Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия
2021, Т. 14, №2, с. 162-167
https://doi.org/10.17116/kardio202114021162

Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery
2021, vol. 14, No. 2, pp. 162-167
https://doi.org/10.17116/kardio202114021162

Защита висцеральных органов и почек при протезировании торакоабдоминального отдела аорты

© Е.Ю. ЧЕПУРНЯК, А.В. ПАНОВ, Э.Р. ЧАРЧЯН, Б.А. АКСЕЛЬРОД, Л.С. ЛОКШИН

ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского», Москва, Россия

Резюме

Вопрос защиты висцеральных органов и почек при протезировании торакоабдоминального отдела аорты до сих пор остается актуальным. Частота послеоперационного острого повреждения почек колеблется в пределах 21—63% и сопровождается высоким показателем послеоперационной летальности (до 32%), который возрастает до 63%, если необходима послеоперационная заместительная почечная терапия. Послеоперационные осложнения со стороны висцеральных органов встречаются реже, но также связаны со значительной летальностью (до 40%). Основной причиной поражения органов является наличие периода их ишемии во время реконструкции участка аорты, содержащего висцеральные и почечные артерии. Для минимизации времени ишемии применяется ряд защитных стратегий: дистальная аортальная перфузия, системная гипотермия, селективная перфузия висцеральных органов и почек. Целью селективной перфузии является обеспечение адекватного и достаточного кровотока в органах и устранение их ишемии. Тем не менее данные литературы указывают на несовершенство технологии ее проведения, что проявляется в сохраняющемся повреждении органов. Это говорит о необходимости улучшения методики путем использования более эффективных систем, а также оптимизации объемной скорости перфузии.

Ключевые слова: *селективная перфузия висцеральных органов, селективная перфузия почек, торакоабдоминальная аневризма аорты, искусственное кровообращение.*

Информация об авторах:
Чепурняк Е.Ю. — https://orcid.org/0000-0003-2348-0679
Панов А.В. — https://orcid.org/0000-0002-7573-7088
Чарчян Э.Р. — https://orcid.org/0000-0002-0488-2560
Аксельрод Б.А. — https://orcid.org/0000-0002-4434-3123
Локшин Л.С. — https://orcid.org/0000-0002-7573-7088
Автор, ответственный за переписку: Чепурняк Е.Ю. — e-mail: evgeniache@inbox.ru

Как цитировать:
Чепурняк Е.Ю., Панов А.В., Чарчян Э.Р., Аксельрод Б.А., Локшин Л.С. Защита висцеральных органов и почек при протезировании торакоабдоминального отдела аорты. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2021;14(2):162—167.
https://doi.org/10.17116/kardio202114021162

Renal and visceral protection during thoracoabdominal aorta repair

© E.YU. CHEPURNYAK, A.V. PANOV, E.R. CHARCHYAN, B.A. AKSELROD, L.S. LOKSHIN

Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia

Abstract

The issue of renal and visceral protection during thoracoabdominal aorta repair is still relevant. The incidence of postoperative acute kidney injury ranges from 21% to 63%. This event is accompanied by high postoperative mortality (up to 32%). Moreover, this value is increased up to 63% if postoperative renal replacement therapy is required. Postoperative complications associated with visceral organ lesion are less common, but also accompanied by significant mortality (up to 40%). The main cause of organ damage is ischemia during aortic repair with visceral and renal artery reconstruction. Some protective strategies are used to minimize ischemia time: distal aortic perfusion, systemic hypothermia and selective visceral and renal artery perfusion. The purpose of selective perfusion is ensuring adequate and sufficient blood flow and elimination of organ ischemia. Nevertheless, literature data indicate the imperfection of this technology that results persistent organ damage. Thus, more efficient systems and optimizing the volumetric perfusion rate are required.

