, если не провести оперативное лечение. Без хирургического вмешательства 25–30% детей умирают в течение первой недели жизни. В периоде новорожденности при естественном течении порока погибают еще 30–35% детей [6, 7]. Суммарная смертность к концу периода новорожденности составляет около 60–65% [8]. Показатели выживаемости после оперативного лечения в неонатальном периоде в наиболее крупных зарубежных центрах с большим опытом хирургических вмешательств приближаются к 90%. Течение порока во многом зависит от степени гипоплазии структур левых отделов сердца [9, 10]. При этом диагнозе необходимо трехэтапное хирургическое лечение с созданием одножелудочковой гемодинамики: операция Norwood, операция двунаправленного cavoпюльмонального анастомоза (Glenn anastomosis) и операция Fontan [5, 6]. Сроки оперативных вмешательств согласно отечественным клиническим рекомендациям: процедура Norwood – первые несколько дней жизни, двунаправленный cavoпюльмональный анастомоз – не ранее 4 мес., операция Fontan – предпочтительно не ранее 2 лет [11].

О первой успешной процедуре Norwood с использованием искусственного кровообращения сообщил доктор William Imon Norwood в 1981 г. [4, 6]. Основные этапы операции Norwood включают модификацию системного и легочного кровотока. Для реконструкции аорты зачастую применяют два подхода: классическую операцию и ее аутопластические варианты. При стандартной операции Norwood, как правило, применяют фрагмент легочного гомографта – курватуру ствола и ветви легочной артерии. Для модификации легочного кровотока в различных центрах используют два подхода – шунт Blalock – Taussig или шунт Sano. И тот, и другой метод имеет преимущества и недостатки. Основные преимущества шунта Sano – доказанная высокая гемодинамическая стабильность пациентов в раннем послеоперационном периоде и возможность более эффективной балансировки системного и легочного кровотока, что, как правило, определяет ближайшую выживаемость после операции Norwood [12].

Для формирования шунта Sano в основном используют протез Gore-Tex 5 мм. К недостаткам протеза относятся относительная жесткость конструкции и, как следствие, ригидность анастомоза особенно в области гипоплазированной бифуркации легочного ствола, ограниченные возможности моделирования проксимального анастомоза (невозможность создать hood в области проксимального анастомоза с правым желудочком, а отсюда потенциальный риск стеноза), невозможность адаптировать диаметр протеза в сложных случаях с узкой площадкой бифуркации легочного ствола, а также гемостатические свойства (кровотечения из проколов, необходимость использовать специальный шовный материал и биологический клей для обработки анастомозов).

«КемАнгиопротез» (ЗАО «НеоКор», Кемерово) – единственный в России протез кровеносного сосуда из внутренней грудной артерии крупного рогатого скота, подходящий для постоянного замещения сегментов артериального русла. Широко применим в хирургической практике с 1993 г. [13]. Возможность использования «КемАнгиопротеза» для модификации легочного кровотока при операции Norwood определена доказанными в эксперимен-

тальных и клинических исследованиях свойствами протеза. Сосудистые заменители сохраняют исходные пластические и биомеханические характеристики: их прочность и эластичность не отличаются от нативных артерий, что обусловлено диэпоксидной обработкой; растяжимы как в продольном, так и радиальном направлениях; обладают достаточной каркасностью, сглаженной внутренней поверхностью; отлично моделируются; анатомически оптимальные соотношения диаметров, толщины стенок и упруго-деформативных свойств позволяют удобно анастомозировать протез с легочной артерией. При наложении анастомоза стенки биопротезов не прорезаются и не фрагментируются. Результаты клинического применения артериозаменителей «КемАнгиопротез» подтверждают экспериментальные данные об эффективности диэпоксидной обработки в снижении риска развития структурной и кальциевой дегенерации [14, 15].

