



**New Day in Medicine**  
**Новый День в Медицине**

**NDM**



# **TIBBIYOTDA YANGI KUN**

Ilmiy referativ, marifiy-ma'naviy jurnal



**AVICENNA-MED.UZ**



ISSN 2181-712X.  
EiSSN 2181-2187

**5 (67) 2024**

**Сопредседатели редакционной коллегии:**

**Ш. Ж. ТЕШАЕВ,  
А. Ш. РЕВИШВИЛИ**

Ред. коллегия:

М.И. АБДУЛЛАЕВ  
А.А. АБДУМАЖИДОВ  
Р.Б. АБДУЛЛАЕВ  
Л.М. АБДУЛЛАЕВА  
А.Ш. АБДУМАЖИДОВ  
М.А. АБДУЛЛАЕВА  
Х.А. АБДУМАЖИДОВ  
Б.З. АБДУСАМАТОВ  
М.М. АКБАРОВ  
Х.А. АКИЛОВ  
М.М. АЛИЕВ  
С.Ж. АМИНОВ  
Ш.Э. АМОНОВ  
Ш.М. АХМЕДОВ  
Ю.М. АХМЕДОВ  
С.М. АХМЕДОВА  
Т.А. АСКАРОВ  
М.А. АРТИКОВА  
Ж.Б. БЕКНАЗАРОВ (главный редактор)  
Е.А. БЕРДИЕВ  
Б.Т. БУЗРУКОВ  
Р.К. ДАДАБАЕВА  
М.Н. ДАМИНОВА  
К.А. ДЕХКОНОВ  
Э.С. ДЖУМАБАЕВ  
А.А. ДЖАЛИЛОВ  
Н.Н. ЗОЛотова  
А.Ш. ИНОЯТОВ  
С. ИНДАМИНОВ  
А.И. ИСКАНДАРОВ  
А.С. ИЛЬЯСОВ  
Э.Э. КОБИЛОВ  
А.М. МАННАНОВ  
Д.М. МУСАЕВА  
Т.С. МУСАЕВ  
М.Р. МИРЗОЕВА  
Ф.Г. НАЗИРОВ  
Н.А. НУРАЛИЕВА  
Ф.С. ОРИПОВ  
Б.Т. РАХИМОВ  
Х.А. РАСУЛОВ  
Ш.И. РУЗИЕВ  
С.А. РУЗИБОВЕВ  
С.А.ГАФФОРОВ  
С.Т. ШАТМАНОВ (Кыргызстан)  
Ж.Б. САТТАРОВ  
Б.Б. САФОВЕВ (отв. редактор)  
И.А. САТИВАЛДИЕВА  
Ш.Т. САЛИМОВ  
Д.И. ТУКСАНОВА  
М.М. ТАДЖИЕВ  
А.Ж. ХАМРАЕВ  
Д.А. ХАСАНОВА  
А.М. ШАМСИЕВ  
А.К. ШАДМАНОВ  
Н.Ж. ЭРМАТОВ  
Б.Б. ЕРГАШЕВ  
Н.Ш. ЕРГАШЕВ  
И.Р. ЮЛДАШЕВ  
Д.Х. ЮЛДАШЕВА  
А.С. ЮСУПОВ  
Ш.Ш. ЯРИКУЛОВ  
М.Ш. ХАКИМОВ  
Д.О. ИВАНОВ (Россия)  
К.А. ЕГЕЗАРЯН (Россия)  
DONG JINCHENG (Китай)  
КУЗАКОВ В.Е. (Россия)  
Я. МЕЙЕРНИК (Словакия)  
В.А. МИТИШ (Россия)  
В.И. ПРИМАКОВ (Беларусь)  
О.В. ПЕШИКОВ (Россия)  
А.А. ПОТАПОВ (Россия)  
А.А. ТЕПЛОВ (Россия)  
Т.Ш. ШАРМАНОВ (Казахстан)  
А.А. ЩЕГОЛОВ (Россия)  
Prof. Dr. KURBANHAN MUSLUMOV (Azerbaijan)  
Prof. Dr. DENIZ UYAK (Germany)

**ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН  
НОВЫЙ ДЕНЬ В МЕДИЦИНЕ  
NEW DAY IN MEDICINE**

*Илмий-рефератив, маънавий-маърифий журнал  
Научно-реферативный,  
духовно-просветительский журнал*

**УЧРЕДИТЕЛИ:**

**БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ  
ООО «ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН»**

Национальный медицинский  
исследовательский центр хирургии имени  
А.В. Вишневского является генеральным  
научно-практическим  
консультантом редакции

Журнал был включен в список журнальных  
изданий, рецензируемых Высшей  
Аттестационной Комиссией  
Республики Узбекистан  
(Протокол № 201/03 от 30.12.2013 г.)

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

М.М. АБДУРАХМАНОВ (Бухара)  
Г.Ж. ЖАРЫЛКАСЫНОВА (Бухара)  
А.Ш. ИНОЯТОВ (Ташкент)  
Г.А. ИХТИЁРОВА (Бухара)  
Ш.И. КАРИМОВ (Ташкент)  
У.К. КАЮМОВ (Тошкент)  
Ш.И. НАВРУЗОВА (Бухара)  
А.А. НОСИРОВ (Ташкент)  
А.Р. ОБЛОКУЛОВ (Бухара)  
Б.Т. ОДИЛОВА (Ташкент)  
Ш.Т. УРАКОВ (Бухара)

**5 (67)**

**2024**

*Май*

[www.bsmi.uz](http://www.bsmi.uz)

<https://newdaymedicine.com> E:

[ndmuz@mail.ru](mailto:ndmuz@mail.ru)

Тел: +99890 8061882

УДК 616-08

**ОПТИМИЗАЦИЯ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ МИОКАРДА ПРИ  
КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА**  
(обзор литературы)

Ходжиев Б.Ф.<sup>1,2</sup>, Сатвалдиева Э.А.<sup>1,2</sup>, Куралов Э.Т.<sup>1,2</sup>, Абдукадиров А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный Детский Медицинский Центр Национальный детский медицинский центр.  
Адрес: г. Ташкент, Яшнабадский р-он, ул. Паркентская, Tel: +998 (55) 503 00 03; +998 (90) 119  
87 00 E-mail: info@uznch.uz;

<sup>2</sup>Ташкентский педиатрический медицинский институт, 100140, Узбекистан Ташкент, ул.  
Богишамол, 223, тел: 8 71 260 36 58 E.mail: [interdep@tashpmi.uz](mailto:interdep@tashpmi.uz)

✓ **Резюме**

*В данной статье представлен краткий обзор по актуальной проблеме современной детской кардиоанестезиологии – интраоперационной кардиоплегической защите миокарда при операциях на открытом сердце. Сочетание гипотермии и калиевой кардиоплегической остановки стало наиболее распространенным методом защиты миокарда в эволюции миокардиопротекции. В обзоре затронуты классификация и виды кардиоплегических растворов, их преимущества и недостатки на основании исследований мета-анализов. Освещено современное состояние проблемы.*

*Ключевые слова: миокард, кардиопротекция, детская кардиохирургия, ранний возраст, интраоперационная защита, искусственное кровообращение.*

**OPTIMIZATION OF INTRAOPERATIVE MYOCARDIAL PROTECTION DURING  
CARDIAC SURGERY IN YOUNG CHILDREN**  
(literature review)

Khodjiev B.F.<sup>1</sup>, Satvaldieva E.A.<sup>1,2</sup>, Kuralov E.T.<sup>1</sup>, Abdulkadirov A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National Children's Medical Center. Address: 294, Parkent str., Yashnabad district, Tashkent city  
Tel: +998 (55) 503 00 03; +998 (90) 119 87 00 E-mail: info@uznch.uz;

<sup>2</sup> Tashkent Pediatric Medical Institute, Uzbekistan 100140, Tashkent, 223 Bogishamol St, tel: 8 71  
260 36 58 E.mail: [interdep@tashpmi.uz](mailto:interdep@tashpmi.uz)