Keywords: *selective visceral perfusion, selective renal perfusion, thoracoabdominal aortic aneurysm, cardiopulmonary bypass.*

Information about the authors:
Chepurnyak E.Yu — https://orcid.org/0000-0003-2348-0679
Panov A.V. — https://orcid.org/0000-0002-7573-7088
Charchyan E.R. — https://orcid.org/0000-0002-0488-2560
Akselrod B.A. — https://orcid.org/0000-0002-4434-3123
Lokshin L.S. — https://orcid.org/0000-0002-7573-7088
Corresponding author: Chepurnyak E.Yu. — e-mail: evgeniache@inbox.ru

To cite this article:
Chepurnyak EYu, Panov AV, Charchyan ER, Akselrod BA, Lokshin LS. Renal and visceral protection during thoracoabdominal aorta repair. *Russ. Jour. of Card. and Cardiovasc. Surg. = Kard. i serd.-sosud. khir.* 2021;14(2):162–167. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/kardio202114021162

Аневризма торакоабдоминального отдела аорты (ТАА) может формироваться на любом участке ниже устья левой подключичной артерии с распространением ниже диафрагмы [1]. Она наблюдается в 3% случаев всех аневризм аорты с ежегодной частотой около 10 пациентов на 100 000 населения [2]. При отсутствии оперативного лечения смертность колеблется в пределах 20—87% [1], а 5-летняя выживаемость составляет 20—40% [2].

«Золотым стандартом» лечения аневризм ТАА является протезирование ТАА [3]. Тем не менее, несмотря на многолетний опыт выполнения данной операции, она сопровождается высокой периоперационной летальностью (более 20%) [2, 4]. При этом смертность существенно возрастает при развитии осложнений со стороны почек и висцеральных органов [4—6]. Частота послеоперационного острого повреждения почек (ОПП) колеблется в пределах 21—63%. От 2,7 до 10,7% пациентов нуждаются в послеоперационной заместительной почечной терапии (ЗПТ) [5, 7—9]. Потребность в ЗПТ становится еще выше (до 13%) в случае экстренной операции или при наличии у пациента исходной хронической болезни почек (ХБП) [10, 11]. В случае ОПП ранняя послеоперационная летальность значительно возрастает (с 5—18% до 9—32%) и может достигать 63%, если необходима ЗПТ [11, 12]. Пятилетняя выживаемость после протезирования ТАА снижается с 74 до 43% в случае развития послеоперационной ХБП [11]. Послеоперационные осложнения со стороны висцеральных органов встречаются реже (7%) [13]. При этом они приводят к более длительному пребыванию пациентов в отделении интенсивной терапии и в стационаре, а также к значимому увеличению послеоперационной летальности (с 13,5% среди больных без висцеральных осложнений (ВО) до 40% при наличии данных осложнений, $p<0,0001$) [13, 14]. Основными причинами смерти пациентов с ВО являются сепсис и синдром полиорганной недостаточности [14]. При развитии ВО заметно снижаются и показатели среднесрочной и долгосрочной выживаемости ($p<0,001$) [14]. Среди ВО могут наблюдаться острая ишемия кишечника (2,5%) с летальностью 62%, поражение желчевыводящих путей, в том числе острый холецистит (0,3%, летальность 75%), печеночная дисфункция (1,6%, летальность 38%), острая кишечная непроходимость (2,2%, летальность 26%), а также желудочно-кишечные кровотечения и острые пептические язвы [13, 14]. При развитии острого панкреатита летальность может достигать 40—50%, а в случае панкреонекроза приближается к 100% [13]. Ишемия кишечника у данных пациентов может развиваться в результате выраженного атеросклероза аорты и последующей мезентериальной эмболии при манипуляциях на аорте, а также вследствие быстрой декомпенсации мезентериального кровотока при пережатии аорты или во время дистальной аортальной перфузии (ДАП) [13]. Причинами острого панкреатита могут стать травма поджелудочной железы, атероэмболия при манипуляциях на аорте, а также явления гипоперфузии [13]. Факторы риска послеоперационной печеночной недостаточности также многочисленны: интраоперационное эмболическое и ишемическое повреждение, массивная гемотрансфузия, низкий сердечный выброс. Печеночная недостаточность играет значимую роль в развитии полиорганной недостаточности и летального исхода [13]. Среди факторов риска ВО следует отметить продолжительное пережатие аорты [13, 14]. Приведенные данные свидетельствуют о том, что для снижения послеоперационной летальности и оптимизации результатов хирургического лечения необходима интраоперационная защита почек и висцеральных органов [11].

Одними из главных причин периоперационного поражения висцеральных органов и почек являются период их ишемии во время реконструкции участка аорты, содержащего висцеральные и почечные артерии, и последующее ишемически-реперфузионное повреждение [4, 5]. Период ишемии на данном этапе неизбежен независимо от выбранной хирургической тактики [11], поэтому до настоящего времени лучшим способом защиты органов при протезировании ТАА является сокращение времени их ишемии.