Кроме того, данный протез отличается доказанной высокой биологической совместимостью с тканями реципиента, сохраняет конфузорность естественных артерий. При функциональной нагрузке способен сгибаться равномерно, без «изломов» и гемодинамических градиентов. Дополнительная модификация гепарином позволяет снизить процессы тромбообразования в зоне анастомоза, а вариабельность диаметра протеза – выбрать необходимый участок с учетом диаметра дистального и проксимального анастомоза и массы тела пациента [16–18]. Перед имплантацией необходимо отмыть ксенопротез от консервирующего раствора в 500 мл стерильного изотонического раствора натрия хлорида в течение 4 мин с двухкратной сменой через каждые 2 мин. Особенно тщательно рекомендовано помыть внутреннюю поверхность ксенопротеза.

Родители пациента дали добровольное информированное согласие на публикацию данного материала.

Клинический случай

Ребенок 3. мужского пола родился в срок гестации 38 нед. Вес при рождении составил 3 350 г, рост – 54 см, оценка по шкале Апгар – 7/8 баллов.

Основной диагноз при рождении – врожденный порок сердца: синдром гипоплазии левых отделов сердца (атрезия аортального и митрального клапанов), коарктация аорты, открытый артериальный проток. Сопутствующий диагноз при рождении: транзиторная ишемия миокарда, кефалогематома левой теменной области. Ведущие синдромы после рождения: гипоксемический и недостаточности кровообращения.

С данным диагнозом на 2-е сут. жизни ребенок поступил в отделение анестезиологии-реанимации НИИ КПССЗ (Кемерово). По результатам дополнительного обследования (эхокардиография

и мультиспиральная компьютерная томография сердца и сосудов) принято решение о необходимости проведения первого этапа коррекции – операции Norwood с формированием шунта Sano. При поступлении состояние пациента оценено как тяжелое, стабильное, обусловленное основным диагнозом. Эффективная гемодинамика поддержана инфузией вазопростана в дозировке 5 нг/кг/мин, дыхание самостоятельное, газовый состав крови удовлетворительный для данного типа врожденного порока сердца.

На следующие сутки выполнена хирургическая коррекция порока. Проведена классическая операция Norwood в условиях циркуляторного ареста с реконструкцией дуги аорты с помощью бифуркационного участка легочного гомографта. Канюляция осуществлена по схеме: установлены артериальная канюля 8Fg в открытый артериальный проток с последующей переканюляцией в неоаорту и одна венозная канюля 18Fg через ушко правого предсердия с позиционированием в области верхнего атриокавального устья (рис. 1). Шунт Sano сформирован из участка «КемАнгиопротеза», дистальный диаметр которого составил 5 мм, проксимальный – 6 мм (рис. 2). Швы анастомоза Sano выполнены нитью Prolene 6.0. Полностью резецирована межпредсердная перегородка, проведена полукистная аннулопластика трикуспидального клапана в области задней створки и прилегающих комиссур. Дополнительных гемостатических швов в области реконструкции аорты и шунта Sano не потребовалось. Хирургический диастаз грудины – как стандартный этап ведения пациентов после операции Norwood до клинической и гемодинамической стабилизации. Окончательный вид операции представлен на рис. 3.

Анестезиологическое обеспечение проведено по принятой в НИИ методике. Эндотрахеальный наркоз с применением севофлюрана и болюсного внутривенного введения миорелаксанта (пипекурония бромида в дозе 0,1 мг/кг однократно) и анальгезии (фентанил в дозе 5 мкг/кг/час ежечасно). Время искусственного кровообращения – 105 мин, время пережатия аорты – 52 мин, время циркуляторного ареста – 28 мин. В период циркуляторного ареста применена гипотермия с температурой 24 °С. Кардиоплегия с использованием кустодиола. Во время искусственного кровообращения выполнена гемоконцентрация с колонкой для ультрафильтрации. После завершения искусственного кровообращения концентрированный перфузат возвращен ребенку в полном объеме под контролем параметров гемодинамики. Принятая в НИИ КПССЗ, данная методика позволяет поддерживать достаточный уровень гемоглобина ребенка и минимизировать последующие трансфузии в послеоперационном периоде. Газовый состав крови и гемодинамика

оставались в границах референтных значений на протяжении всего оперативного вмешательства. По кислотно-щелочному состоянию венозной крови отклонений от нормальных значений не наблюдалось, лактат венозной крови составил 2,1 ммоль/л на начало операции и 3,0 – после завершения ИК.

