

РЕВА

Виктор Александрович

**ТРАВМЫ И РАНЕНИЯ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ:
ОТКРЫТЫЕ, ЭНДОВАСКУЛЯРНЫЕ И ГИБРИДНЫЕ МЕТОДЫ
ЛЕЧЕНИЯ**

14.01.17 – хирургия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

доктора медицинских наук

Санкт-Петербург

2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном военном образовательном учреждении высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации.

Научный консультант:

САМОХВАЛОВ Игорь Маркеллович – доктор медицинских наук профессор

Официальные оппоненты:

БАГНЕНКО Сергей Федорович – академик Российской академии наук, доктор медицинских наук профессор, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ректор

ЗУБРИЦКИЙ Владислав Феликсович – доктор медицинских наук профессор, Медицинский институт непрерывного образования ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», заведующий кафедрой хирургии повреждений

СОКУРЕНКО Герман Юрьевич – доктор медицинских наук профессор, ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М.Никифорова» МЧС России, главный врач клиники № 2

Ведущая организация: ГБУЗ города Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента Здравоохранения Москвы»

Защита состоится 19 апреля 2021 года в 14 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 215.002.14 в ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ (194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6)

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке и на официальном сайте ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ.

Автореферат разослан « » _____ года.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор медицинских наук доцент



ДЗИДЗАВА Илья Игоревич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Ранения и травмы кровеносных сосудов составляют одну из наиболее важных проблем современной хирургии повреждений. Частота сосудистых травм варьирует от 2-3% в мирное время (Сорока В.В., 2001, Кохан Е.П., 2003, Varmparas G. et al., 2010; Kauvar D.S. et al., 2011) до 6-17% в военное время (Самохвалов И.М., 1994, 2011; White J.M. et al., 2011, Patel J.A. et al., 2018). Несмотря на все усилия специалистов, летальность среди пострадавших с повреждением крупных полостных сосудов и нестабильной гемодинамикой превышает 90%, а частота ампутаций при сосудистой травме конечностей, составляющей более половины всех сосудистых повреждений (СП), может достигать 30% и даже 70% в случае задержки оказания помощи (Дуданов И.П., Ижиков Ю.А., 2002, Rich N.M. et al., 1970, Starnes B.W. et al., 2006, Ratnayake A., 2014).

Во второй половине прошлого столетия произошел прорыв в области хирургии повреждений и сосудистой хирургии, заключавшийся в переходе от лигирующих операций к реконструктивным вмешательствам, что позволило втрое снизить число ампутаций. Появление метода временного протезирования (ВП) поврежденных сосудов способствовало восстановлению кровотока и спасению конечностей даже в случае нестабильного состояния раненого (Самохвалов И.М., 1994; Кохан Е.П., 2003; Сорока В.В., 2006; Inaba K. et al., 2016). Однако, совершенствование и упрощение техники открытых сосудистых вмешательств привели к неоправданному забвению в гражданской медицине этой «примитивной» (с точки зрения ангиохирургов) операции в пользу первичной окончательной и исчерпывающей реваскуляризации.

Период конца XX – начала XXI века ознаменовал собой «эндоваскулярную революцию» в ангиологии и сосудистой хирургии (Lumsden A.V., 2006). После разработки советским хирургом Н.Л. Володосем первого в мире эндопротеза (стент-графта) в 1986 г. рентгенэндоваскулярная хирургия (РЭХ) прочно вошла в повседневную медицинскую практику. Развитие технологий, техники вмешательств и появление новых видов «сосудистых интервенций» способствовали активному внедрению РЭХ в практику хирургии повреждений сначала мирного, а затем и военного времени (Зубрицкий В.Ф., 1996, 1998; Черная Н.Р., 2003; Бочаров С.М. и соавт., 2007; Fox C.J. et al., 2005; Rasmussen T.E. et al., 2006; Branco V.C. et al., 2014). В мире отмечен неуклонный рост числа малоинвазивных операций, которые, однако, в подавляющем большинстве случаев используются только при стабильном состоянии пострадавших (Faulconer E.R. et al., 2018).

Пострадавший с нестабильной гемодинамикой вследствие внутреннего кровотечения уже не обязательно нуждается в немедленной доставке в операционную и начале открытой операции. Метод реанимационной эндоваскулярной баллонной окклюзии аорты (РЭБОА) позволяет временно стабилизировать состояние пострадавшего, выполнить доступный объем диагностики и применить тот или иной объем открытого или эндоваскулярного вмешательства (Завражнов А.А., 1996; Семенов А.А., 2018; Hughes C.W., 1954; Stannard A. et al., 2011; Morrison J.J. et al., 2016). Операции первого типа – гибридные – получают в хирургии повреждений все более широкое распространение. Операции второго типа – чисто эндоваскулярные – из-за

технической сложности применяются реже, и ниша их применения при травмах по-прежнему не определена.

Анализ ранней летальности при травмах показывает, что подавляющее большинство пострадавших мирного и военного времени, жизнь которых можно было спасти, погибает уже в первые 30 минут, что выбивается из устоявшейся концепции «золотого часа» (Holcomb J.V. et al., 2015; Alarhayem A.Q et al., 2016). Отсутствие каких-либо методов временного внутрисосудистого гемостаза способствовало выдвиганию методов РЭХ ближе к месту происшествия. Так, уже сегодня РЭБОА успешно применяют на догоспитальном этапе для остановки внутритазового кровотечения в мирное время и для спасения жизни раненых хирургами групп специального назначения в непосредственной близости к полю боя на войне (Rasmussen T.E. et al., 2015). Целесообразность таких вмешательств, как и пути профилактики неблагоприятных эффектов РЭБОА, связанных с выраженной ишемией-реперфузией (И-Р), нуждаются в дальнейшем уточнении.

Наконец, внедрение РЭХ в оказание помощи раненым на войне способствовало пересмотру подходов к лечению сосудистых повреждений и явилось частью «военно-медицинской революции», которая привела к небывалой низкой частоте летальных исходов за всю историю войн (Eastridge B.J. et al., 2012).

И хотя в мире очевиден прирост числа РЭХ вмешательств раненым и пострадавшим, в России такие случаи казуистически редки и, как правило, выполняются в отдаленном периоде травмы. При этом доказательная база ранних сосудистых интервенций при травме по-прежнему недостаточна и ограничена ретроспективным анализом регистров или серий клинических случаев, в которых показания к вмешательству, осложнения и даже ближайшие результаты недостаточно четко документированы. Таким образом, сохраняется потребность в проведении базовых исследований, позволяющих оценить роль РЭХ и гибридных вмешательств в лечении СП разных локализаций. Необходима разработка комплексного лечебно-диагностического алгоритма, позволяющего на основе быстрой исчерпывающей диагностики принять правильное решение о характере вмешательства, возможности спасения конечности, целесообразности применения эндоваскулярных технологий, а также определить факторы риска, выявление которых может прогнозировать исход и заставляет изменить тактику лечения.

Степень разработанности темы исследования. Обзор современной литературы свидетельствует об изменении парадигмы оказания помощи раненым и пострадавшим с повреждением кровеносных сосудов как в мирное, так и в военное время. Варианты применения различных современных технологий лежат на стыке многих специальностей, ведущими из которых являются хирургия повреждений и военно-полевая хирургия.

Несмотря на накопленный материал по вопросам лечения пострадавших с повреждением сосудов, открытые вмешательства, по-прежнему, составляют основу оказания помощи пострадавшим во всем мире и единственно возможный из вариантов в большинстве стационаров нашей страны. Подавляющее большинство опубликованных работ, даже за последнее десятилетие, описывает те или иные варианты открытых хирургических вмешательств, не рассматривая возможностей стремительно развивающейся эндоваскулярной хирургии, что свидетельствует о недостаточной разработанности темы исследования.

В России, как и в мире, отсутствуют единые протоколы оказания помощи пострадавшим с повреждением кровеносных сосудов. Некоторые хирургические и

травматологические ассоциации публиковали рекомендации по отдельным узким вопросам ангиотравматологии, однако, и они разнятся в подходах и тактике лечения некоторых повреждений, зачастую оставляя без внимания методы эндоваскулярной и гибридной хирургии. Комплексная оценка всех возможностей открытой, эндоваскулярной и гибридной хирургии в лечении этой сложной категории раненых и пострадавших, жизнь которых зависит от быстрого принятия решения и правильно спланированной и выполненной операции, до сих пор не проведена и требует дальнейшего изучения.

Цель исследования – улучшить результаты лечения сосудистых повреждений мирного и военного времени путем дифференцированного применения открытых, эндоваскулярных и гибридных вмешательств.

Задачи исследования:

1. По материалам историй болезни пострадавших с повреждениями кровеносных сосудов, поступивших в клинику военно-полевой хирургии, изучить эпидемиологию сосудистых повреждений и виды выполняемых вмешательств.

2. Оценить факторы, влияющие на развитие неблагоприятного исхода лечения пострадавших с повреждением магистральных сосудов (смерти, ампутации, утраты функции). Изучить эффективность шкалы ВПХ-MESS при сосудистой травме конечностей мирного времени.

3. Проанализировать опыт применения рентгенэндоваскулярных методов остановки кровотечения из поврежденных кровеносных сосудов различных анатомических областей: груди, живота, таза, конечностей и оценить их эффективность и безопасность.

4. Провести комплексный анализ случаев применения РЭБОА при тяжелых травмах живота и таза, выявить предикторы неблагоприятного исхода и сопоставить результаты лечения с мировым опытом применения данного метода временной остановки кровотечения.

5. На основании опыта оказания помощи раненым с современными боевыми повреждениями магистральных сосудов определить частоту встречаемости повреждений сосудов и возможности применения эндоваскулярных и гибридных методов лечения на войне.

6. Разработать оптимальные экспериментальные модели, позволяющие проводить изучение и сравнение возможностей открытой и эндоваскулярной хирургии в остром и хроническом эксперименте на сосудах малого и большого диаметра, а также позволяющие оценить возможности эндоваскулярного лечения полного пересечения магистрального сосуда.

7. В эксперименте оценить возможность применения техники «неотложного эндоваскулярного протезирования» в лечении острого посттравматического тромбоза магистральной артерии, а также сравнить эффективность применения стентирования и эндопротезирования при артериальной травме.

8. Определить в эксперименте безопасные сроки временной баллонной окклюзии 1-й зоны аорты, оценить целесообразность раннего (догоспитального) применения РЭБОА для остановки продолжающегося полостного кровотечения, а также изучить целесообразность и эффективность методов неполного перекрытия кровотока в аорте (частичного или прерывистого) для остановки кровотечения и снижения частоты реперфузионных осложнений.

9. Разработать программу и методику обучения общих и военных хирургов базовым навыкам сосудистой и эндоваскулярной хирургии, а также определить перечень расширенных эндоваскулярных навыков в хирургии повреждений для сосудистых и рентген-хирургов травмоцентров. Разработать рекомендации и рациональные лечебно-диагностические алгоритмы оказания помощи раненым и пострадавшим с повреждением кровеносных сосудов различных анатомических областей.