Простое пережатие аорты без какой-либо перфузии почек и висцеральных органов на сегодняшний день признано устаревшим подходом (особенно при большом объеме реконструкции ТАА) [15]. Вместо этого используются различные системы механической поддержки кровообращения [4, 11]. В частности, к таким системам относится ДАП.

ДАП является наиболее распространенным методом защиты при реконструкции ТАА, поскольку позволяет поддерживать адекватный кровоток в почках и висцеральных органах на этапе пережатия аорты [16]. Методика доказала свою эффективность, поэтому рекомендуется к широкому применению при реконструкции ТАА [17]. ДАП может осуществляться с помощью левопредсердно-бедренного обхода (ЛПБО) или искусственного кровообращения (ИК) [4]. ЛПБО является наиболее частым вариантом в большинстве центров, специализирующихся на хирургии аорты [6, 18, 19]. При ЛПБО не требуется оксигенатор, используются меньшие дозы гепарина [20]. Значительным опытом применения ЛПБО при протезировании ТАА обладает РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского. Данная методика применялась в Центре с 1994 г. по 2013 г. и доказала свою эффективность для защиты органов брюшной полости и спинного мозга от ишемических повреждений на этапе пережатия аорты [21—25].

Наравне с ЛПБО для ДАП применяется ИК [15]. В РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского данный метод используется с 2013 г. с хорошими результатами [15]. ИК позволяет контролировать гемодинамику, особенно в случае ее нестабильности, а также поддерживать оксигенацию крови при однолегочной вентиляции [15], обеспечивает возможность системной гипотермии разной степени (от умеренной (34 °C) до глубокой (18 °C)) [4, 20].

Помимо ДАП для уменьшения времени ишемии органов применяется ряд протективных стратегий. К ним относятся системная гипотермия, селективная перфузия почек (СПП), селективная висцеральная перфузия (СВП) [3—5, 26].

Протективные свойства системной гипотермии проявляются в увеличении толерантности органов к ишемии во время пережатия аорты. При этом допускается как умеренная гипотермия (30—34 °С), так и гипотермический циркуляторный арест (ГЦА) при 15—18 °С [27—29]. ГЦА обладает более выраженным защитным эффектом в случае длительного периода ишемии висцеральных органов и почек (более 60 мин), в то время как умеренная гипотермия — лучший выбор для более коротких ишемических периодов (менее 60 мин). Тем не менее продолжительный ГЦА сопровождается значительным повреждением тканей и коагулопатией, что приводит к кровотечениям и возникновению в послеоперационном периоде полиорганной недостаточности [15].

В настоящее время важнейшим фактором защиты признается селективная перфузия висцеральных органов и почек [26, 30]. На некоторых ее методиках хотелось бы остановиться более подробно.

Селективная перфузия почек

СПП может быть кровяной (нормотермической или гипотермической) и гипотермической кристаллоидной [4]. Гипотермическая кровяная перфузия проводится с использованием цельной крови пациента, охлажденной до 4 °С [9], гипотермическая кристаллоидная перфузия — с использованием охлажденного до 4 °С кристаллоидного раствора (например, раствора Рингера лактата с добавлением маннитола и метилпреднизолона) [9]. Для сравнения данных перфузатов между собой в отношении защиты органов во время периода ишемии было проведено несколько рандомизированных контролируемых исследований [5, 9].

Холодные перфузаты обычно обеспечивают наилучшую защиту, и экспериментальные исследования показали значительное снижение потребления кислорода почками при охлаждении почечной паренхимы [5]. Применение холодных кристаллоидных растворов было стандартным подходом к СПП в течение последних 20 лет, и в ряде исследований были показаны хорошие характеристики данной методики в отношении почечной протекции [4, 5, 9, 31, 32]. Однако ограничениями данного способа являются высокий риск гипергидратации и гемодилюции, а также выраженной системной гипотермии в процессе охлаждения почек [5, 9].