Послеоперационный период протекал на фоне хирургического диастаза грудины с момента операции, продолжительностью 82 ч, с последующим закрытием грудной клетки на фоне стабильной гемодинамики. Инотропная поддержка в виде инфузии адреналина (0,05 мкг/кг/мин) и допмина (5 мкг/кг/мин), вазопрессорная поддержка (0,05 мкг/кг/мин) с последующим снижением дозировок и прекращением их инфузии на 5-е сут. Искусственная вентиляция легких применена в режиме SIMV со стандартными параметрами с экстубацией и переходом на самостоятельное эффективное дыхание на 7-е сут. Темп диуреза оставался стабильным на протяжении всего реанимационного периода. Легочный кровоток характеризовался сатурацией 78–85% при FiO₂ 21% на всем протяжении послеоперационного периода.

По данным эхокардиографии в послеоперационном периоде: фракция выброса правого желудочка – 65%, трикуспидальная недостаточность – 0–1 степень, аортальная недостаточность – 0 степень, систолический градиент на реконструированной аорте – 5–10 мм рт. ст., кровоток в «KemAngioproteze» – 5–5,5 мм на всем протяжении с равномерным «прокрашиванием» обеих ветвей легочной артерии.

На 10-е сут. пациент переведен в общее отделение, на 14-е сут. с момента поступления в учрежде-

ние выписан с рекомендациями контроля параметров межстадийного протокола (сатурация, масса тела и т. д.), постоянного наблюдения у педиатра и кардиолога (с частотой не менее одного раза в 7 дней в течение первых 2 мес.) и госпитализации через 3–4 мес. для выполнения следующего этапа гемодинамической коррекции – двунаправленного кавопультмонального анастомоза.

Обсуждение

Использование «KemAngioproteza» при операции Norwood – Sano для модификации легочного кровотока путем создания анастомоза между правым желудочком и бифуркацией легочной артерии является высокоэффективным и безопасным подходом. Основные преимущества данной процедуры –



Рисунок 2. «KemAngioprotez». Конический диаметр – 3,5–6,5 мм, длина – 50 см

Figure 2. “KemAngioprosthesi”. Conical diameter 3.5–6.5 mm, length 50 cm

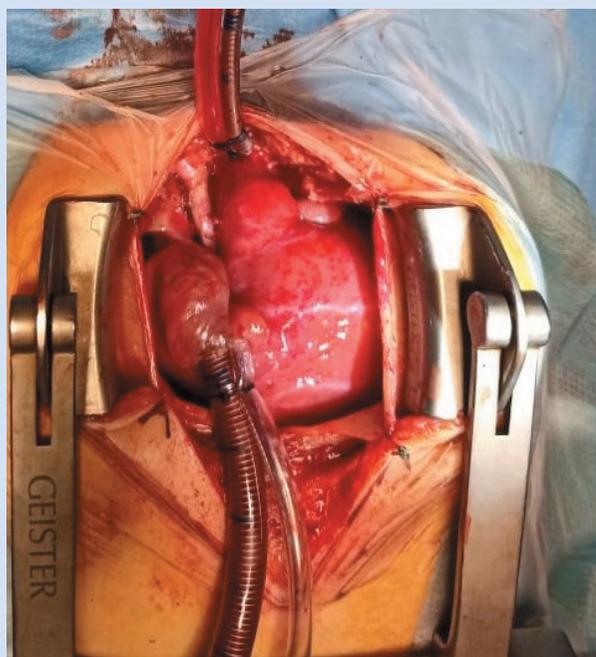


Рисунок 1. Подключение искусственного кровообращения: одна артериальная канюля 8Fr и одна венозная канюля 18Fr