✓ **Resume**

*This article provides a brief overview of the current problem of modern pediatric cardioanesthesiology - intraoperative cardioplegic protection of the myocardium during open heart surgery. The combination of hypothermia and potassium cardioplegic arrest has become the most common method of myocardial protection in the evolution of myocardial protection. The review touched upon the classification and types of cardioplegic solutions, their advantages and disadvantages based on meta-analyses. The current state of the problem is highlighted.*

*Key words: myocardium, cardioprotection, pediatric cardiac surgery, early age, intraoperative protection, cardiopulmonary bypass.*

**Актуальность**

Сочетание гипотермии и калиевой кардиоплегической остановки стало наиболее распространенным методом защиты миокарда в эволюции миокардиопротекции. Этот обзор посвящен защите миокарда в детской кардиохирургии. В 1980-х годах в кардиоплегический раствор добавляли кровь, чтобы снабжать миокард кислородом, питательными веществами и в буферных целях. Подобные методы защиты миокарда уже много лет используются у взрослых и детей. Однако незрелое сердце в педиатрической группе во многом отличается от зрелого сердца у взрослых. Низкий сердечный выброс чаще наблюдается у детей. Большинство операций на

открытом сердце в детской кардиохирургии выполняются с кардиоплегической остановкой. На сегодняшний день существует множество различных видов кардиоплегических растворов и методов, применяемых в детской кардиохирургии. Вскоре после применения нормотермической перфузии во взрослой кардиохирургии в начале 1990-х годов, нормотермическую перфузию и кардиоплегию стали применять для защиты миокарда у детей. Интраоперационная защита миокарда является более сложной задачей в особых случаях, таких как: длительные и сложные случаи, в которых затруднено повторное введение кардиоплегических растворов через корень аорты [1]; новорожденные пациенты [2]; и случаи с предоперационным повреждением миокарда [3].

### **Историческая справка**

Впервые кардиоплегическую остановку сердца применил Мелроуз [1] в 1955 году. путем применения раствора калия высокой концентрации. Однако высокая концентрация калия (77 ммоль/л) в настоящее время неприемлема из-за его токсичности [1]. В этой связи продолжался поиск наиболее оптимальных и безопасных препаратов. Так первый успешный фармакологический арест был использован Бретшнайдером в 1964 году. Раствор, примененный им для кардиоплегии был прототипом современных растворов на основе гистидинтриптофана-кетоглутарата (ГТК) [4].

Актуальность поиска методов защиты миокарда по сей день важна в детской кардиохирургии по причине необратимого ишемического повреждения миокарда, возникающего в нормотермическом сердце человека в течении 20 мин ишемии [6]. Достижения современной фармакологии и кардиохирургии в вопросе методов защиты миокарда позволили увеличить время безопасной кардиоплегии до 4-5 часов без какого-либо повреждения миокарда при трансплантации сердца [7].

### **Физиологические аспекты**

На физиологическом уровне существует целый ряд различий между детским и взрослым сердцем. Морфологически в сердце новорожденного лишь 30% массы миокарда составляют сократительные ткани по сравнению с 60% в зрелом миокарде [5 в этой связи в литературе сердце детей раннего возраста с физиологической точки зрения характеризуют незрелым миокардом. Миокард детей раннего возраста имеет меньше митохондрий и меньшую окислительную способность [8. По сравнению со взрослым, где до 90% продукции АТФ происходит за счет окисления жирных кислот [9]. В то время как, основным субстратом для сердца новорожденного является глюкоза [10]. Экспериментально установлен факт, что незрелый миокард обладает большей устойчивостью к ишемии по сравнению со зрелым миокардом [11], поскольку незрелый миокард имеет большие запасы гликогена и более длительной анаэробной утилизации глюкозы чем во взрослом сердце [12]. При ишемии у новорожденных истощение запасов АТФ замедляется за счет снижения активности 5'-нуклеотидазы, которая катализирует реакция аденозинмонофосфата на аденозин [13]. Гипоксическое сердце новорожденного более чувствительно к ишемии, чем у взрослых [14]. По сравнению с младенцами, у детей значительно меньше реперфузионных травм и лучший клинический исход [15]. Физиологически незрелый миокард имеет сниженную податливость желудочков, меньший преднагрузочный резерв, снижение чувствительности к катехоламинам, меньше инотропный резерв (с максимальной адренергической стимуляцией) и более (-) инотропный ответ на анестетики [16]. Незрелый миокард более чувствителен к внеклеточному кальцию, чем зрелый миокард [18] по причине слабого развития саркоплазматического ретикулума ввиду его меньшей емкости для хранения кальция, чем в сердце взрослого человека [20]. В большинстве случаев при синих пороках сердца также снижается система антиоксидантной защиты миокарда [21]. Сердечный выброс детей раннего возраста больше зависит от частоты сердечных сокращений и синусового ритма, а увеличение постнагрузки приводит к значительным гемодинамическим нарушениям.