Альтернативой для защиты от ишемии представляется применение гипотермической крови для СПП. Так, в своей работе S. LeMaire и соавт. [9] сравнивали между собой холодовую кровяную и кристаллоидную перфузию почек. Для обеспечения ДАП в обеих группах применялся ЛПБО. СВП была непрерывной кровяной с использованием аутокрови из контура ЛПБО. В группе холодовой кристаллоидной перфузии почек ее проводили с помощью раствора Рингера лактата, охлажденного до 4 °С, в группе холодовой кровяной перфузии — с помощью аутокрови, охлажденной до 4 °С. В обеих группах почечная перфузия была прерывистой и состояла из первичного болюса с дальнейшими повторными болюсными введениями. Несмотря на то, что использование холодной крови в данном исследовании было попыткой объединить преимущества гипотермии и перфузии кровью (т.е. снабжения органов кислородом, буферными и питательными веществами) в надежде на дальнейшее снижение частоты почечной дисфункции, в результате не было обнаружено существенных различий в почечных исходах, изменениях уровня биомаркеров повреждения почек и показателях ранней смертности между группами. В то же время сами авторы признают, что изменение техники доставки крови, в частности, использование непрерывной перфузии почек вместо прерывистой, может сделать перфузию холодной кровью более эффективной [9]. Кроме этого, отсутствие мониторинга давления на входе в контур для кровяной почечной перфузии, а также мониторинга давления и распределения потока в почечных артериях во время кровяной перфузии может быть причиной ее недостаточности и отсутствия различий в эффективности данной методики по сравнению с кристаллоидной перфузией. Эффективность СВП в исследовании не оценивалась.

В то же время продолжаются споры и по поводу применения либо аутологичной нормотермической крови, либо холодного кристаллоидного раствора для СПП. В частности, C. Köksoy и соавт. [5] сообщили о более высокой частоте послеоперационного ОПП при использовании нормотермической кровяной перфузии по сравнению с гипотермической кристаллоидной перфузией (p=0,03). В данном исследовании для осуществления ДАП проводили ЛПБО, СВП в обеих группах была непрерывной кровяной. СПП в одной группе была кровяной и выполнялась с использованием нормотермической аутологичной крови из контура ЛПБО в непрерывном режиме. Во второй группе СПП проводили с помощью раствора Рингера лактата, охлажденного до 4 °С, при этом перфузия была прерывистой и включала в себя первичный и повторные болюсы. Целью применения нормотермической крови в данном исследовании также было стремление уменьшить время ишемии почек за счет доставки к ним кислорода и тем самым устранить дисбаланс pH, уменьшить внутриклеточный отек и предотвратить повреждение клеточных мембран. Тем не менее результаты не подтвердили более высокие защитные свойства данной методики. Это может быть объяснено, во-первых, активацией ренин-ангиотензиновой системы и сужением почечных артерий в условиях непульсирующего потока, во-вторых, что более важно, недостаточным давлением в почечных артериях во время кровяной перфузии и невозможностью компенсировать метаболические потребности почек во время пережатия аорты [5]. Оценка эффективности СВП не проводилась.

Еще одним вариантом защиты почек является селективная перфузия раствором Кустодиол. Это обогащенный буферный кристаллоидный раствор, широко используемый для кардиоплегии и консервации донорских органов в трансплантологии. В работах Ю.В. Белова и соавт. [15, 33] описан успешный опыт применения данного раствора, охлажденного до 4 °С, для снижения частоты ОПП при протезировании ТАА. Отмечено, что наибольшая эффективность достигается при отсутствии у пациента исходной патологии почек (безопасный период ишемии составляет 50 мин), тогда как при наличии исходно компрометированной почки безопасный период аноксии составляет 30 мин. Коллективом авторов во главе с Ю.В. Беловым был оформлен патент на данную методику [34]. В исследовании Y. Tshomba и соавт. [35] также сообщалось о снижении степени ОПП в послеоперационном периоде при применении раствора Кустодиол по сравнению с холодным кристаллоидным раствором для СПП.

Селективная висцеральная перфузия

Вопрос о необходимости СВП при протезировании ТАА остается дискутабельным. J. Kalder и соавт. [17] в экспериментальной работе показали, что СВП имеет протективные свойства. СВП сопровождалась лучшими характеристиками микроциркуляции в слизистой и мышечной оболочках кишечника, наблюдались менее выраженные ацидоз и воспаление (меньшая продукция интерлейкина-8). В то же время сохранялись повреждение слизистой оболочки кишечника и лактатацидоз, что свидетельствовало о недостаточности СВП для полной защиты висцеральных органов [17].