Figure 1. Cardiopulmonary bypass – 1 arterial cannula 8Fr, 1 venous cannula 18Fr

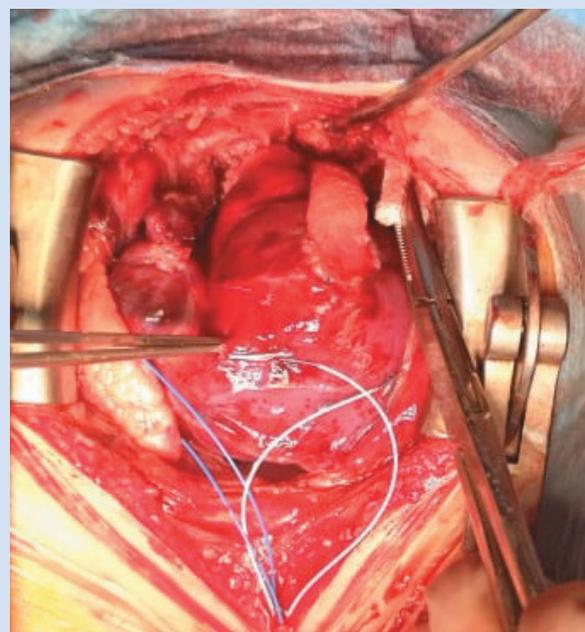


Рисунок 3. Окончательный вид операции Norwood – Sano с использованием «KemAngioproteza»

Figure 3. The final view of the modified Norwood procedure using the “KemAngioprosthesi” vascular xenograft as a Sano shunt

биологические и гемодинамические свойства протеза, возможность выбора дистального и проксимального диаметра шунта (от 3,5 до 6,5 мм) в зависимости от анатомических особенностей и массы тела пациента, отличные имплантационные и гемостатические свойства.

Заключение

Первый в НИИ КПССЗ опыт использования «КемАнгиопротеза» в хирургическом лечении синдрома гипоплазии левых отделов сердца свидетельствует о перспективах его применения при коррекции сложных врожденных пороков сердца.

Конфликт интересов

И.К. Халивопуло заявляет об отсутствии конфликта интересов. Н.М. Трошкинев заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.Ф. Шабает заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Халивопуло Иван Константинович, заведующий кардиохирургическим отделением № 2 федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-0661-4076

Трошкинев Никита Михайлович, кандидат медицинских наук врач – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения № 2, научный сотрудник лаборатории тканевой инженерии и внутрисосудистой визуализации федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-7627-7303

Шабает Ильмир Фанильевич, врач – сердечно-сосудистый хирург отделения кардиохирургии № 2 федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-0101-2567

Борисенко Дмитрий Викторович, заместитель главного врача по педиатрической помощи, врач – анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-1636-9510

Ляпин Антон Александрович, врач – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения № 2 федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-1661-1135

Евтушенко Алексей Валерьевич, доктор медицинских наук врач – сердечно-сосудистый хирург, заведующий лабораторией пороков сердца отдела хирургии сердца и сосудов федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-8475-4667

Д.В. Борисенко заявляет об отсутствии конфликта интересов. *А.А. Ляпин* заявляет об отсутствии конфликта интересов. *А.В. Евтушенко* заявляет об отсутствии конфликта интересов. *Л.С. Барбараш* является главным редактором журнала «Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний».

Финансирование

Работа выполнена при поддержке комплексной программы фундаментальных научных исследований РАН в рамках фундаментальной темы НИИ КПССЗ № 0419-2022-0003 «Разработка новых изделий медицинского назначения для сердечно-сосудистой хирургии. Переход к персонализированной медицине и высокотехнологичному здравоохранению. Создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта».

Author Information Form

Halivopulo Ivan K., Head of the Department of Cardiovascular Surgery No. 2, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-0661-4076

Troshkinev Nikita M., PhD, Cardiovascular Surgeon at the Department of Cardiac Surgery No. 2, Researcher at the Laboratory of Tissue Engineering and Intravascular Imaging, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-7627-7303

Shabaev Ilmir F., Cardiovascular Surgeon at the Department of Cardiac Surgery No. 2, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-0101-2567

Borisenko Dmitry V., Deputy Chief Physician for Pediatric Care, at the Intensive Care Unit, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-1636-9510

Lyapin Anton A., Cardiovascular Surgeon at the Department of Cardiac Surgery No. 2, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-1661-1135

Evtushenko Alexey V., PhD, Cardiovascular Surgeon, Head of the Heart Defects Laboratory at the Department of Heart and Vascular Surgery, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-8475-4667