Научная новизна. В настоящем исследовании впервые проведен комплексный анализ современных методов оказания хирургической помощи (открытых, эндоваскулярных и гибридных операций) раненым и пострадавшим с повреждениями кровеносных сосудов разных анатомических областей. Обобщен 20-летний опыт и определены независимые предикторы летального исхода, ампутации и неблагоприятного функционального исхода при повреждениях сосудов конечностей.

Проведен углубленный анализ случаев применения эндоваскулярных и гибридных методов лечения в хирургии повреждений груди, живота, таза и конечностей. Обобщен современный опыт оказания помощи сосудистым раненым в зоне боевых действий, в том числе с применением методов эндоваскулярной хирургии, включая первую в мире имплантацию стент-графта в полевом госпитале и успешные случаи применения баллонной окклюзии аорты. Доказано определяющее значение установки интродьюсера в бедренную артерию при выполнении открытых реваскуляризирующих операций в зоне сосудистого повреждения. Показана целесообразность раннего осуществления артериального сосудистого доступа пострадавшим с тяжелыми ранениями и травмами, эффективность метода эмболизации сосудов при повреждении паренхиматозных органов живота, нестабильных травмах таза с внутритазовым кровотечением и повреждении второстепенных артериальных ветвей таза и конечностей. Продемонстрированы широкие возможности эндоваскулярной хирургии в реализации тактики многоэтапного хирургического лечения (endovascular damage control). Разработан и апробирован в эксперименте метод неотложного эндоваскулярного протезирования, позволяющий временно восстановить перфузию конечности при травматической окклюзии магистральной артерии.

Показаны возможности и преимущества гибридных операций при травмах, в т.ч. при нестабильной гемодинамике, в варианте временной эндоваскулярной баллонной окклюзии аорты или артерии для проксимального контроля кровотечения. Проведен анализ всех выполненных в России случаев РЭБОА для остановки продолжающегося внутрибрюшного и внутритазового кровотечения, которые были сопоставлены по ключевым предикторам с выборкой пострадавших из Международного регистра РЭБОА (АВО Trauma Registry). Определены временные рамки, в пределах которых возможна безопасная эндоваскулярная окклюзия грудного отдела аорты.

Разработано устройство для временной окклюзии магистральных сосудов и аорты, превышающее по своим основным характеристикам (соотношение диаметра раздуваемого баллона и системы доставки) зарубежные аналоги, получен первый опыт его использования при повреждениях мирного и военного времени. Предложено устройство для автоматического выполнения РЭБОА в полном, частичном и прерывистом вариантах.

Проведена валидация имеющейся классификации ишемии конечности, ее анализ, и предложено использование объединённой классификации ишемии конечности при повреждениях сосудов по Корнилову-Затевахину. Доказан высокий уровень прогностической значимости шкалы ВПХ-MESS в предсказании необходимости сохранения или ампутации тяжело поврежденной конечности.

Разработаны диагностический и лечебный алгоритмы оказания помощи пострадавшим с повреждением кровеносных сосудов, в том числе с применением современных методов эндоваскулярной хирургии. Предложены новые методы и техники, позволяющие снизить риск ампутации конечности при длительных сроках эвакуации раненого и невозможности исчерпывающей помощи. Разработаны учебные программы и проведены первые курсы подготовки общих и военных хирургов по базовым навыкам эндоваскулярной хирургии.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость проведенного исследования состоит в анализе опыта оказания помощи пострадавшим и раненым с повреждениями кровеносных сосудов, что позволило установить достоверную зависимость вероятности смерти пациента от исходной тяжести состояния и объема проводимой инфузионной терапии, риска ампутации конечности – от механизма травмы и уровня артериального давления, а неблагоприятного функционального исхода – от тяжести повреждения мягких тканей и наличия повреждения крупных нервных стволов. Подтвержден высокий уровень положительной и отрицательной предсказательной ценности шкалы ВПХ-MESS. Анализ применения эндоваскулярных и гибридных методов лечения травм показал высокую эффективность и безопасность выполнения таких вмешательств. Определено в эксперименте пороговое значение длительности РЭБОА в 1-й зоне аорты в 30 мин, доказана зависимость между продолжительностью баллонной окклюзии грудной аорты и частотой неблагоприятных исходов, доказана большая эффективность метода частичного перекрытия кровотока в аорте по сравнению с полным и прерывистым вариантом РЭБОА. Разработана концепция «неотложного эндоваскулярного протезирования» при повреждениях сосудов, экспериментально доказана ее эффективность в восстановлении проходимости магистральных артерий, сопоставимая с открытыми вмешательствами.

Определены показания, оптимальная техника и варианты применения РЭБОА при продолжающемся поддиафрагмальном кровотечении и баллонной окклюзии при СП конечностей; разработаны и внедрены протоколы догоспитального артериального сосудистого доступа с ранним применением РЭБОА и приема пострадавшего с РЭБОА в стационаре; разработаны и апробированы оригинальные учебно-практические курсы, позволяющие осуществлять обучение как базовым навыкам РЭХ, так и расширенному спектру сосудистых и эндоваскулярных вмешательств; внесены дополнения в существующие и предложены новые варианты классификаций и алгоритмов, определяющих тактику при СП.

Методология и методы исследования. Структура и организация работы были определены ее целью, заключающейся в определении значения каждого из современных видов операций при повреждениях кровеносных сосудов мирного и военного времени и оценке их эффективности и безопасности. Объект исследования – ангиотравматология как раздел хирургии повреждений мирного и военного времени. Предмет исследования – результаты лечения раненых и пострадавших с повреждениями кровеносных сосудов груди, живота, таза и

конечностей. Работа основана на основных принципах научных исследований: доказательности, объективности и точности полученных результатов, на их воспроизводимости. Для подтверждения выводов исследования применялась математико-статистическая методология исследования. Вся проведенная работа базируется на научном методе, который подразумевает клиническое исследование, основанное на доказательствах, и экспериментальную работу, рационально и четко спланированную для достижения достоверных результатов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Наиболее значимым влиянием на исход лечения травм артерий конечностей обладают степень ишемии, стабильность гемодинамики, общая тяжесть состояния и повреждения, наличие сопутствующей костно-суставной травмы, а независимыми предикторами ампутации являются механический характер травмы и низкие цифры артериального давления на момент поступления. Неблагоприятный функциональный исход зависит от тяжести повреждения мягких тканей и наличия повреждения крупных нервных стволов.

2. Применение объективной оценки тяжести повреждения конечности позволяет с высокой предсказательной точностью определить нуждаемость пострадавших с травмой артерий мирного времени в выполнении ампутации конечности или возможности оправданной попытки ее спасения.

3. Эндоваскулярные и гибридные вмешательства позволяют добиться остановки кровотечения и восстановления кровотока при тяжелых повреждениях кровеносных сосудов груди, живота, таза и конечностей, в том числе при нестабильной гемодинамике пострадавшего.

4. Реанимационная эндоваскулярная баллонная окклюзия аорты (РЭБОА) позволяет временно стабилизировать состояние пострадавшего, однако, она неэффективна при отсутствии своевременной и адекватной гемотрансфузии и, наоборот, в сочетании с рациональным реаниматологическим сопровождением приводит к лучшим исходам, даже при терминальном состоянии пациентов.

5. Метод неполного перекрытия кровотока в аорте баллонным катетером (чРЭБОА) позволяет не только стабилизировать центральную гемодинамику при острой массивной кровопотере, но и избежать развития тяжелого ишемического-реперфузионного повреждения и, таким образом, является методом выбора по сравнению с полным и прерывистым вариантом окклюзии аорты.

6. Разработанный метод неотложного эндоваскулярного протезирования, по результатам эксперимента, позволяет быстро и малоинвазивно восстановить перфузию конечности при тяжелой сосудистой травме, сопровождающейся окклюзией или полным пересечением артерии, и по исходам не уступает стандартному методу временного протезирования. При этом временное введение в проксимальный участок артерии баллонного окклюдера позволяет избежать дополнительной кровопотери.

7. Частота повреждений кровеносных сосудов в современном военном конфликте превышает таковую для конфликтов XX столетия, что обуславливает необходимость внедрения новых эффективных методов диагностики и лечения таких травм, усовершенствования подготовки общих и военных хирургов по вопросам ангиотравматологии. Оптимальная стратегия применения открытой, эндоваскулярной или гибридной хирургии на передовых этапах медицинской эвакуации может способствовать дальнейшему снижению летальности и частоты ампутаций.

Степень достоверности и апробация работы. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечены системным подходом, обширностью и разнообразием собранного и проанализированного материала за изученный период и применением адекватных методов математико-статистической обработки данных. На достаточном фактическом материале изучены вопросы оказания хирургической помощи раненым и пострадавшим с повреждениями кровеносных сосудов в условиях мирного и военного времени, что позволило обосновать, разработать и внедрить в практику основные системные положения, принципы и методы оказания помощи, обучения общих и военных хирургов открытым и базовым РЭХ навыкам, а сосудистых хирургов – расширенным навыкам эндоваскулярной хирургии.

Основные положения диссертационного исследования доложены и обсуждены на Всероссийских съездах хирургов (Волгоград, 2011; Ростов-на-Дону, 2015); заседаниях Хирургического общества Пирогова (СПб, 2011, 2013, 2014; 2016, 2018, 2019); Международных конференциях «Новые направления и отдаленные результаты открытых и эндоваскулярных вмешательств в лечении сосудистых больных» (Новосибирск, 2013; Рязань, 2014); Международных научно-образовательных конгрессах «Травма» (М., 2013; 2017, 2018); Межрегиональных межведомственных научно-практических конференциях «Актуальные вопросы военной медицины» (Нижний Новгород, 2016, 2018; Пушкин, 2019, Анапа, 2019); конференциях в рамках международного военно-технического форума «Армия» (М., 2018, 2019); Международной конференции EVTM «Эндоваскулярные решения при хирургических кровотечениях и травмах» (СПб, 2019).

Результаты проведенных исследований также доложены на некоторых зарубежных конференциях: ежегодный конгресс Европейского общества сосудистых хирургов (Нидерланды, Амстердам, 2010; Испания, Валенсия, 2018); Европейский конгресс по травме и неотложной хирургии (Швейцария, Базель, 2012; Франция, Лион, 2013; Германия, Франкфурт, 2014; Нидерланды, Амстердам, 2015; Австрия, Вена, 2016; Испания, Валенсия, 2018; Чехия, Прага, 2019); Заседание международного общества военных хирургов имени Амбруаза Паре (США, Бетесда, 2014; Германия, Берлин, 2016); Всемирный симпозиум по применению эндоваскулярных методов при кровотечениях и травмах (Швеция, Эребру, 2017, 2018); Первый международный конгресс военных хирургов (Азербайджан, Баку, 2018); Пятый конгресс Всемирного общества неотложной хирургии (Италия, Бертиноро, 2018); Шри-Ланкийский хирургический конгресс (Шри-Ланка, Голл, 2019); Вторая кейптаунская международная конференция по хирургии повреждений (ЮАР, Кейптаун, 2019).