На сегодняшний день в педиатрической кардиохирургии используются две методики защиты миокарда: кардиоплегическая остановка сердца и работа на работающем сердце в условиях параллельного искусственного кровообращения. Кардиоплегическая остановка сердца используется в большинстве внутрисердечных операциях. Техника работы на работающем сердцем может быть использована лишь в случае экстракардиальных вмешательств либо на

правых отделах сердца при условии отсутствия внутрисердечных шунтов, такие как двунаправленный кавапульмональный анастомоз, экстракардиальный Фонтен, вмешательства на трикуспидальном и легочном клапане. Большинство операций на сердце в педиатрической практике выполняются в условиях кардиоплегической остановки.

### **Современное состояние**

В настоящее время существует множество различных видов кардиоплегических растворов и методов защиты миокарда, которые применяются в педиатрии при операциях на сердце. Так, по данным литературы подобные исследования проводились в отношении трансплантации сердца в США, где сообщалось о 167 различных кардиоплегических растворах, примененных для этих целей [23]. В этой связи можно подчеркнуть, что в педиатрической кардиохирургии также существует большее количество кардиоплегических растворов. Преимуществами кардиоплегии являются диастолическая остановка сердца путем прекращения его электрической активности, снижение метаболических потребностей, особенно в отношении кислорода, в тоже время позволяет создать его депо в миокарде при кровяной кардиоплегии. Современные кардиоплегические растворы позволяют поддерживать кислотно-щелочной баланс, наряду с высокой осмолярностью, улучшать метаболические показатели миокарда при реперфузии, а также обладают обратимостью физиологического воздействия и низкой токсичностью. Однако по сей день основным компонентом всех кардиоплегических растворов является калий. Кардиоплегические растворы с магнием и низкими дозами кальция, содержащие глюкозу и буферные растворы, обычно используются в большинстве кардиологических центрах [25]. Многие другие субстраты в том числе инсулин, кислородсодержащие свободные радикалы поглотители, прокаинамид, бета-блокаторы (эсмолол), ингибитор обмена  $\text{Na}^+$   $\text{H}^{++}$  (амилорид, карипорид), блокатор  $\text{Na}^+$  (лидокаин, тетродотоксин), L-аргинин,  $\text{K}^+$  средства, открывающие каналы (априкалим, пинацидил, никорандил) и блокаторы  $\text{Ca}^{++}$  каналов использовались в экспериментальных исследованиях [2]. Сегодня большинство из них не используются в клинической практике [23].