Барбараш Леонид Семенович, академик РАН, доктор медицинских наук, профессор главный научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-6981-9661

Barbarash Leonid S., PhD, Professor, Academician the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-6981-9661

Вклад авторов в статью

ХИК – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ТНМ – получение, анализ и интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ШИФ – получение, анализ и интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

БДВ – получение, анализ и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ЛАА – получение, анализ и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ЕАВ – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

БЛС – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Author Contribution Statement

KhIK – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

TNM – data collection, analysis and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

ShIF – data collection, analysis and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

BDV – data collection, analysis and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

LAA – data collection, analysis and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

EAV – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

BLS – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Lev M. Pathologic anatomy and interrelationship of hypoplasia of the aortic tract complexes. *Lab Invest.* 1952;1(1):61-70.
- Noonan J.A., Nadas A.S. The hypoplastic left heart syndrome; an analysis of 101 cases. *Pediatr Clin North Am.* 1958; 5(4): 1029-1056. doi: 10.1016/s0031-3955(16)30727-1
- Tchervenkov C.I., Jacobs J.P., Weinberg P.M., Aiello V.D., Béland M.J., Colan S.D., Elliott M.J., Franklin R.C., Gaynor J.W., Krogmann O.N., Kurosawa H., Maruszewski B., Stellin G. The nomenclature, definition and classification of hypoplastic left heart syndrome. *Cardiol Young.* 2006; 16 (4): 339-368. doi: 10.1017/S10479511060002912
- Kouchoukos N.T., Blackstone E.H., E.H. Blackstone, Kirklin J.W. Aortic atresia and other forms of hypoplastic left heart physiology. In: *Cardiac Surgery.* Fourth edition. 4th ed. Kirklin J.W., Barratt-Boyes B.G. (eds). Amsterdam:Elsevier; 2013. p 1780–1809.
- Hunter L.E., Simpson J.M. Prenatal screening for structural congenital heart disease. *Nat Rev Cardiol.* 2014; 11 (6): 323-334. doi: 10.1038/nrcardio.2014.34
- Mavroudis C., Backer C., Idriss R.F., editors. *Pediatric Cardiac Surgery.* Hoboken: Blackwell Publishing Ltd. 2013
- Metcalf M.K., Rychik J. Outcomes in Hypoplastic Left Heart Syndrome. *Pediatr Clin North Am.* 2020;67(5):945-962. doi: 10.1016/j.pcl.2020.06.008
- Connor J.A., Thiagarajan R. Hypoplastic left heart syndrome. *Orphanet J Rare Dis.* 2007;2:23. doi: 10.1186/1750-1172-2-23
- Roeleveld P.P., Axelrod D.M., Klugman D., Jones M.B., Chanani N.K., Rossano J.W., Costello J.M. Hypoplastic left heart syndrome: from fetus to fontan. *Cardiol Young.* 2018;28(11):1275-1288. doi: 10.1017/S104795111800135X
- Hunter L.E., Simpson J.M. Prenatal screening for structural congenital heart disease. *Nat Rev Cardiol.* 2014; 11 (6): 323-334. doi: 10.1038/nrcardio.2014.34
- Свободов А.А., Бокерия Л.А., Бершвили Д.О., Калашников С.В., Горбачевский С.В., Дидык В.П., Зеленикин М.М., Ким А.И., Кошнев И.В., Круляк С.М., Кривошеков Е.В., Метлин С.Н., Мовсесян Р.Р., Сабиров Б.Н., Туманян М.Р., Шаталов К.В., Шмальц А.А., Юрлов И.А. Клинические рекомендации 2017. Синдром гипоплазии левых отделов сердца. Режим доступа: <https://racvs.ru/clinic/files/2017/sgls.pdf> (дата обращения 1.04.2023)
- Sano S., Ishino K., Kawada M., Arai S., Kasahara S., Asai T., Masuda Z., Takeuchi M., Ohtsuki S. Right ventricle-pulmonary artery shunt in first-stage palliation of hypoplastic left heart syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003; 126 (2): 504-509. doi: 10.1016/s0022-5223(02)73575-7
- ЗАВО «НеоКор» [Интернет]: Сосудистый протез "КемАнгиопротез" Режим доступа: <https://neocor.ru/arterii-nizhnikh-konechnostey-products> (дата обращения 01.04.2023)
- Журавлева И.Ю., Глушкова Т.В., Веремеев А.В., Хрячкова О.Н., Лосева С.В., Барбараш Л.С. Применение аминодифосфоната для профилактики кальцификации эпоксиобработанных биопротезов. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2010;2:18-21.
- Барбараш Л.С., Бурков Н.Н., Кудрявцева Ю.А., Ануфриев А.И., Журавлева И.Ю. Сравнительный анализ применения биопротезов артерий с различной антитромботической модификацией. *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2012;18(2):21-25.
- Барбараш Л. С., Иванов С. В., Журавлева И. Ю.,