Результаты работы используются в учебном и лечебном процессе кафедры и клиники военно-полевой хирургии Военно-медицинской академии, в том числе при подготовке военных хирургов перед убытием на ТВД; в клинической деятельности СПб ГНИИ скорой помощи имени И.И. Джанелидзе, СПб ГБУ «Городская больница №26», ФГБОУ ВО СПб «Государственный педиатрический медицинский университет», Медицинского радиологического научного центра им. А.Ф. Цыба, в практической работе Городской подстанции скорой помощи № 15 (г. Санкт-Петербург), Национальной службы санитарной авиации «Хелидрайв», медицинских отрядов (специального назначения) ВС РФ, в т.ч. за пределами Российской Федерации. Полученные результаты легли в основу учебно-

практических курсов по хирургии повреждений «Современные Методы и Алгоритмы лечения Ранений и Травм» (СМАРТ, СМАРТ.РЭБОА, СМАРТ.АНГИО). Результаты работы также использованы при выполнении заказных и инициативных научно-исследовательских работ по темам VMA 01.05.06.1315/0050 «Пчела-ВНС» (2015); VMA.02.05.06.1618/0066 «Спасение» (2018), VMA.01.05.2021/0020 «Ярило-ВНС» (2020), а также четырех НИР, проведенных при поддержке грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (МК-3439.2014.7; МК-7508.2016.7; МК-5676.2018.7) и Российского научного фонда (#17-73-20318).

Личное участие автора в проведении исследования. Автор самостоятельно определил цель и задачи исследования, разработал его методологию. Все этапы работы, включая набор материала и формирование баз данных, анализ и сопоставление результатов выполнены лично автором. Все эксперименты, включенные в работу, в т.ч. открытые и эндоваскулярные вмешательства также выполнены соискателем. Автор принимал непосредственное участие в оказании помощи раненым и пострадавшим с повреждениями магистральных сосудов в клинике военно-полевой хирургии ВМедА с 2009 г., а также в ряде описанных случаев оказания помощи пострадавшим в СПб НИИ скорой помощи (с 2014 г.). Более 80% описанных эндоваскулярных вмешательств мирного времени, а также первичное лечение всех включенных в исследование раненых с боевыми повреждениями кровеносных сосудов в современном военном конфликте выполнены автором самостоятельно. Соискателю принадлежат идеи, теоретические разработки алгоритмов оказания помощи при повреждениях сосудов (в т.ч. догоспитальной помощи), техники некоторых вмешательств, классификации сосудистых повреждений, программ учебно-практических курсов.

Публикации. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 50 отечественных и зарубежных научных статьях, в том числе 39 научных статьях в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ для публикаций основных результатов диссертационных исследований. Оформлено 3 патента на изобретения и полезные модели.

Структура и объем диссертационного исследования

Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, выводов и практических рекомендаций, 5 приложений. Работа изложена на 483 страницах, содержит 133 рисунка, 45 таблиц. Список литературы включает 456 источников, из них 104 отечественных и 352 иностранных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал и методы исследования

Клинический материал. Клиническая часть исследования была проведена в несколько этапов. Каждый этап был посвящен одному из вариантов возможного лечения СП: открытому, эндоваскулярному и гибриднему. Дополнительно проанализирован и описан личный опыт автора по оказанию помощи раненым с боевыми повреждениями кровеносных сосудов, которым были применены как открытые, так и эндоваскулярные либо гибридные методы лечения (Таблица 1).

Открытые методы лечения рассмотрены на примере СП конечностей (включая ПКА, ПМА и тазовые артерии) как наиболее часто встречающиеся и достаточно однородные по структуре и развитию осложнений и исходов. Проведен комплексный анализ, в который включены случаи оказания помощи

пострадавшим с подтвержденным повреждением крупного кровеносного сосуда, в период с января 2001 г. по март 2020 г. находившимся на лечении в клинике ВПХ ВМедА. Анализ частоты СП проводили на основании общей базы данных пострадавших, поступивших в клинику ВПХ в период с 2006 по 2020 гг. (за 15 лет). В этот анализ эпидемиологии СП включены только случаи доставки пострадавших с места происшествия.

Таблица 1 – Общая характеристика клинической части исследования

Этапы работы	Период охвата	Структура и число наблюдений
Ретроспективный анализ историй болезни пострадавших с повреждением кровеносных сосудов конечностей, поступивших в клинику ВПХ	2001-2020 гг.	База данных о лечении 135 пострадавших мирного времени
Обобщенный анализ случаев применения эндоваскулярных методов в клинике ВПХ	2011-2020 гг.	Сведения из историй болезни 75 пострадавших (104 вмешательства)
Анализ проспективно собранных случаев применения РЭБОА при травмах: собственный массив международный регистр	2013-2020 гг.	Сведения о 265 случаях применения РЭБОА в России и в мире: 24 пострадавших 241 пострадавших
Изучение открытых, эндоваскулярных и гибридных методов хирургии в современном военном конфликте	2017 г.	20 раненых с боевыми повреждениями кровеносных сосудов
Общее число клинических наблюдений		495 раненых и пострадавших

Оценку эффективности различных методов лечения закрытых повреждений грудной аорты (ЗПА) проводили на основании анализа историй болезни пациентов с травмами аорты, поступивших в клинику ВПХ в период с 2012 по 2018 гг. Дополнительно в базу по ЗПА включены три пациента, доставленных в СПб ГНИИ скорой помощи им И.И. Джанелидзе, и один пациент, проходивший лечение в СПб ГБУЗ «Городская больница №26», как пострадавшие, в оказании помощи которым автор настоящей работы принимал непосредственное участие.

Эндоваскулярные методы лечения проанализированы отдельно и включают разные анатомические области – грудь, живот, таз и конечности. Подавляющее большинство интервенций выполнено в противошоковой операционной клиник ВПХ с использованием мобильной С-дуги Zeilm Vision RFD (Германия). Среди гибридных операций рассмотрены случаи применения баллонных окклюдзий как аорты, так и других артерий.

Для оценки результатов применения РЭБОА в России и за рубежом проведен анализ Международного регистра РЭБОА (АВО Trauma Registry), участником составления которого и представителем от России является автор диссертации. Сначала проведено скрининговое сравнение всех 241 зарубежных случаев применения РЭБОА с 2014 г. (год создания регистра) с 24 пострадавшими,

помощь которым была оказана в клинике ВПХ (21 случай) или в СПб ГНИИ скорой помощи (3 случая). Вторым этапом для устранения систематических различий методом «псевдорандомизации» (propensity score matching) из зарубежной выборки выделена группа сопоставления, также насчитывающая 24 пациента.

Для систематизации и анализа различных методов лечения СП использованы как устоявшиеся, так и современные определения и классификации: классификация закрытых повреждений грудной аорты (ЗПА) Всемирного общества сосудистых хирургов (SVS), классификация острой ишемии конечности В.А. Корнилова (1971) и И.И. Затевахина (2002), классификация повреждений сосудов И.М. Самохвалова (1994), определение некомпенсируемых полостных кровотечений J.J. Morrison (2013). Также использована пятиступенная классификация цереброваскулярных повреждений (Biffi W.L. et al., 1999) применительно к сосудам других локализаций. В соответствии с последней к неокклюзирующим повреждениям относят ушиб, спазм сосуда, разрыв интимы с сужением просвета на $<25\%$ (I степень); диссекцию и формирование внутрстеночной гематомы с сужением просвета на $>25\%$ (II степень); боковое повреждение, в том числе с формированием псевдоаневризмы (III степень). К окклюзирующим СП относят окклюзию сосуда (IV степень) и полное его пересечение (V степень).

Прогностическую оценку тяжести повреждений конечности мирного времени проводили с помощью модифицированной шкалы ВПХ-MESS (Самохвалов И.М., 2006; оригинальная шкала MESS (Mangled Extremity Severity Score), Johanson K. et al., 1990), рассчитываемой путем сложения значений индексов четырех компонентов: тяжести повреждения костно-мышечного массива конечности (от 1 до 4), острой ишемии конечности (от 0 до 3), степени шока (от 1 до 2) и возраста пациента (от 0 до 2). При значении индекса ВПХ-MESS ≥ 7 сохранение конечности считается нецелесообразным.

Экспериментальный материал. Анализ эффективности и сравнительная оценка РЭХ и открытых вмешательств проведены в острых и хронических (до 30 сут) экспериментах на овцах массой 30-50 кг. Модели экспериментов различались в зависимости от задачи исследования. Для оценки возможности применения РЭХ вмешательств при острой посттравматической окклюзии МА специально были разработаны «открытая» (бедренная артерия [БА] диаметром 3-4 мм) и «лапароскопическая» (подвздошная артерия [ПА] диаметром 5-6 мм) экспериментальные модели, на которых проводилось изучение методов стентирования, эндопротезирования (имплантация стент-графта), а также отработка предложенной концепции неотложного эндоваскулярного протезирования (НЭП) и ее сравнение с обычным ВП артерии (46 овец).

Для изучения возможности раннего (в т.ч. догоспитального) применения РЭБОА разработана модель внутритазового кровотечения (постепенный забор крови из предварительно катетеризированной ВПА) (18 овец). Для сравнения методов полной, частичной и прерывистой РЭБОА (п-, ч-, пр-РЭБОА) разработана смешанная модель контролируемого (забор крови из сосудистого русла) и неконтролируемого (боковое повреждение БА) кровотечения (18 овец). Выявление простых индикаторов, позволяющих определить степень перекрытия кровотока в аорте при чРЭБОА, потребовало отдельного исследования с многократным выполнением КТ-ангиографии животным с предустановленным в аорту баллоном

(6 овец). Все эксперименты были проведены на базе ГНИИ военной медицины (Санкт-Петербург).

Оценку возможности «сквозной» реканализации полностью пересеченной артерии проводили на специально разработанном стенде с привлечением 8 молодых врачей, а в опросе о целесообразности применения РЭХ при травмах участвовало 75 респондентов – общих, сосудистых и рентген-хирургов.

Результаты исследования

Анализ причин летальных исходов, ампутаций и утраты функции при ранениях магистральных сосудов конечностей.