Кристаллоидная и кровяная кардиоплегия широко распространены и используются в современной клинической практике. Кристаллоидная кардиоплегия имеет некоторые преимущества: такие как дешевизна, простота изготовления и применения, и одного применения достаточно для адекватного ареста [26]. Было продемонстрировано, что одной разовой дозы ГТК достаточно для защиты миокарда при ишемии длительностью более 2 часов в детской кардиохирургии [27]. Раствор также часто используют для консервации сердца при пересадке сердца в течение длительного ишемического периода [28]. С другой стороны, преимущества кровяной кардиоплегии: методика более физиологична, гемоглобин используется для транспорта  $\text{O}_2$ , содержит метаболические субстраты физиологических буферов и обеспечивает физиологическое осмотическое давление, вызывает меньшую гемодилюцию, содержит поглотители свободных радикалов кислорода. Также в исследованиях было показано, что кровяная кардиоплегия превосходит кристаллоидную кардиоплегию в течение 1ч ишемии [29]. Гипотермия используется с 1950 года для защиты миокарда в качестве краеугольного камня [3]. Методы охлаждения сердца холодовая кардиоплегия, системное охлаждение с искусственным кровообращением и топическим охлаждением миокарда, имеют недостаток как возможное повреждение диафрагмального нерва.

В процессе защиты миокарда, более важна остановка сердечной деятельности нежели, чем гипотермия (температурный режим) по той причине, что при нормальной температуре остановленному миокарду требуется на 90% меньше кислорода [30]. По данным литературы гипотермия имеет несколько вредных эффектов: такие как нарушение функций митохондрий и саркоплазматического ретикулума [31]. Эти эффекты приводят к истощению запасов энергии в миокарде. В доказательство этого тезиса приводится тот факт, что в 1989 году Лихтенштейн впервые применил нормотермическую непрерывную кровяную кардиоплегию у пациента при продолжительной операции протезирования митрального клапана [31]. У пациента был разрыв задней стенки, и восстановление было успешно выполнено в течение 6 часов безопасного времени пережатия при нормотермии. Вскоре после применения нормотермической перфузии во взрослой кардиохирургии в начале 1990-х гг., перфузия и кардиоплегия в данном температурном режиме стали использоваться для защиты миокарда у детей [30]. Важнейшим

преимуществом нормотермической кровяной кардиopleгии является сохранение функций натрий-калиевой, АТФ-азной и кальций-АТФ-азной ферментных систем саркоплазматического ретикула в условиях нормотермии [32] Сегодня кардиopleгия теплой и холодной кровью используется в сочетании друг с другом. При данном методе после пережатия аорты, сердце останавливают путем введения теплой кардиopleгии, которая затем переключается на холодную кардиopleгию. В последующем кардиopleгию повторяют холодной кровью каждые 15–20 мин. Ближе к завершающему этапу операции перед снятием зажима осуществляют кардиopleгию теплой кровью [24]

Существуют различные способы доставки кардиopleгического раствора миокарду: антеградный, ретроградный и комбинированный методы. Антеградное введение является наиболее простым и физиологичным, так как кардиopleгический раствор равномерно распределяется по коронарным артериям. Недостатком метода является риск плохой антеградной перфузии при наличии аортальной недостаточности и возможном повреждении устьев коронарных артерий при операциях на корне аорты. Недостатком ретроградного пути введения является нефизиологическое и неомогенное распределение кардиopleгического раствора, риск разрыва коронарного синуса и снижение кровотока в правый желудочек и перегородку. Этот способ доставки полезен при аортальной недостаточности и хирургии корня аорты. В зависимости от продолжительности кардиохирургического вмешательства, кардиopleгию применяют однократно или многократно. Повторная холодная кардиopleгия обычно осуществляется каждые 20–30 минут [25]. В то время как теплая кардиopleгия обычно проводится с более короткими интервалами [24]. Продолжительное пережатие аорты с многократной кардиopleгией увеличивает риск повреждения миокарда в интра- и послеоперационном периоде. Гипертрофия желудочков является дополнительным фактором риска для адекватной защиты миокарда. Предишемическое охлаждение, включая кардиогенный шок или низкий сердечный выброс на момент подачи кардиopleгического раствора, также являются фактором риска для защиты миокарда наряду с длительным временем пережатия аорты, растяжением желудочков, ретракцией и вентрикулотомией как механических факторов повреждения миокарда [27]. Риск реперфузионного повреждения после пережатия высок при цианотичных пороках сердца. Искусственное кровообращение должно быть начато при  $PO_2$  не выше 200 мм рт. ст., чтобы предотвратить реоксигенационное повреждение, опосредованное оксидантами [30] Помимо вышеперечисленного, повреждение коронарных артерий и воздушная эмболия коронарных артерий также являются факторами риска для адекватной защиты миокарда. Все вышеперечисленное может привести в послеоперационном периоде к низкому сердечному выбросу, обусловленным гипокальциемией, ацидозом, гипоксией, вкуче с хирургическими факторами, такими как объемная перегрузка (остаточный дефект межжелудочковой перегородки, легочная и аортальная регургитация) и перегрузки давлением (обструкция оттока левого и правого желудочка), легочной и системной гипертензией, тампонадой сердца и изменениями ритма. Чреспищеводная эхокардиограмма является ценным инструментом для определения хирургических причин низкого сердечного выброса, когда исключены метаболические проблемы. В этой связи неадекватная защита миокарда по-прежнему считается одной из серьезных причиной госпитальной летальности у детей.