В работе Y. Kuniyoshi и соавт. [12] была подтверждена эффективность селективной перфузии (СП) как метода защиты висцеральных органов и почек ввиду уменьшения времени их ишемии. Исследователи сравнивали между собой послеоперационную функцию печени и почек в группах с СП и без нее. Для осуществления ДАП применяли частичное ИК или ЛПБО. СП почек и висцеральных органов была кровяной с использованием аутологичной крови из контура ИК или ЛПБО. Объемная скорость СП по каждой из 4 артерий (чревный ствол, верхняя брыжеечная артерия, правая и левая почечные артерии) устанавливалась таким образом, чтобы давление в каждой из данных артерий было равно давлению в бедренной артерии, т.е. давлению в артериальном русле ниже дистального аортального зажима. В результате в группе с СП отмечалась тенденция к более раннему возвращению уровня биомаркеров органной дисфункции в границы нормы в послеоперационном периоде. Также авторами подчеркивалась важность СП с точки зрения обеспечения хирургов необходимым временем для реимплантации не только висцеральных и почечных, но и межреберных и поясничных артерий как критически важных для кровоснабжения спинного мозга.

В другом исследовании, выполненном T. Kunihara и соавт. [30], изучали влияние СП на гепатоспланхнический метаболизм, оценивая изменение уровня его биомаркеров (сатурация венозной крови печени, коэффициент экстракции кислорода, коэффициент экстракции лактата, коэффициент содержания кетоновых тел в артериальной крови). Для обеспечения ДАП проводилось частичное ИК. СП висцеральных органов и почек осуществлялась с помощью аутологичной крови из контура ИК. Объемную скорость СП подбирали в соответствии с сатурацией венозной крови печени или диурезом. В результате среди пациентов не было летальных исходов или случаев клинически значимой дисфункции печени и почек, а также интраоперационной коагулопатии. Это может говорить о том, что СП позволяет избежать критически значимой необратимой гепатоспланхнической ишемии, особенно если предполагается длительный этап реимплантации висцеральных и почечных артерий [30]. Тем не менее изменения уровней биомаркеров во время СП указывают на то, что СП не может обеспечить физиологически адекватный кровоток в печени (по крайней мере, если осуществляется по методике, представленной в данном исследовании), поэтому время ее проведения должно быть минимизировано [30].

Также важным является вопрос мониторинга параметров во время СП висцеральных органов и почек. Первоначальный подход состоял в том, чтобы оценивать объемную скорость перфузии по каждому катетеру (контролируемая по объему селективная перфузия) [4]. Позднее M. Jacobs и соавт. [36] сообщили о дополнительном преимуществе СП висцеральных органов и почек с контролем не только объемной скорости перфузии, но и давления в висцеральных и почечных артериях. Давление регистрируют с помощью датчиков на кончиках перфузионных катетеров, размещенных в данных артериях. Перфузионное давление (среднее артериальное давление, $АД_{ср}$) необходимо поддерживать на уровне не менее 60 мм рт.ст. [36]. Данная методика была особенно эффективна у пациентов с исходной ХБП. Для данной категории пациентов было предложено поддерживать $АД_{ср}$ в висцеральных и почечных артериях во время СП на уровне не ниже 85 мм рт.ст. [36].

Таким образом, ряд авторов применяют СВП при протезировании ТАА [12, 26, 30]. В то же время другие исследователи ставят под сомнение необходимость ее проведения в большей степени из-за того, что с помощью нее не удается создать адекватный для защиты висцеральных органов кровоток. Возможное объяснение заключается в том, что объемная скорость (ОС) СП и давление в висцеральных органах во время перфузии остаются недостаточными для предотвращения гипоперфузии, которое в итоге и возникает во время СП. Следовательно, по-прежнему возникает ишемия стенки кишки и повреждение ее слизистой оболочки вследствие низкой ОС перфузии [17].