Из 2711 пострадавших, первично доставленных в клинику ВПХ за 15-летний период (с 2006 по 2020 гг.), зарегистрировано 113 случаев СП, что составило 4% от общей структуры входящего потока, из них 90% имели повреждения магистральных сосудов (МС) конечностей, а у остальных были травмы сосудов груди, живота и шеи. За 20-летний период (с 2001 г.) в клинике ВПХ помощь оказана 135 сосудистым пострадавшим, средним возрастом 34 (25-46) года, 85% мужчин. По виду поврежденного МС преобладали артерии голени (n=30) и предплечья (n=29). Реже встречались ранения ПБА (n=18), Пла (n=16) и ПКА (n=13). В единичных случаях были повреждены верхняя ягодичная артерия (ВЯА, n=7), ПКА (n=5), ОБА (n=4), ПМА (n=3), ОПА/НПА (n=2), ГБА (n=2). Сочетание артериальных повреждений отмечено в 14 случаях. Малое повреждение (I/II степени) встретилось единожды. Тяжелое повреждение МА III, IV, V степени имело место у 30, 26 и 72 пострадавших, соответственно. У одного пациента имела место травматическая артерио-венозная фистула. У 2/3 пострадавших была компенсированная ишемия, и еще у 1/3 – некомпенсированная. Случаев необратимой ишемии среди доставленных в клинику пострадавших мирного времени не было. В общей сложности повреждения вен встретились в 66 случаях, из них в 6 – повреждение МВ было изолированным.

По механизму травмы пострадавшие были распределены равномерно: половина (49%) закрытых и открытых механических травм и суммарно половина (51%) колото-резаных, огнестрельных и минно-взрывных ранений. У 68% раненых отмечен эпизод гипотонии на догоспитальном этапе (ДГЭ) (САД \leq 90 мм рт.ст.). Почти у каждого третьего (27%) имела место множественная травма конечностей, и также у 27% на ДГЭ был наложен кровоостанавливающий жгут, но время его пребывания на конечности не превышало 2 ч. Медиана времени доставки пострадавших в клинику составила ровно 1 ч (60,0 [50,0-81,3] мин). Догоспитальная помощь (ДГП) способствовала стабилизации гемодинамики у многих раненых таким образом, что на момент доставки в стационар только 32% из них имели нестабильную гемодинамику. У 38% имелась ЧМТ, у 26% – сочетанная травма груди, у 14% – живота, у 16% – таза. При этом у подавляющего большинства пострадавших (87%) повреждение конечности (конечностей) являлось ведущей травмой. Переломы костей конечностей встретились в половине случаев (56%). Крупные нервы нижних конечностей были повреждены у 17 пострадавших, верхних конечностей – у 23 пострадавших, два и более нервов – еще у 10 пострадавших. У каждого четвертого раненого (26%) имела место тяжелая травма конечности с обширным повреждением мягких тканей. Средняя тяжесть состояния по шкале ВПХ-СП составила 22,0 (18,0-28,0) балла, а тяжесть повреждения по шкале ВПХ-П (Р/МТ) – 4,35 (2,35-8,40) балла, т.е. большинство травм были тяжелыми или крайне тяжелыми.

Во всех случаях, когда требовалось выполнение операции, она была произведена уже при поступлении пострадавшего: перевязка артерии в 35%, реконструктивная операция – в 34%, первичная ампутация – в 29% случаев, что было связано с общей высокой тяжестью травмы, высокой частотой костно-сосудистых повреждений и обширного повреждения мягких тканей (33% всех СП имели III степень по классификации Gustilo-Anderson). В 2% случаев операция либо не выполнялась, либо это не было отражено в медицинской документации. Лигирующие операции при повреждении крупных артерий (проксимальнее локтевого и коленного суставов) были выполнены всего двум пострадавшим. Одному из них конечность была ампутирована, а у другого функция была почти полностью утрачена. Реваскуляризирующие операции при тех же повреждениях привели к ампутации только у 1/34 пострадавших (2,9%). Суммарная частота вторичных ампутаций при СП всех локализаций составила 7%. Летальный исход констатирован у 16% пациентов. Средний срок смерти пострадавших с СП составил 7 (0-15) сут. При этом многие из них (38%) скончались от необратимой кровопотери еще в первые сутки от момента поступления. Остальные пациенты умерли от развившихся осложнений, 2/3 (62%) – от полиорганной недостаточности и сепсиса. 114 пострадавших (84%) были выписаны, из них у 66% функция конечности либо была полностью восстановлена, либо имелись незначительные нарушения. В среднем выписанные пациенты пробыли в клинике 21 (9-50) сут, что обусловлено в первую очередь костным (костно-суставным) и мягкотканым (повреждения нервов, кожи, мышечного массива) компонентом травмы.

В результате множественного регрессионного анализа выяснилось, что из массы параметров, теоретически влияющих на исход лечения, лишь немногие являются независимыми предикторами летального исхода при СП. Ими оказались тяжесть состояния, оцененная на момент поступления по шкале ВПХ-СП (скорректированное отношение шансов [ОШ] 1,138 [1,022-1,301], $p=0,031$), и объем интраоперационной инфузионной терапии (скорректированное ОШ 1,0006 [1,0002-1,0009], $p=0,027$). Соответственно, увеличение тяжести состояния и объема инфузионной терапии сопровождается увеличением риска летального исхода, что согласуется не только с зарубежными исследованиями, но и с другим нашим исследованием по оценке эффективности РЭБОА при травмах, приведенным ниже.

Поиск предикторов ампутации, неблагоприятного функционального исхода и применение шкалы ВПХ-MESS при повреждении кровеносных сосудов мирного времени.

Анализ всей базы данных СП конечностей с построением регрессионных моделей выявил множество факторов, являющихся предикторами ампутации. С увеличением возраста пострадавшего увеличивается и риск выполнения ампутации. Одно из максимальных влияний на исход оказал механизм травмы: в случае механической травмы риск ампутации возрастал в 15 раз по сравнению со случаями ранений конечностей. С другой стороны, наложение жгута на ДГЭ, которое чаще сопутствовало ранениям, также оказывало достоверное влияние на исход – было отмечено 2,5-кратное увеличение риска ампутации.

Общая тяжесть травмы, включая оценку тяжести повреждения по шкале ВПХ-СП, наличие сочетанной травмы, а также тяжесть травмы конечности влияли на принятие решения об ампутации. В 3,5 раза чаще были ампутированы нижние

конечности. Неблагоприятным фактором являлось повреждение 3-х сегментов конечностей. При костно-суставной травме отмечено почти 10-кратное увеличение риска ампутации. Еще большим риском сопровождалось наличие признаков НКИ конечности. Наличие повреждения нервных стволов не являлось предиктором ампутации.

Выявленные факторы риска были включены в более сложную регрессионную модель, учитывающую все факторы одновременно. В результате независимыми предикторами ампутации оказались механизм травмы (скорректированное ОШ 20,41 (1,83-500,0), $p=0,032$) и уровень АД на момент поступления (скорректированное ОШ 0,934 (0,885-0,972), $p=0,003$).

Таким образом, оказалось, что состояние пострадавшего на момент поступления, а именно его гемодинамический статус оказывают наиболее существенное влияние на исход лечения. Это согласуется с современным представлением о многоэтапном хирургическом лечении (damage control), когда пострадавшим с серьезным нарушением жизненно важных функций выполняют вмешательства в минимальном объеме, проводя при этом агрессивную ИТТ.

Кроме того, отдельный анализ влияния характера повреждения стенки артерии на различные варианты наступления того или иного события (смерти, ампутации, утраты функции) показал, что с увеличением тяжести повреждения сосуда вероятность наступления летального исхода остается прежней, в то время как значительно увеличивается риск ампутации конечности – от 4% при боковых повреждениях до 24% при травматических окклюзиях ($p=0,017$ по сравнению с III степенью) и 34% – при полном перерыве сосуда ($p=0,004$ по сравнению с III степенью), т.е. при окклюзионных повреждениях сосудов риск ампутации в среднем в 8 раз выше, чем при неокклюзионных. Неблагоприятный функциональный исход сопутствует окклюзионным повреждениям, соответственно, в 5 раз чаще.

На выборке из 45 пострадавших проведен анализ предсказательной точности шкалы ВПХ-MESS. Только одному пациенту со значением ВПХ-MESS =8 удалось сохранить конечность, а двум пациентам со значениями ВПХ-MESS =5–6 в конечном итоге конечность пришлось ампутировать. Рассчитанные с помощью ROC-анализа чувствительность и специфичность для шкалы ВПХ-MESS при пороговом значении равном 7 составили 93,3%. Значение площади под ROC-кривой составило 95,6%, что свидетельствует о высоком качестве классификатора, и позволяет рассматривать шкалу ВПХ-MESS в качестве информативного и удобного средства скрининговой оценки тяжести поврежденной конечности.

Множественный регрессионный анализ (на выборке из 93 пациентов с благоприятным ($n=72$) и неблагоприятным ($n=21$) функциональным исходом) выявил только два показателя, которые являются независимыми предикторами утраты функции конечности – обширное повреждение мягких тканей (скорректированное ОШ 13,17 (2,35-101,69), $p=0,007$) и сопутствующее повреждение крупного нерва (скорректированное ОШ 19,74 (5,54-93,11), $p<0,001$).

Эндоваскулярные вмешательства при повреждениях кровеносных сосудов.

В клинике ВПХ методы РЭХ в современном варианте начали применять в 2011 г., когда были выполнены первые ангиографии трансфеморальным доступом с установкой интродьюсера, операции по удалению съемных кава-фильтров. Всего за 10-летний период 75 пациентам было выполнено 104 диагностических и лечебных РЭХ вмешательства.

Сосудистый доступ и роль ангиографии в диагностике поврежденных кровеносных сосудов.

Любое РЭХ вмешательство начинается с артериального сосудистого доступа (АСД). В период с 2011 по 2020 гг. было выполнено в общей сложности 45 диагностических ангиографий, из них 41 – трансфеморальным доступом (включая 6 целиакографий), две – трансбрахиальным доступом и две флебографии. Диагностические ангиографии при травме могут как изначально планироваться только с целью выявления повреждения и последующего контроля за качеством лечения, так и для возможной интервенции. В самом простом варианте, интродьюсер ретроградно устанавливали в БА, и после серии снимков оставляли его для последующей послеоперационной ангиографии. Для таких вмешательств использовали, как правило, интродьюсер 4 Fr.

Еще одним, более сложным вариантом, является трансфеморальная катетеризация артерий верхней (или контралатеральной нижней) конечности, что обязательно требует навигации в аорте, применения флюороскопии и базовых навыков РЭХ. В подобном «диагностическом» варианте артериографии были выполнены 17 пострадавшим, у 4 из которых повреждения сосудов выявлено не было, еще у 5 выявлен спазм, ограниченная диссекция или выраженное атеросклеротическое поражение артерии без нарушения кровотока, при которых вмешательство не было показано. У остальных 8 пациентов – с повреждениями артерий конечностей – выполнена открытая реконструкция по поводу окклюзии или полного перерыва БА или ПКА. Ни в одном из указанных случаев не развилось осложнений со стороны доступа, а преимущества были очевидны: в двух случаях потребовалась коррекция зоны анастомоза (стеноз >70%).

Эндопротезирование грудного отдела аорты при ее разрыве.