### Заключение

Учитывая все вышесказанное, очевидно, что актуальность вопроса выбора метода защиты миокарда и его хирургическая реализация, является наиболее важным и определяющим фактором, влияющим на клинические результаты. Наиболее оптимальным методом кардиopleгии является ее эффективность, простота, дешевизна и легкая техническая реализуемость. В некоторых случаях интраоперационная защита миокарда может являться сложной задачей, особенно в случаях длительных и сложных хирургических вмешательств, при которых требуется повторная кардиopleгия из открытого корня аорты, а также новорожденные пациенты и предоперационно - ишемизированный миокард.

Вопрос выбора метода защиты миокарда остро стоит в любом медицинском центре в отношении тех или иных кардиохирургических вмешательств и является предметом непрерывного изучения. В этой связи при анализе заболеваемости и смертности, а также

прогнозе исхода при сложных и длительных кардиохирургических вмешательствах выбор метода защиты миокарда также должен рассматриваться как фактор риска.

Принимая во внимание существующие достижения современной кардиохирургии и фармакологии, а также достоинства и недостатки известных методов кардиopleгии поиск наиболее оптимальных методов защиты миокарда остается весьма актуальным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Melrose DG, Dreyer B, Bentall NH, Baker JBE. Elective cardiac arrest. *Lancet* 1955; 269:21-2. DOI: [10.1016/s0140-6736\(55\)93381-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(55)93381-x)
2. Chambers DJ, Fallouh HB. Cardioplegia and cardiac surgery: pharmacological arrest and cardioprotection during global ischemia and reperfusion. *Pharmacol Ther* 2010;127:41– 52. DOI: [10.1016/j.pharmthera.2010.04.001](https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2010.04.001)
3. Bretschneider HJ. Survival time and recuperative time of the heart in normothermia and hypothermia. *Verh Dtsch Ges Kreisläufforsch* 1964;30:11–34. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14271639/>
4. Swan H. Clinical hypothermia: a lady with a past and some promise for the future. *Surgery* 1973; 73:736–58. DOI: [10.1097/00000658-195313830-00009](https://doi.org/10.1097/00000658-195313830-00009)
5. Hosenpud JD, Bennett LE, Keck BM, Boucek MM, Novick RJ. The registry of the international society for heart and lung transplantation: eighteenth official report—2001. *J Heart Lung Transplant* 2001;20:805–15. DOI: [10.1016/s1053-2498\(00\)00138-8](https://doi.org/10.1016/s1053-2498(00)00138-8)
6. Manrique AM, Kelly K, Litchenstein SE. The effects of cardiopulmonary bypass following pediatric cardiac surgery. In: Muñoz R, Morell VO, da Cruz EM, Vetterly CG, eds. *Critical Care of Children with Heart Disease. Basic Medical and Surgical Concepts*. London: Springer-Verlag, 2010;103–20. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-21870-6>