В заключение можно сказать, что, несмотря на все существующие защитные стратегии и успехи в их применении, частота послеоперационных ОПП и висцеральных осложнений остается существенной. Это говорит о том, что существующие протективные методики остаются субоптимальными и требуют совершенствования. Хотя самый надежный вариант защиты — это уменьшение продолжительности пережатия каждой из висцеральных и почечных артерий, должно продолжаться и изучение стратегии селективной перфузионной защиты органов, т.к. все описанные методики протекции демонстрируют свое несовершенство. С одной стороны, сочетание кровяной и кристаллоидной перфузии парных и непарных ветвей брюшной аорты имело хорошие результаты, но более сложный контроль баланса жидкости и в то же время неабсолютное решение проблемы ставят ее наравне с другими методиками. Также в большинстве исследований, посвященных перфузии висцеральных органов и почек, не мониторировали давление в висцеральных и почечных артериях во время перфузии, что не позволяет делать выводы об адекватности ее проведения с точки зрения создания необходимого и безопасного перфузионного давления в данных сосудах. Кроме этого, не указывалось, какое давление возникало на входе в контур для СП, что не позволяет судить о градиенте давления на входе и выходе из него и о его безопасности с точки зрения травматизации форменных элементов крови. Помимо этого в большинстве работ не оценивали распределение кровотока по 4 артериям во время перфузии, что важно с точки зрения перенаправления кровотока в русло органа с меньшим периферическим сосудистым сопротивлением и возникновения ишемии в органах с большим сопротивлением. Поэтому для снижения числа осложнений со стороны