Мы проанализировали опыт оказания помощи 12 пострадавшим с ЗПГА в период с 2012 по 2019 гг. Из них 9 мужчин и 3 женщины, средний возраст пациентов составил 28,5 (23,5-76,0) лет. Все они имели тяжелую сочетанную травму различных областей с ведущим повреждением в области груди. Зона повреждения аорты у 11/12 пострадавших находилась в области перешейка грудной аорты и лишь у одного пациента – в области дуги аорты. Тяжесть состояния на момент поступления, оцененная по шкале ВПХ-СП, составила не менее 28 баллов у каждого пациента (крайне тяжелое состояние). Среди всех ЗПГА большинство составили тяжелые повреждения: разрывы III (9/12) и IV (2/12) степени. Разрыв II степени был один, повреждений I степени не было. Ведущими в структуре повреждений органов груди являлись ушибы легких (12/12) и сердца (5/12), а также гемопневмоторакс (9/12).

В общей сложности, 5/12 пациентам выполнена имплантация стент-графта (Relay (Bolton Med., Испания) или Valiant (Medtronic, США)). Две операции выполнены в первые 6 ч от момента поступления в клинику, одна – спустя 2 сут и еще две – спустя 6 и 11 сут после травмы. В 4/5 случаях в ходе имплантации стент-графта закрыто устье левой ПКА. Среднее время операции составило 120 (95-145) мин. Технический успех операции достигнут во всех случаях. Ни одному из оперированных пациентов не потребовалось выполнения операции сонно-подключичного переключения для восстановления перфузии левой верхней конечности. Эндоликов (подтекания крови в области установки стент-графта) и инфекционных осложнений также выявлено не было. В одном случае произошла случайная перфорация левого желудочка жестким проводником, что привело к

развитию тампонады сердца и выполнению немедленной торакотомии с последующим выздоровлением. 3/5 пострадавших, которым выполнено эндопротезирование аорты, были выписаны на 50 (27–109) сут.

В отдаленном периоде у одного из выписанных пострадавших (27 лет на момент травмы) спустя 7 лет сохраняется артериальная гипертензия (получает гипотензивную терапию); еще у одного (33 лет на момент травмы, без признаков тяжелой ЧМТ) – на протяжении двух лет после выписки имели место дезориентация, дискоординация, длительное нарушение речи. У одного пострадавшего (осложненная имплантация стент-графта), у которого устье левой ПКА закрыто не было, в отдаленном периоде аортальных и стент-графт-ассоциированных последствий выявлено не было.

Два пострадавших (оба в возрасте 81 года) умерли на 3-и и 14-е сутки, несмотря на проводимую терапию, вследствие полиорганной недостаточности. Их смерть не была связана с разрывом аорты или операцией по поводу него.

Трем пострадавшим, переведенным в первую клинику ХУВ академии, была выполнена открытая реконструкция аорты: две операции выполнены в условиях предсердно-аортального обхода (с искусственным кровообращением [ИК]) и одна – без ИК. Все открытые операции, длительностью 240 (190-520) мин, прошли технически успешно, два пациента были выписаны на 10-е и 42-е сут, а третий – которому было выполнено протезирование восходящего отдела и дуги аорты – перенес тяжелый медиастинит, глубокую инфекцию сосудистого протеза с рецидивирующим аррозивным кровотечением, скончался на 61-е сут. У пациентки, которой операция была выполнена без ИК, в послеоперационном периоде развилась стойкая нижняя параплегия, сохранявшаяся и при повторном осмотре спустя 6 месяцев после выписки.

4/12 пострадавшим операции своевременно (до дестабилизации состояния) не выполнялись по ряду причин: ввиду быстро прогрессирующего ухудшения состояния, отсутствия подходящего стент-графта. Все они умерли в ранние сроки после поступления. У двух пострадавших уже в ходе первичной операции отмечен двухсторонний массивный гемоторакс, потребовавший торакотомии, однако восстановить кровоток по аорте (разрыв IV степени) не удалось. У одного пострадавшего с ЗПГА III степени во время ожидания подходящего стент-графта (в течение 8 ч нахождения в клинике) произошел полный разрыв аорты, и неотложная торакотомия оказалась неэффективной. У 4-й пострадавшей ЗПГА II степени осталось нераспознанным, и было выявлено в ходе аутопсии после смерти на 4-е сут, что, однако, зафиксировано в качестве основной причины смерти пациентки (также возрастом 81 год).

Таким образом, очевидно, что пострадавшие с тяжелыми ЗПГА (III-IV степени) имеют реальный риск полного разрыва аорты с неконтролируемым кровотечением и быстрым летальным исходом. Наше исследование на небольшой выборке показало, что вид операции – эндопротезирование или открытая операция не сказывается достоверно на общем исходе, главное – чтобы оно было выполнено своевременно. Вероятно, ИК (или обходной временный шунт) являются неотъемлемым компонентом открытой операции при ЗПГА для предотвращения осложнений, связанных с недостаточной перфузией спинного мозга. Вопрос необходимости сонно-подключичного переключения при перекрытии устья левой ПКА в ходе эндопротезирования нуждается в дополнительном изучении.

Эмболизация поврежденных артерий живота, таза, второстепенных артерий конечностей при ранениях и механических травмах.

Эмболизации при повреждениях селезенки, печени, нестабильных переломах костей таза, а также при кровотечениях из артериальных ветвей труднодоступных локализаций становятся стандартом хирургии повреждений.

В общей выборке пациентов, которым были применены РЭХ методы лечения, эмболизации были выполнены 15 пострадавшим: 7 – с травмами и ранениями живота, 8 – с повреждениями таза и бедра. Технический и клинический успех вмешательства, проявляющийся в остановке кровотечения, был достигнут у 14 из них (93%). У одного пациента с ранением нижнего полюса почки и АВФ между добавочной почечной артерией, чашечно-лоханочной системой и почечной веной установка трех спиралей Джиантурко оказалась неэффективной. Спустя сутки выполнена повторная – успешная – эмболизация теперь уже клеевой композицией (Гистакрил с Липидолом). Одному из пациентов было выполнено два РЭХ вмешательства.

Эмболизация селезеночной артерии по поводу разрывов селезенки была успешной во всех 3 случаях. В одном из них спирали были установлены в самой селезеночной артерии, что привело к значимому снижению кровотока в ней и остановке кровотечения. Во втором случае выполнена эмболизация желатиновой губкой верхнего полюса селезенки с хорошим ангиографическим и клиническим результатом. В третьем случае выполнена неселективная эмболизация селезеночной артерии желатиновой губкой (ввиду отсутствия спиралей подходящего размера), что привело, помимо остановки кровотечения, к отсроченной ишемии органа, его некрозу с формированием абсцесса, потребовавшего спленэктомии.

Эмболизацию артерий таза выполнили 7 пострадавшим с хорошим ангиографическим (прекращение кровотока) и клиническим (стабилизация гемодинамики) результатом. Трем пациентам выполнена селективная эмболизация спиралью поврежденной ВЯА. Четырём пациентам с нестабильными переломами костей таза эмболизации выполняли как элемент тактики damage control, причем только одному из них (описан выше) выполнена двухсторонняя эмболизация Гистакрилом, остальным пациентам выполнена односторонняя эмболизация ВПА: одному – спиралью MREye (Cook, США, Рисунок 1А), двум – измельченной желатиновой губкой Spongostan (Ethicon, США).

Во всех случаях отмечено прекращение кровотока по эмболизируемой артерии. Одному пострадавшему двухстороннюю эмболизацию ВПА успешно выполнили в условиях нестабильной гемодинамики после ранее примененной РЭБОА (по поводу травматической остановки кровообращения). Трём пострадавшим выполнена успешная эмболизация ГБА или ее крупных ветвей, однако, только у одного пострадавшего операция выполнена сразу (в течение первого часа) при поступлении. Одному из них впоследствии выполнена успешная суперселективная эмболизация подвздошно-толстокишечной артерии при продолжающемся профузном толстокишечном кровотечении.

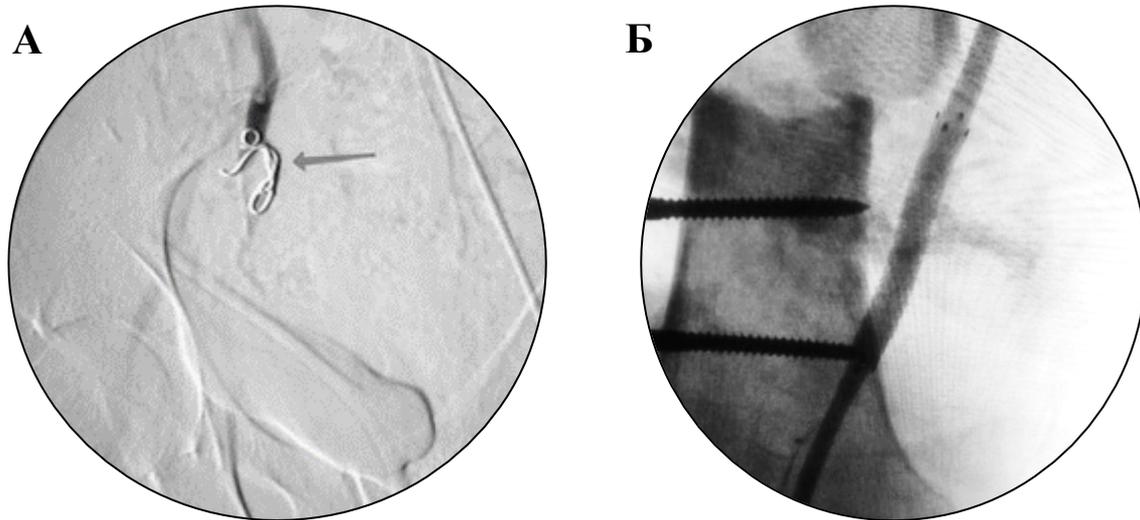


Рисунок 1 – Ангиограммы, демонстрирующие возможности эндоваскулярного лечения тяжелых повреждений кровеносных сосудов. А – эмболизация передней порции правой ВПА спиральями при переломе таза, Б – имплантация стент-графта в первый сегмент ПКА при ее боковом повреждении. Достигнут хороший ангиографический и клинический результат.

Стентирование и эндопротезирование периферических артерий.

Стентирование было применено дважды – при травматической диссекции ПБА (нижняя треть) и ПКА, а эндопротезирование трижды – ПКА (Рисунок 1Б), ПКА, а также подмышечной (артериализированной фистульной) вены при ее ятрогенном повреждении.

Во всех случаях удалось восстановить кровоток по поврежденному сосуду. Отдаленные результаты применения имплантов прослежены на протяжении от полугода до 7 лет (первое стентирование выполнено в 2013 г.). Все они были проходимы, и повторных реконструктивных операций не требовалось.