7. Goodwin GW, Ahmad F, Doenst T, Taegtmeier H. Energy provision from glycogen, glucose, and fatty acids on adrenergic stimulation of isolated working rat hearts. *Am J Physiol* 1998;274:H1239–47.
8. DOI: [10.1152/ajpheart.1998.274.4.H1239](https://doi.org/10.1152/ajpheart.1998.274.4.H1239)
9. Lopaschuk GD, Spafford MA, Marsh DR. Glycolysis is pre-dominant source of myocardial ATP production immediately after birth. *Am J Physiol* 1991;261:H1698–705. DOI: [10.1152/ajpheart.1991.261.6.H1698](https://doi.org/10.1152/ajpheart.1991.261.6.H1698)
10. Julia PL, Kofsky ER, Buckberg GD, Young HH, Bugyi HI. Studies of myocardial protection in the immature heart. I. Enhanced tolerance of immature versus adult myocardium to global ischemia with reference to metabolic differences. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990;100:879–87. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2246910/>
11. Imura H, Caputo M, Parry A, Pawade A, Angelini GD, Suleiman MS. Age-dependent and hypoxia-related differences in myocardial protection during pediatric open heart surgery. *Circulation* 2001;103:1551–6. DOI: [10.1161/01.cir.103.11.1551](https://doi.org/10.1161/01.cir.103.11.1551)
12. Gombosova I, Boknik P, Kirchhefer U, et al. Postnatal changes in contractile time parameters, calcium regulatory proteins, and phosphates. *Am J Physiol* 1998;274:H2123–32. doi: [10.1155/2019/2675972](https://doi.org/10.1155/2019/2675972)
13. Перхов В.И. Послеоперационная летальность в федеральных кардиохирургических клиниках: гамбургский счет / Менеджер здравоохранения. 2017. №9. С.6-15.
14. <https://cyberleninka.ru/article/n/posleoperatsionnaya-letalnost-v-federalnyh-kardiohirurgicheskikh-klinikah-gamburgskiy-schet/viewer>
15. Teoh KH, Mickle DA, Weisel RD, et al. Effect of oxygen tension and cardiovascular operations on the myocardial antioxidant enzyme activities in patients with tetralogy of Fallot and aorta-coronary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992;104:159–64. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1614202/>
16. del Nido PJ, Mickle DA, Wilson GJ, et al. Evidence of myocardial free radical injury during elective repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 1987;76:V174–9. <https://europepmc.org/article/med/2959398>
17. Клышко Н.К., Щава С.П., Фургал А.А., Раповка В.Г., Шуматов В.Б., Силаев А.А., Зенина А.А., Филиппова Е.А., Гончарук Р.А., Сорокин В.А. Кардиopleгия и защита миокарда в кардиохирургии: современные тенденции // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2020. Т. 13, №2. С. 108-113;
18. DOI: [10.17116/kardio202013021108](https://doi.org/10.17116/kardio202013021108)