висцеральных органов и почек необходимы инновации как в используемых системах для СП (с целью увеличения их пропускной способности), так и в методологии ее проведения, что включало бы мониторинг давления и потока и тем самым позволяло бы подбирать оптимальную ОС перфузии, контролировать ее и максимально приблизить перфузию к физиологическим характеристикам.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Stein LH, Elefteriades JA. Epidemiology and natural history of thoraco-abdominal aortic aneurysms. In: Chiesa R., Melissano G., Zangrillo A., eds. *Thoraco-abdominal aorta*. Milano: Springer; 2011.
https://doi.org/10.1007/978-88-470-1857-0_3
2. Комаров Р.Н., Винокуров И.А., Каравайкин П.А., Абдулмуталибов И.М., Белов Ю.В. Этапный метод гибридного протезирования торакоабдоминальной аорты. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2018;2:21-27.
Komarov RN, Vinokurov IA, Karavaykin PA, Abdulmutalibov IM, Belov YuV. Staged approach for hybrid thoracoabdominal aortic replacement. *Khirurgiya. Zhurnal imeni N.I. Pirogova*. 2018;2:21-27. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/hirurgia2018221-27;
3. Чарчян Э.Р., Белов Ю.В., Чакал Д.А., Скворцов А.А. Результаты повторных операций на торакоабдоминальном отделе аорты. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2017;10(5):64-68.
Charchyan ER, Belov YuV, Chakal DA, Skvortsov AA. The results of redo thoracoabdominal aortic surgery. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya*. 2017;10(5):64-68. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/kardio201710564-68
4. Aftab M, Coselli JS. Renal and visceral protection in thoracoabdominal aortic surgery. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2014;148:2963-2966.
https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.06.072
5. Köksoy C, LeMaire SA, Curling PE, et al. Renal perfusion during thoracoabdominal aortic operations: cold crystalloid is superior to normothermic blood. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2002;73:730-738.
https://doi.org/10.1016/S0003-4975(01)03575-5
6. Wong DR, Parenti JL, Green SY, et al. Open repair of thoracoabdominal aortic aneurysm in the modern surgical era: contemporary outcomes in 509 patients. *Journal of the American College of Surgeons*. 2011;212:569-579.
https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2010.12.041
7. Bensley RP, Curran T, Hurks R, et al. Open repair of intact thoracoabdominal aortic aneurysms in the American College of Surgeons National Surgical Quality Improvement Program. *Journal of Vascular Surgery*. 2013;58:894-900.
https://doi.org/10.1016/j.jvs.2013.03.037
8. Coselli JS, Bozinovski J, LeMaire S. Open surgical repair of 2286 thoracoabdominal aortic aneurysms. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2007;83:862-864.
https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2006.10.088
9. LeMaire SA, Jones MM, Conklin LD, et al. Randomized comparison of cold blood and cold crystalloid renal perfusion for renal protection during thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Journal of Vascular Surgery*. 2009;49:11-19.
https://doi.org/10.1016/j.jvs.2008.08.048
10. Girardi LN, Ohmes LB, Lau C, et al. Open repair of descending thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysms in patients with preoperative renal failure. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 2017;51:971-977.
https://doi.org/10.1016/10.1093/ejcts/ezx007
11. Waked K, Schepens M. State-of the-art review on the renal and visceral protection during open thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Journal of Visualized Surgery*. 2018;4:31.
https://doi.org/10.21037/jovs.2018.01.12
12. Kuniyoshi Y, Koja K, Miyagi K, et al. Selective visceral perfusion during thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Annals of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2004;10:367-372.
13. Achouh PE, Madsen K, Miller CC, et al. Gastrointestinal complications after descending thoracic and thoracoabdominal aortic repairs: A 14-year experience. *Journal of Vascular Surgery*. 2006;44:442-446.
https://doi.org/10.1016/j.jvs.2006.05.018
14. Frankel WC, Green SY, Amarasekara HS, et al. Early gastrointestinal complications after open thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2020:S0003-4975(20)31921-4.
https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.09.032
15. Белов Ю.В., Чарчян Э.Р., Степаненко А.Б., Скворцов А.А., Хачатрян З.Р., Комаров Р.Н., Винокуров И.А. Хирургическое лечение больных торакоабдоминальными аневризмами аорты. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2015;12:33-38.
Belov YuV, Charchyan ER, Stepanenko AB, Skvortsov AA, Khachatryan ZR, Komarov RN, Vinokourov IA. Surgical treatment of thoracoabdominal aortic aneurysms. *Khirurgiya. Zhurnal imeni N.I. Pirogova*. 2015;12:33-38. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/hirurgia20151233-38
16. Monnot A, Dusseaux MM, Godier S, et al. Passive temporary visceral shunt from the axillar artery as an adjunct method during the open treatment of thoracoabdominal aortic aneurysm. *Annals of Vascular Surgery*. 2016;36:127-131.
https://doi.org/10.1016/j.avsg.2016.03.031
17. Kalder J, Keschenau P, Hanssen SJ, et al. The impact of selective visceral perfusion on intestinal macrohemodynamics and microhemodynamics in a porcine model of thoracic aortic cross-clamping. *Journal of Vascular Surgery*. 2012;56:149-158.
https://doi.org/10.1016/j.jvs.2011.11.126
18. Hassoun HT, Miller CC, Huynh TTT, et al. Cold visceral perfusion improves early survival in patients with acute renal failure after thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Journal of Vascular Surgery*. 2004;39:506-512.
https://doi.org/10.1016/j.jvs.2003.09.040
19. LeMaire SA, Price MD, Green SY, et al. Results of open thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Annals of Cardiothoracic Surgery*. 2012;1:286-292.
https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2012.08.16
20. Белов Ю.В., Хамитов Ф.Ф. Хирургическая защита спинного мозга и висцеральных органов при протезировании торакоабдоминального отдела аорты. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2000;4:54-57.
Belov YuV, Khamitov FF. Surgical protection of spinal cord and visceral organs during thoracoabdominal aortic repair. *Grudnaya i serdechno-sosudistaya khirurgiya*. 2000;4:54-57. (In Russ.).
21. Локшин Л.С., Белов Ю.В., Зацепина Н.Е., Кириллов М.В. *Технические решения способов защиты спинного мозга и висцеральных органов*. Глава в кн. Белов Ю.В., Комаров Р.Н. Руко-

водство по хирургии торакоабдоминальных аневризм аорты. МИА; 2010.
Lokshin LS, Belov YuV, Zatsepina NE, Kirillov MV. *Tekhnicheskie resheniya sposobov zashchity spinnogo mozga i vistseral'nykh organov.* Glava v kn. Belov Yu.V., Komarov R.N. Rukovodstvo po khirurgii torakoabdominal'nykh anevrizm aorty. MIA; 2010. (In Russ.).