Метод эндопротезирования достаточно широко используется в лечении ранений и травм МА у гемодинамически стабильных пострадавших. Однако, зачастую зона повреждения артерии труднодоступна для открытой хирургии, что при нестабильном состоянии пострадавшего обуславливает необходимость травматичного доступа для контроля кровотечения.

Мы предположили, что простые РЭХ вмешательства могут быть применены и в условиях нестабильной гемодинамики в варианте НЭП, когда при повреждении МА быстрая установка стента или стент-графта позволяет восстановить кровоток в крупном сосуде с сохраняющимся риском ишемии в дистально расположенном бассейне (элемент эндоваскулярного damage control).

В эксперименте была проведена оценка эффективности имплантации обычного металлического стента для восстановления кровотока при травматической окклюзии. Использована модель механической травмы БА, позволившая во всех случаях добиться окклюдированного тромбоза. После моделирования тромбоза БА животных делили на две группы: группа стентирования (n=5) и контрольная группа (n=5). Животным опытной группы стентирования выполняли операцию имплантации баллон-расширяемого стента (Синус™, Ангиолайн) в поврежденный участок артерии (Рисунок 2). В послеоперационном периоде ежедневно вводили 1,5 мг/кг эноксапарина, с пищей назначали по 75 мг клопидогреля и 125 мг аспирина. Животным контрольной

группы никаких операций не выполняли, антикоагулянты не вводили. На 7-е сутки всем животным выполнена контрольная ангиография конечностей.

Тромбоз БА сопровождался падением пиковой скорости кровотока (ПСК). Имплантация стента приводила к восстановлению магистрального кровотока по БА, что было подтверждено данными ангиографии и УЗДГ. В группе стентирования отмечен значимый прирост скоростных показателей по сравнению с контрольной группой, сохранявшийся до конца эксперимента. Завершающая ангиография подтвердила проходимость всех стентов у 5 животных группы стентирования ($p=0.008$). Однако данный эксперимент был проведен в условиях антикоагулянтной и антиагрегантной терапии, редко возможной при политравме. В связи с этим мы предположили, что в условиях, когда антикоагулянтная терапия противопоказана, имплантация стента может служить временной опцией по восстановлению кровотока в поврежденной МА.

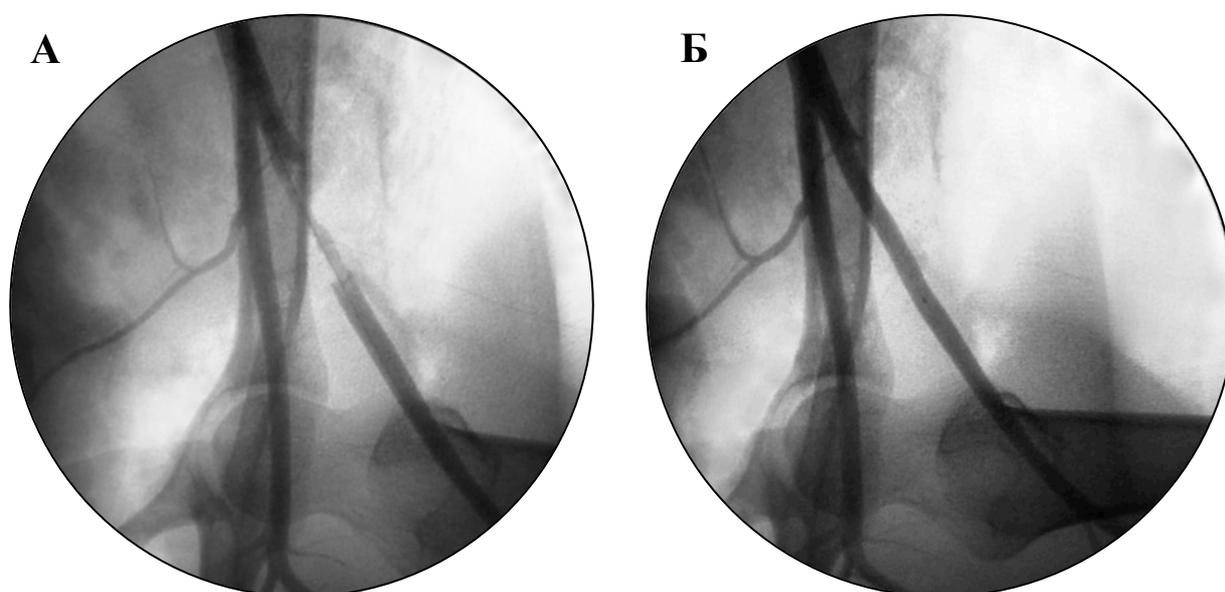


Рисунок 2 – Ангиограммы операции стентирования БА при ее травматической окклюзии в эксперименте на овце: А – реканализация зоны повреждения, Б – окончательный результат после имплантации стента. Восстановлена проходимость артерии.

Эксперимент был расширен за счет применения не только стентов, но и стент-графтов. В новом исследовании тромбоз ПА был достигнут лапароскопическим способом, который также, как и открытый, оказался эффективен в 100% случаев. Животные были поровну рандомизированы на 3 группы: группа стентирования, группа эндопротезирования и контрольная группа. Через доступ в СА выполнена реканализация зоны окклюзии ПА гидрофильным 0.035” проводником, после чего выполнена имплантация нитинолового самораскрывающегося стента или стент-графта (стента, покрытого полиуретаном) (оба импланта ООО «МИТ»). После РЭХ вмешательства производили измерения скоростных показателей, животных наблюдали в течение 30 сут, на 14-е сут выполняли КТА, а на 30-е – субтракционную ангиографию.

Реканализация зоны повреждения и установка импланта была достигнута у всех животных обеих опытных групп, что привело к значимому увеличению ПСК для обеих опытных групп. В ходе контрольной ангиографии было выявлено, что у всех животных, которым выполняли имплантацию стента или стент-графта, имела место дистальная эмболия разной степени выраженности. Свежие тромботические

массы были найдены в ветвях ГБА, ПкА и артериях голени. Протрузии свежих тромбов сквозь решетки стента, тем не менее, выявлено не было. В опытных группах спустя 60 мин после операции зарегистрирован коллатеральный кровоток в 2/5 случаев в группе стентирования и в 1/5 случаев в группе эндопротезирования. В контрольной группе все ПА были окклюзированы ($p=0,031$). На 3-и сут только у 2/5 и 1/5 артерий животных в группах стентирования и эндопротезирования, соответственно, были проходимы. На 14-й день КТА выявила только одну проходимую ПА в каждой из опытных групп, в то время как все НПА контрольной группы оставались окклюзированными, что было подтверждено в ходе ангиографии на 30-е сут.

Метод НЭП, как было показано, может быть применен – с указанными ограничениями в виде возможной дистальной эмболии – в условиях острого посттравматического артериального тромбоза. Однако, оценка преимуществ и недостатков НЭП и традиционного открытого ВП потребовали проведения отдельного сравнительного исследования и анализа.

Мы предположили, что при травматической окклюзии ПА и необходимости экстренной реваскуляризации конечности метод НЭП может служить адекватной альтернативой традиционному ВП. Целью нового исследования явилось сравнение метода НЭП и ВП в аспекте выполнения экстренной реваскуляризации при окклюзионном повреждении крупной артерии.

После достижения травматической окклюзии ПА в опытных группах было проведено открытое или РЭХ вмешательство. В группе НЭП вмешательство выполнено в описанной выше последовательности с имплантацией нитинолового самораскрывающегося стента, размером 7,0x50 мм (ООО «МИТ»). Животным группы открытого ВП артерию выделяли на протяжении около 5-7 см, резецировали поврежденный сегмент и вводили полихлорвиниловую (ПВХ) трубку диаметром 4,5 см, фиксируя ее лавсановыми лигатурами. Рану послойно ушивали.

В ходе выполнения открытой операции у двух животных группы ВП возникло интенсивное кровотечение, связанное с трудностью манипулирования в глубоком операционном поле (около 12-15 см), затруднениями введения ПВХ-трубки в спазмированную артерию и ее фиксации. Ориентировочный объем кровопотери составил около 500-700 мл. Одно из этих животных скончалось сразу после операции, и еще одно – на следующие сутки. Оценку проходимости артерий этих животных не проводили, и они были исключены из анализа. В ходе доступа для моделирования тромбоза ПА у двух животных – одно из группы НЭП и другое – из группы ВП – произошел отрыв одной из боковых ветвей, что привело к кровопотере около 500 мл. Эти животные также скончались, но спустя сутки-двое динамического наблюдения, что заставило исключить их из сравнительного анализа методик временного восстановления кровотока. За исключением этих случаев у других животных оперативное вмешательство (открытое или эндоваскулярное) было выполнено без интраоперационных осложнений. Длительность операции составила 50,0 (33,8-135,0) мин для НЭП и 47,5 (35,0-73,8) мин для ВП ($p=0,816$).

Реканализация зоны повреждения и установка импланта была достигнута у всех животных группы НЭП, а установка ПВХ-трубки – у всех (включенных в анализ) животных группы ВП. При послеоперационной ангиографии и УЗДС подтверждена проходимость артерий опытных групп и сохранение окклюзии ПА

контрольной группы, однако, в группе НЭП у половины животных имела место эмболия дистального отдела ПКА или одной из артерий голени, что способствовало развитию тромбоза в ранний послеоперационный период. Уже через 24 ч после операции проходимыми оставались 3/6 артерий в группе НЭП, 2/5 артерий в группе ВП (2 животных были исключены) и 0/8 артерий в контрольной группе ($p=0,039$). Между группами НЭП и ВП достоверных отличий не было.

Данное исследование, таким образом, показало, что метод НЭП в целом не уступает методу ВП в эффективности временного восстановления кровотока в конечности. Более того ранняя смерть 3/7 животных группы ВП, связанная с интраоперационной кровопотерей, вынуждает искать новые способы и пути малотравматичного и малоинвазивного восстановления кровотока, которые были бы доступны хирургам, малоподготовленным по сосудистой хирургии.

Возможности разработанного метода НЭП позже были подтверждены у одного раненого с боевым повреждением ПМА, которому впервые была применена эта методика. Проходимость стент-графта сохранялась в течение не менее 5 суток (до стратегической эвакуации), что позволило обеспечить поддержание достаточной перфузии конечности и не привело к вторичной ампутации.

Метод сквозной реканализации пересеченной артерии (моделирование на тренажере-симуляторе).

Выполнение реканализации и стентирования участка поврежденного сосуда может быть не всегда возможным ввиду изначально неизвестной морфологии повреждения. В случае полного перерыва сосуда, выглядящего при ангиографии как «обрыв контрастирования», могут возникнуть интраоперационные сложности или кровотечение.