Ануфриев А. И., Казачек Я. В., Кудрявцева Ю. А., Зинец М. Г. 12-летний опыт использования биопротезов для замещения инфраингвинальных артерий. *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2006; 2(3):91-97

17. Суковатых Б.С., Беликов Л.Н., Родионов А.О., Суковатых М.Б., Григорьян А.Ю. Эффективность биологического протеза при бедренно-бедренном шунтировании у лиц с высоким операционным риском. *Хирургия*.

Журнал им. Н.И. Пирогова. 2018;(5):86-90. doi:10.17116/hirurgia2018586-90

18. Бурков Н.Н., Казанцев А.Н., Ануфриев А.И., Данилович А.И., Смирнов К.В., Лидер Р.Ю., Баяндин М.С., Евтушенко А.В. Результаты бедренно-подколенной реконструкции биологическим протезом «КемАнгиопротез». *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2020;13(1):29-35. doi:10.17116/kardio20201301129

REFERENCES

1. Lev M. Pathologic anatomy and interrelationship of hypoplasia of the aortic tract complexes. *Lab Invest*. 1952;1(1):61-70.

2. Noonan J.A., Nadas A.S. The hypoplastic left heart syndrome; an analysis of 101 cases. *Pediatr Clin North Am*. 1958; 5(4): 1029-1056. doi: 10.1016/s0031-3955(16)30727-1

3. Tchervenkov C.I., Jacobs J.P., Weinberg P.M., Aiello V.D., Béland M.J., Colan S.D., Elliott M.J., Franklin R.C., Gaynor J.W., Krogmann O.N., Kurosawa H., Maruszewski B., Stellin G. The nomenclature, definition and classification of hypoplastic left heart syndrome. *Cardiol Young*. 2006; 16 (4): 339-368. doi: 10.1017/S10479511060002912

4. Kouchoukos N.T., Blackstone E.H., E.H. Blackstone, Kirklin J.W. Aortic atresia and other forms of hypoplastic left heart physiology. In: *Cardiac Surgery*. Fourth edition. 4th ed. Kirklin J.W., Barratt-Boyes B.G. (eds). Amsterdam:Elsevier; 2013. p 1780–1809.

5. Hunter L.E., Simpson J.M. Prenatal screening for structural congenital heart disease. *Nat Rev Cardiol*. 2014; 11 (6): 323-334. doi: 10.1038/nrcardio.2014.34

6. Mavroudis C., Backer C., Idriss R.F., editors. *Pediatric Cardiac Surgery*. Hoboken: Blackwell Publishing Ltd. 2013

7. Metcalf M.K., Rychik J. Outcomes in Hypoplastic Left Heart Syndrome. *Pediatr Clin North Am*. 2020;67(5):945-962. doi: 10.1016/j.pcl.2020.06.008

8. Connor J.A., Thiagarajan R. Hypoplastic left heart syndrome. *Orphanet J Rare Dis*. 2007;2:23. doi: 10.1186/1750-1172-2-23

9. Roeleveld P.P., Axelrod D.M., Klugman D., Jones M.B., Chanani N.K., Rossano J.W., Costello J.M. Hypoplastic left heart syndrome: from fetus to fontan. *Cardiol Young*. 2018;28(11):1275-1288. doi: 10.1017/S104795111800135X