22. Белов Ю.В., Комаров Р.Н., Степаненко А.Б., Локшин Л.С. Левопредсердно-бедренный обход: что необходимо знать хирургу. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2010;3(1):4-6.
Belov YuV, Komarov RN, Stepanenko AB, Lokshin LS. Left heart bypass: what surgeon needs to know. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya*. 2010;3(1):4-6. (In Russ.).
23. Локшин Л.С., Кириллов М.В., Лурье Г.О., Барышева И.Е. Левопредсердно-бедренный обход при операциях на нисходящей аорте. *Анестезиология и реаниматология*. 1999;5:29-32.
Lokshin LS, Kirillov MV, Lur'e GO, Barysheva IE. Left heart bypass during operations on descending aorta. *Anesteziologiya i reanimatologiya*. 1999;5:29-32. (In Russ.).
24. Локшин Л.С., Чарчян Э.Р., Белов Ю.В., Степаненко А.Б., Кириллов М.В., Юдичев И.И., Никонов Р.Ю., Гулешов В.А. Искусственное кровообращение в хирургии аорты. *Медицинский альманах*. 2013;4:14-16.
Lokshin LS, Charchyan ER, Belov YuV, Stepanenko AB, Kirillov MV, Yudichev II, Nikonov RYu, Guleshov VA. Artificial circulation in aortic surgery. *Meditsinskii al'manakh*. 2013;4:14-16. (In Russ.).
25. Lokshin LS, Kirillov MV, Lurie GO, Barisheva IE. Left atrial-femoral bypass in surgery of the descending aorta. *Artificial organs*. 1999;7(23):678.
26. Coselli JS. Strategies for renal and visceral protection in thoracoabdominal aortic surgery. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2010;140:147-149.
https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2010.07.038
27. Di Luozzo G. Visceral and spinal cord protection during thoracoabdominal aortic aneurysm repair: clinical and laboratory update. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2013;145:135-138.
https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.11.053
28. Fehrenbacher J, Siderys H, Shahriari A. Preservation of renal function utilizing hypothermic circulatory arrest in the treatment of distal thoracoabdominal aneurysms (types III and IV). *Annals of Vascular Surgery*. 2007;21:204-207.
https://doi.org/10.1016/j.avsg.2006.08.008
29. Kulik A, Castner CF, Kouchoukos NT. Outcomes after thoracoabdominal aortic aneurysm repair using hypothermic circulatory arrest. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2011;141:953-960.
https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.11.077
30. Kunihara T, Shiiya N, Wakasa S, et al. Assessment of hepatosplanchnic pathophysiology during thoracoabdominal aortic aneurysm repair using visceral perfusion and shunt. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2009;35:677-683.
https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2008.12.016
31. Coselli JS, LeMaire SA. Tips for successful outcomes for descending thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm procedures. *Seminars in Vascular Surgery*. 2008;21:13-20.
https://doi.org/10.1053/j.semvascsurg.2007.11.009
32. Eide TO, Romundstad P, Saether OD, et al. A strategy for treatment of type III and IV thoracoabdominal aortic aneurysm. *Annals of Vascular Surgery*. 2004;18:408-413.
https://doi.org/10.1007/s10016-004-0048-z
33. Белов Ю.В., Винокуров И.А. Острая почечная недостаточность после операций на торакоабдоминальном отделе аорты в условиях защиты органов раствором Кустодиол. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2014;7(4):24-28.
Belov YuV, Vinokurov IA. Acute renal failure after operations on thoracoabdominal aorta under organs protection with solution Custodiol. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya*. 2014;7(4):24-28. (In Russ.).
34. Белов Ю.В., Комаров Р.Н., Гулешов В.А. *Способ защиты висцеральных органов при хирургическом лечении торакоабдоминальных аневризм аорты*. Патент РФ на изобретение №2343856/20.01.2009. Бюл. №2. Ссылка активна на 22.12.20.
Belov JV, Komarov RN, Guleshov VA. *Method of protection of visceral organs at surgical treatment of thoracoabdominal aortic aneurysms*. Patent №2343856/20.01.2009. Bull. №2. (In Russ.).
https://findpatent.ru/patent/234/2343856.html
35. Tshomba Y, Kahlberg A, Melissano G, et al. Comparison of renal perfusion solutions during thoracoabdominal aortic aneurysm repair. Journal of Vascular Surgery. *2014;59:623-633.*
https://doi.org/10.1016/0741-5214(93)90421-H
36. Jacobs MJ, Eijsman L, Meylaerts SA, et al. Reduced renal failure following thoracoabdominal aortic aneurysm repair by selective perfusion. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 1998;14:201-205.
https://doi.org/10.1016/S1010-7940(98)00164-X

Поступила 05.08.2020
Received 05.08.2020
Принята к печати 23.12.2020
Accepted 23.12.2020