Мы изучили возможности применения РЭХ при полном пересечении МА на специально разработанном стенде, который представляет собой настольную установку, оборудованную контейнером с желатинообразной массой, имитирующей гематому в месте разрыва сосуда. В полость контейнера с различным диастазом между концами открываются фронтально расположенные на одном уровне проксимальный и дистальный концы силиконовой трубки внутренним диаметром 6 мм (имитация МА). Съемку выполняемой процедуры регистрировали в одной плоскости при помощи веб-камеры, подключенной к монитору компьютера, таким образом, чтобы оператор видел только экран монитора.

С целью сравнительного анализа методов реканализации использовали инструменты, применение которых может быть оправдано для эндоваскулярного захвата проводника (Рисунок 3): а) ретривер Cook[®] (далее – Ретривер); б) биопсийные эндоскопические щипцы Brightfield[®] (далее – Щипцы); в) петля Amplatz GooseNeck[®] диаметром 5 мм (далее – Петля); г) корзинка для литоэкстракции Дормиа (далее – Корзинка); д) баллонный катетер Admiral Xtreme 7x40 мм, используемый для «проксимального контроля кровотечения» и центрирования проводника (далее – Баллон); е) сложенный пополам в катетере 0.035” проводник Emerald[®] (далее – Проводник).

Все указанные методы испытывали по схожему алгоритму: через первый интродьюсер, установленный в «проксимальном сосуде», заводили 0,035” проводник в многоцелевом катетере в зону «гематомы», а через другой интродьюсер, установленный в «дистальном сосуде» – один из инструментов для

экстернализации этого проводника, которым и проводили его извлечение. Считали, что по установленному проводнику не представляет сложности имплантировать требуемый по величине стент-графт. В эксперименте проведено сравнение шести методов реканализации на моделях повреждения сосуда с диастазом концов трубок 2 и 4 см среди врачей, не владеющих базовыми навыками эндоваскулярной хирургии.

Общее количество неудачных попыток реканализации составило 6 (6,3%) и было связано с применением методов «Баллон» и «Щипцы». Продолжительность выполнения реканализации зависела от диастаза между концами сосуда. Так при диастазе 4 см статистически достоверных различий по времени проведения реканализации не выявлено. При диастазе 2 см по времени выполнения наиболее неудачными были методы реканализации «Баллон» и «Щипцы», показав недостоверные различия по сравнению с остальными методами ($p=0,120$). Среднее время реканализации было достоверно больше при использовании метода «Баллон» только при диастазе 2 см, что составило 3,14 (2,67-8,72) мин по сравнению со всеми другими методами кроме «Петли» (от 1,26 (1,18-2,11) мин для «Корзинки» ($p < 0,001$) до 2,21 (1,96-2,50) мин для «Щипцов» ($p < 0,01$)). При диастазе 4 см достоверных отличий по времени реканализации не было.

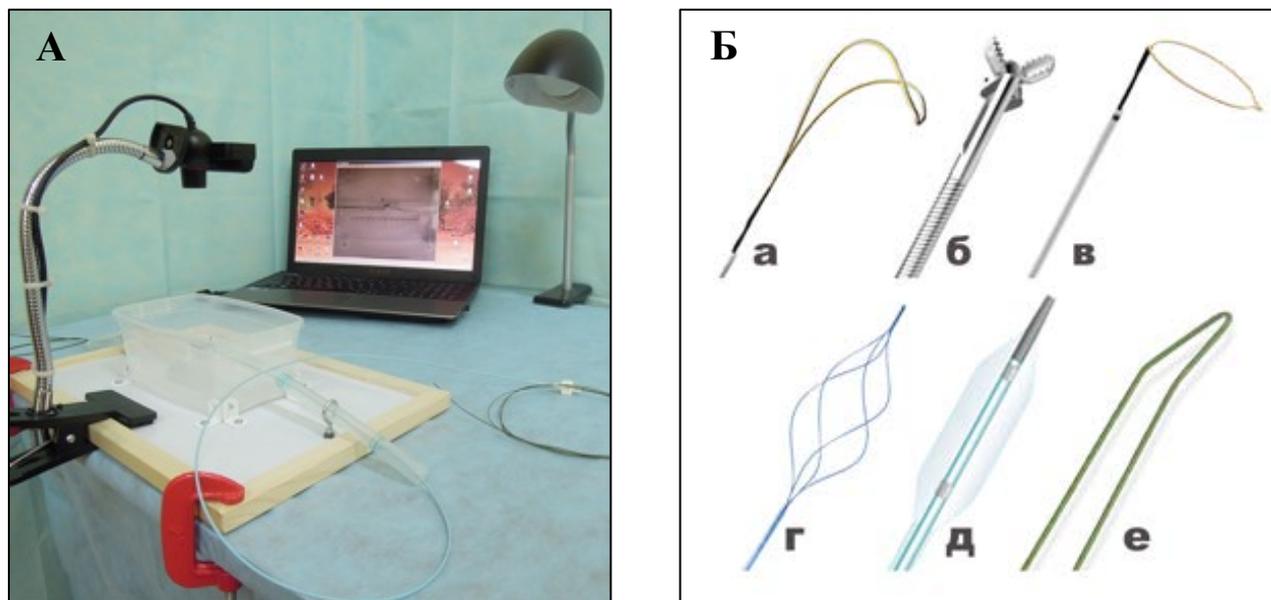


Рисунок 3 – Фотография разработанного стенда (А) для испытания возможностей «сквозной» реканализации окклюзированных или пересеченных сосудов различными инструментами (Б). Пояснения в тексте.

Наш опыт показал, что наиболее эффективными были методы с использованием петли, корзинки, ретривера и проводника. Использование баллона не приводит к существенному выигрышу во времени операции, однако, в случае использования *in vivo*, создает условия для устойчивого гемостаза, предотвращая напрасную кровопотерю.

Гибридные вмешательства и РЭБОА при повреждениях сосудов и кровотечениях.

Проксимальный контроль кровотечения из артерий или из аорты и ее ветвей часто бывает затруднен ввиду глубокого залегания сосуда, формирования гематомы, первично большого объема кровопотери и тяжелого состояния раненого. В таких ситуациях временная остановка кровотечения может быть

достигнута временной эндоваскулярной баллонной окклюзией артерии (ВЭБОА), которая была применена в пяти случаях (ПКА, ОБА (n=2), ПБА, артериализированная фистульная вена). Во всех случаях удалось добиться надежной остановки кровотечения, что позволяет рекомендовать его в качестве хорошей альтернативы открытым способам гемостаза (Рисунок 4А). Другим вариантом временной остановки кровотечения является РЭБОА (Рисунок 4Б).

Сравнительная оценка оказания помощи тяжело пострадавшим с применением РЭБОА в России и мире.

При анализе «отечественной» (n=24) и «зарубежной» (n=241) групп оказания помощи пострадавшим с РЭБОА по полу, возрасту, механизму и тяжести травмы достоверных различий между группами выявлено не было. Тем не менее был ряд отличий, касающихся самого вмешательства. В нашей выборке предпочтительным был открытый доступ к БА (54%), а в других странах – закрытый (пункционный или под УЗИ-наведением) – 67% (p=0,002). В большинстве случаев, как в нашей, так и в международной выборке, баллон раздували в 1-й зоне аорты, что оправдано ввиду изначально низкого системного САД, равного в среднем 50 мм рт. ст. в обеих группах. Длительность окклюзии также достоверно не отличалась: до 30 мин – 37% и 34%, соответственно; 30-60 мин – 54% и 43%, соответственно.

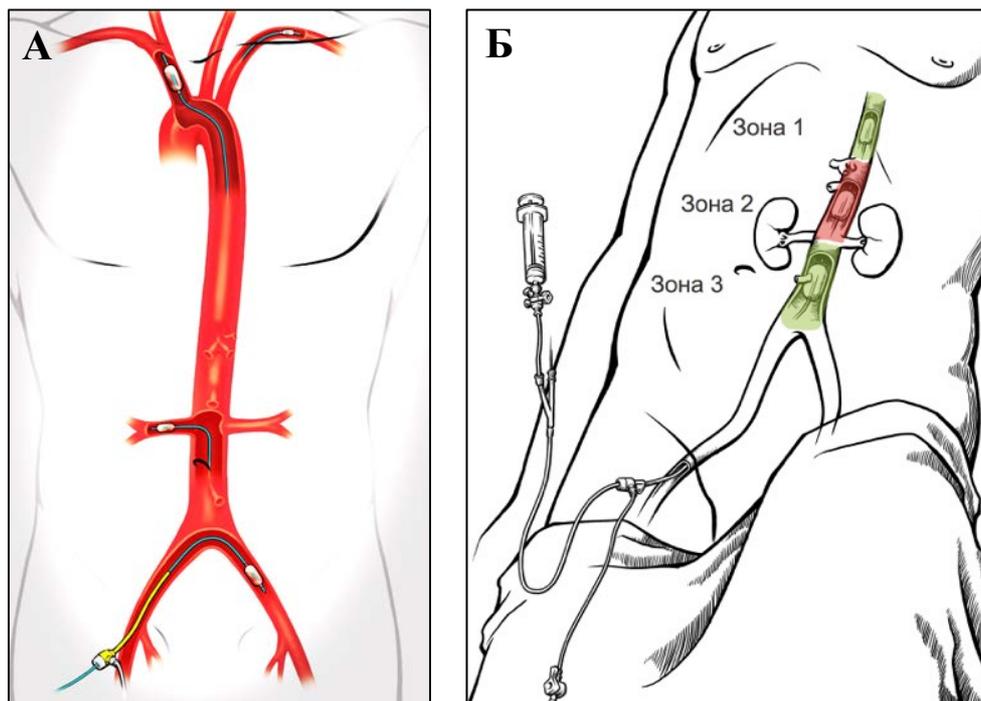


Рисунок 4 – Схематические иллюстрации баллонной окклюзии аорты и магистральных артерий: А – различные варианты ВЭБОА для проксимального контроля кровотечения; Б – варианты размещения баллона в аорте (РЭБОА). Следует избегать окклюзии аорты во 2-й зоне во избежание тяжелой висцеральной ишемии.

Наибольшие различия между группами выявлены в характере интенсивной терапии, причем как в инфузионной, так и трансфузионной терапии, как до выполнения РЭБОА, так и после. В то время как объем вводимых кристаллоидных растворов до выполнения РЭБОА составил 1667 ± 1007 мл в отечественной выборке и 2390 ± 2421 мл в зарубежной выборке (p=0,397), только в России производилась дополнительная инфузия 500 (0-500) мл коллоидных растворов – в мире они при

тяжелом шоке не применяются ($p < 0,001$). Эти различия характеризуют принципиальную разницу в подходах к лечению пострадавших в России и за рубежом.