10. Hunter L.E., Simpson J.M. Prenatal screening for structural congenital heart disease. *Nat Rev Cardiol*. 2014; 11 (6): 323-334. doi: 10.1038/nrcardio.2014.34

11. Svobodov A.A., Bokeriya L.A., Berishvili D.O., Kalashnikov S.V., Gorbachevskij S.V., Didyk V.P., Zelenikin M.M., Kim A.I., Kokshenev I.V., Krupyanko S.M., Krivoshchekov E.V., Metlin S.N., Movsesyan R.R., Sabirov

B.N., Tumanyan M.R., SHatalov K.V., SHmal'c A.A., YUrlov I.A. *Klinicheskie rekomendacii 2017. Sindrom gipoplazii levyyh otделov serdca*. Available at: <https://racvs.ru/clinic/files/2017/sghs.pdf> (accessed 1.04.2023) (In Russian)

12. Sano S., Ishino K., Kawada M., Arai S., Kasahara S., Asai T., Masuda Z., Takeuchi M., Ohtsuki S. Right ventricle-pulmonary artery shunt in first-stage palliation of hypoplastic left heart syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2003; 126 (2): 504-509. doi: 10.1016/s0022-5223(02)73575-7

13. NeoCor [Internet]: A Vascular Xenograft "KemAngioprotez". Available at: <https://neocor.ru/arteriinizhnikh-konechnostey-products> (accessed 01/04/2023) (In Russian)

14. Zhuravleva I.Ju., Glushkova T.V., Veremeev A.V., Hrijachkova O.N., Loseva S.V., Barbarash L.S. Use of aminodiphosphonates for prophylaxis of calcification of epoxy-treated bioprostheses *Patologija krovoobrashhenija i kardiohirurgina*. 2010;2:18-21. (In Russian)

15. Barbarash L.S., Burkov N.N., Kudrjavceva Ju.A., Anufriev A.I., Zhuravleva I.Ju. Comparative analysis of arterial bioprostheses with various antithrombotic modification. *Angiologija i sosudistaia khirurgija = Angiology and vascular surgery*. 2012;18(2): 21-25. (In Russian)

16. Barbarash L. S., Ivanov S. V., Zhuravleva I. Ju., Anufriev A. I., Kazachek Ja. V., Kudriavtzeva Ju. A., Zinetz M. G. Twelve-year experience of bioprosthesis implantation into infrainguinal arteries *Angiologija i sosudistaia khirurgija = Angiology and vascular surgery*. 2006; 2(3):91-97 (In Russian)

17. Sukovatykh BS, Belikov LN, Rodionov AO, Sukovatykh MB, Grigorian AYu. Effectiveness of biological prosthesis for femoro-femoral bypass in high risk patients. *Pirogov Russian Journal of Surgery = Khirurgiya. Zurnal im. N.I. Pirogova*. 2018;(5):86-90. doi:10.17116/hirurgia2018586-90 (In Russian)

18. Burkov NN, Kazantsev AN, Anufriev AI, Danilovich AI, Smirnov KV, Lider RYu, Bayandin MS, Evtushenko AV. Femoropopliteal reconstruction with 'KemAngioprotez' biological prosthesis. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya*. 2020;13(1):29-35. doi:10.17116/kardio20201301129 (In Russian)

Для цитирования: Халивопуло И.К., Трошкинев Н.М., Шабаяев И.Ф., Борисенко Д.В., Ляпин А.А., Евтушенко А.В., Барбараш Л.С. Первый опыт использования «КемАнгиопротеза» при операции Norwood – Sano. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2023;12(3): 145-151. DOI: 10.17802/2306-1278-2023-12-3-145-151

To cite: Halivopulo I.K., Troshkinev N.M., Shabaev I.F., Borisenko D.V., Lyapin A.A., Evtushenko A.V., Barbarash L.S. The modified Norwood procedure for hypoplastic left heart syndrome: first experince of using the «KemAngioprotez» vascular xenograft. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2023;12(3): 145-151. DOI: 10.17802/2306-1278-2023-12-3-145-151