19. Баяндин Н.Л. Кристаллоидная гипотермическая и кровяная нормотермическая кардиоплегия // Журнал имени академика Б.В. Петровского «Клиническая и экспериментальная хирургия», 2020. Т. 8[1]. №1. С. 80-89;
20. Хубулава Г.Г., Наумов А.Б., Марченко С.П., Терешенко О.Ю., Кулемин Е.С., Романовский Д.Ю., Бирюков А.В. Модифицированная методика комбинированной кристаллоидно-кровяной холодовой кардиоплегии с уменьшенным объемом заполнения системы доставки для хирургической коррекции врожденных пороков сердца у детей // Детские болезни сердца и сосудов. 2019. №16 [1]. С. 5-15. DOI: 10.24022/1810-0686-2019-16-1-5-15. DOI: <https://doi.org/10.24022/1810-0686-2019-16-1-5-15>
21. Doenst T, Schlensak C, Beyersdorf F. Cardioplegia in pediatric cardiac surgery: do we believe in magic? *Ann Thorac Surg* 2003;75:1668–77. DOI: [10.1016/s0003-4975\(02\)04829-4](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)04829-4)
22. Liu J, Feng Z, Zhao J, Li B, Long C. The myocardial protection of HTK cardioplegic solution on the long-term ischemic period in pediatric heart surgery. *ASAIO J* 2008;54:470– 3. DOI: [10.1097/MAT.0b013e318188b86c](https://doi.org/10.1097/MAT.0b013e318188b86c)
23. Reichenspurner H, Russ C, Uberfuhr P, et al. Myocardial preservation using HTK solution for heart transplantation. A multicenter study. *Eur J Cardiothoracic Surg* 1993;7:414–9. DOI: [10.1016/1010-7940\(93\)90005-v](https://doi.org/10.1016/1010-7940(93)90005-v)
24. Amark K, Berggren H, Björk K, et al. Blood cardioplegia provides superior protection in infant cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2005;80:989–94. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2005.03.095](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2005.03.095)
25. Modi P, Suleiman MS, Reeves B, et al. Myocardial metabolic changes during pediatric cardiac surgery: a randomized study of 3 cardioplegic techniques. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; 128:67–75. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2003.11.071](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2003.11.071)
26. Buckberg GD, Brazier JR, Nelson RL, Goldstein SM, McConnell DH, Cooper N. Studies of the effects of hypothermia on regional myocardial blood flow and metabolism during cardiopulmonary bypass. I. The adequately perfused beating, fibrillating, and arrested heart. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1977;73:87–94. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)39985-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)39985-4)
27. Magovern GJ Jr, Flaherty JT, Gott VL, Bulkley BH, Gardner TJ. Failure of blood cardioplegia to protect myocardium at lower temperatures. *Circulation* 1982;66:160–7. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6805979/>
28. Lichtenstein SV, Abel JG, Panos A, Slutsky AS, Salerno TA. Warm heart surgery: experience with long cross-clamp times. *Ann Thorac Surg* 1991;52:1009–13. DOI: [10.1016/0003-4975\(91\)91269-2](https://doi.org/10.1016/0003-4975(91)91269-2)
29. Durandy Y, Hulin S. Intermittent warm blood cardioplegia in the surgical treatment of congenital heart disease: clinical experience with 1400 cases. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007; 133:241–6. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2006.10.004](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.10.004)
30. Сердечно-сосудистая хирургия – 2019 / под. ред. Бокерия Л.А., НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева Минздрава России, 2020. – 294 с.
31. [https://www.med-alphabet.com/jour/article/view/693?locale=ru\\_RU](https://www.med-alphabet.com/jour/article/view/693?locale=ru_RU)
32. Саханов Е.И., Дворянkin А.А., Племянникова Е. А., Акуленко М.С. Поляков Д. А., Гусева Н.В. Первый опыт применения кардиоплегического раствора дель Нидо // Медицинский алфавит. 2018. Т. 2. № 18. С. 62.
33. <https://www.med-alphabet.com/jour/article/viewFile/693/693>
34. Шикова Ю.В., Николаева И.Е., Плечев В. В., Ижбульдин Р.И., Долганов А. А., Епифанова А.В. Разработка состава и технологии кардиоплегического средства // Медицинский альманах. 2015. №21 [37]. С. 122-125. <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sostava-i-tehnologii-kardioplegicheskogo-sredstva/viewer>
35. [https://www.cesurg.ru/ru/jarticles\\_cesurg/402.html?SSr=0601343c4410ffffff27c\\_07e405100a0605-182](https://www.cesurg.ru/ru/jarticles_cesurg/402.html?SSr=0601343c4410ffffff27c_07e405100a0605-182)
36. Данилов Д.В. А.Е. Попов А.Е., Мовсесян Р.Р., Бокерия Л.А. Современные концепции использования кристаллоидной кардиоплегии и результаты собственных исследований // Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. 2020. Т.21. №3. С. 220-228. DOI: <https://doi.org/0.24022/1810-0694-2020-21-3-220-228>
37. Истомин Т.А. Выбор метода защиты миокарда при коррекции клапанной патологии сердца в условиях искусственного кровообращения: дис. ... к.м.н. С.-Петербург, 2019. 24 с. <https://www.dissercat.com/content/vybor-metoda-zashchity-miokarda-pri-korreksii-klapannoi-patologii-serdtsa-v-usloviyakh-isku>

Поступила 20.04.2024