Из зарубежной когорты 97/241 (40%) пациентам было перелито более 10 доз крови в первые сутки нахождения в стационаре, в то время как в нашей выборке больше 10 пакетов не получил ни один из пострадавших ($p < 0,0001$). Протокол массивной гемотрансфузии предусматривает также переливание тромбоцитного концентрата в соотношении 1:1:1 к эритроцитной взвеси и СЗП, поэтому объем вводимых тромбоцитов в мире также существенно выше, чем в нашей выборке. Суммарно (до и после РЭБОА) только 3-м из наших 24 пациентов было проведено вливание тромбоцитного концентрата (по 2 дозы каждому), в то время в зарубежной группе тромбоциты были перелиты 81/241 пациенту (34%) ($p = 0,034$). В приведенных выборках как ближайшая (24 ч), так и краткосрочная (30 сут) выживаемость между группами достоверно отличались. Так, 30-дневная выживаемость была втрое выше за рубежом, чем в нашей группе (50% против 17%, $p = 0,002$).

После подбора группы сопоставления из 241 случая применения РЭБОА за рубежом осталось 24 наблюдения (Таблица 2). 5/24 пострадавшим зарубежной выборки уже на месте травмы проводилась СЛР, в то время в нашей выборке таких пострадавших не было ($p = 0,0496$). Также достоверно чаще пострадавшие за рубежом были эвакуированы с места происшествия вертолетом ($p = 0,037$), тогда как вертолетная эвакуация тяжелопострадавших с места травмы в России применялась казуистически редко.

Таблица 2 – Сравнение групп РЭБОА, выполненных в России и за рубежом, по основным имеющимся параметрам

Параметр	РЭБОА в России	РЭБОА в мире	P
Число наблюдений	24	24	
Возраст	38 (32-50)	47 (32-64)	0,284
Механическая травма, n	22	22	1,000
Тяжесть травмы, балл по ISS	41,0 (34,0-55,3)	49,0 (32,5-65,5)	0,287
САД на месте травмы, n			0,127
<50 мм рт.ст.	7	13	
50-100 мм рт.ст.	14	9	
>100 мм рт.ст.	3	1	
не указано	–	1	
Минимальное САД при поступлении, n			0,493
не определялось	7	6	
<50 мм рт.ст.	3	6	
50-100 мм рт.ст.	14	12	
РЭБОА			
Время от момента поступления до РЭБОА, мин	22,5 (13,8-37,5)	22,0 (13,8-66,8)	0,669
Интродьюсер > 8 Fr	20	8	<0,001
САД перед РЭБОА, мм рт.ст.	50 (0-70)	50 (8-60)	0,872
САД после РЭБОА, мм рт.ст.	92 (73-108)	100 (80-120)	0,309

Продолжение таблицы 2

Параметр	РЭБОА в России	РЭБОА в мире	P
Общее время окклюзии аорты, n			0,205
< 30 мин	9	8	
30-60 мин	13	8	
> 60 мин	2	6	
не указано	–	2	
Зона окклюзии аорты (первичная), n			0,502
зона 1	16	18	
зона 2	1	1	
зона 3	7	5	
Реанимация и интенсивная терапия			
Инфузия, мл			
кристаллоидов до РЭБОА	1667±1007	3847±3056	0,002
кристаллоидов (за 24 ч)	3042±1560	4665±3787	0,069
коллоидов до РЭБОА	500 (0-500)	0 (0-0)	0,001
коллоидов после РЭБОА (24 ч)	750 (500-1000)	0 (0-0)	<0,001
Трансфузия, дозы			
эритроцитной взвеси до РЭБОА	0 (0-1)	5 (4-10)	<0,001
эритроцитной взвеси за 24 ч	6 (2-8)	6 (4-14)	0,120
СЗП до РЭБОА	0 (0-1)	2 (0-4)	0,008
СЗП после РЭБОА (за 24 ч)	3 (2-5)	8 (2-10)	0,162
Тромбоконцентрат до РЭБОА	0 (0-0)	0 (0-6)	0,019
Тромбоконцентрат за 24 ч	0 (0-1)	6 (0-12)	0,007
Осложнения, n			
ишемия конечности	4	2	0,383
сепсис	4	2	0,383
Исход			
24-ч выживаемость, n	10 (42%)	11 (46%)	0,771
30-дневная выживаемость, n	4 (17%)	8 (33%)	0,182

Группы сопоставления достоверно различались по размерам используемых интродьюсеров, что объясняется отсутствием зарегистрированных в России баллонных катетеров малого диаметра. Наиболее часто используемым баллоном в нашей выборке являлся катетер Reliant (Medtronic, США), совместимый с 11-12 Fr интродьюсером, в то время как за рубежом все чаще используют 7-Fr катетеры (Япония, США).

РЭБОА была выполнена в среднем через 102 (75-163) мин и 73 (47-313) мин после травмы в отечественной группе и группе сопоставления, соответственно ($p=0,375$) и приводила к значимому подъему цифр на 40-50 мм рт.ст. ($p < 0,0001$ в обеих группах). В большинстве случаев время окклюзии аорты не превышало 60 минут, и как правило, применялась полная окклюзия аорты. Приблизительно в 70% случаев в каждой из групп первично выполнялась окклюзия 1 зоны аорты, что связано с критически низкими цифрами АД на момент поступления, вне зависимости от предполагаемого источника кровотечения.

У большинства пациентов обеих групп основной источник продолжающегося кровотечения находился в области живота и таза. Стабилизация гемодинамики с помощью РЭБОА позволила выполнить операции по остановке

кровотечения (лапаротомию, тампонаду таза, внешнюю фиксацию нестабильных переломов таза). Данные вмешательства сопровождались проведением большеобъемной ИТТ, причем восполнение кровопотери компонентами крови очевидно запаздывало в нашей выборке по сравнению с пациентами из группы сопоставления. Общий объем инфузионной нагрузки до и после РЭБОА достоверно отличался. Как эритроцитной взвеси, так и СЗП нашим пострадавшим до раздувания баллона было введено значительно меньше. Практически полная недоступность тромбоконцентрата в остром периоде травмы даже в ведущих травмоцентрах Санкт-Петербурга также отчетливо выявляется по соотношению между группами и значимости различий.

Безусловно, основное влияние на общий результат лечения оказала сама тяжелая травма и сопровождающая ее тяжелая кровопотеря. Более 50% пострадавших в обеих группах умерли в течение первых суток. Остальные шесть и три пациента, в нашей и зарубежной группах, соответственно, умерли в раннем послеоперационном периоде от последствий кровотечения с или без присоединения инфекции: полиорганной недостаточности, сепсиса ($p=0,130$). В определенной степени такое двукратное различие в выживаемости в послеоперационном периоде отражает качество мониторинга, проводимой интенсивной терапии, адекватность восполнения кровопотери и коррекцию выявленных нарушений. Очевидно, что и объем трансфузионной терапии оказал влияние на несколько большую выживаемость в данной группе.

Наиболее опасное осложнение в виде развития ишемии конечности вследствие катетеризации БА встретилось в нашей группе вдвое чаще ($p=0,383$), что, вероятно, связано с большим размером применяемого катетера и интродьюсера (диаметр пункционного дефекта в БА в нашей выборке превышал 4 мм). В половине из этих случаев потребовалась ампутация конечности (2 пострадавших у нас и 1 – в зарубежной выборке), и в последующем эти пациенты скончались.

Среди 8 пациентов обеих групп, которым окклюзия аорты была выполнена на срок более 60 минут, все пациенты кроме одного умерли. При этом в половине случаев баллон был раздут в 3 зоне аорты. Единственному выжившему баллон был раздут как раз в 3 зоне, причем в варианте частичной окклюзии. Среди 18 пациентов обеих групп, которым окклюзия 1 зоны была выполнена на срок более 30 минут, выжило только двое (11%). Окклюзия на срок менее 30 минут проходила более благоприятно – 30-дневная выживаемость составила 29% ($p=0,209$). Как суточная, так и 30-дневная выживаемость достоверно не отличались между группами, хотя последняя в нашей выборке была вдвое ниже: 17% против 33% ($p=0,182$).

Сравнительная оценка эффективности догоспитального и госпитального применения РЭБОА на модели контролируемого внутритазового кровотечения.

Окклюзия аорты, даже временная, приводит к развитию синдрома И-Р. До настоящего времени нет объективных данных, которые бы определяли оптимальное «окно безопасности» при использовании РЭБОА. Хотя, наше исследование, как и исследования других авторов, свидетельствуют о том, что для РЭБОА в 1-й зоне это время не должно превышать 30 мин. Мы предположили, что длительная окклюзия аорты (в т.ч. выполненная на ДГЭ) приводит к более выраженной И-Р, что способствует летальному исходу, даже если острый период шока проходит стабильно.

На модели контролируемого тазового кровотечения у овец, спустя 30 мин от начала забора крови животных рандомизировали на три группы: 1) догоспитальное применение РЭБОА (ДГП-РЭБОА), 2) внутригоспитальное применение РЭБОА (Стац-РЭБОА), 3) контрольная группа (Без-РЭБОА). Животным группы ДГП-РЭБОА баллон (7 Fr Rescue Balloon, Япония) раздували в 1-й зоне аорты сразу после истечения 30 мин ожидания на срок 60 мин, после чего баллон сдували. Животным группы Стац-РЭБОА проводили управляемую гипотонию с поддержанием САД не выше 90 мм рт.ст., и только спустя 30 мин «транспортировки» раздували баллон на 30 мин, имитируя остановку кровотечения в стационаре. В группе Без-РЭБОА дополнительно осуществляли забор 15% ОЦК за время «ДГЭ» и «пребывания в стационаре». По окончании «лечебного этапа», т.е. спустя 60 мин, выполняли эмболизацию ВПА (Гистакрил с Липиодолом), имитируя окончательный вариант остановки кровотечения. В группах применения РЭБОА ранних смертей зарегистрировано не было, а в группе Без-РЭБОА 2 животных умерло от кровопотери ($p=0,294$ между всеми группами). За сутки наблюдения выжило 0/6, 5/6 и 4/6 животных в группах ДГП-РЭБОА (60-мин окклюзии), Стац-РЭБОА (30-мин окклюзии) и Без-РЭБОА, соответственно ($p=0,002$).

Данное исследование в целом подтверждает эффективность РЭБОА в поддержании системного АД при тяжелом травматическом шоке и демонстрирует, что 30-ти минутная окклюзия аорты в 1-й зоне является относительно безопасной в сравнении с 60-мин окклюзией.

Сравнительное исследование обычной РЭБОА и ее модификаций – прерывистой и частичной окклюзии аорты.

В остром эксперименте мы провели сравнительную оценку эффективности модификаций РЭБОА на смешанной модели травматического шока. После моделирования кровопотери 35% ОЦК животных рандомизировали на 3 группы: пРЭБОА, чРЭБОА, прРЭБОА по 6 животных в каждой, с одинаковым временем окклюзии аорты в 1-й зоне на 90 минут.

В группе пРЭБОА осуществляли полное перекрытие кровотока. В группе чРЭБОА после 10 мин полной окклюзии производили «титрование» объема жидкости в баллоне для достижения целевого САД в пределах 90-100 мм рт. ст. В группе прРЭБОА производили попеременное раздувание баллона на 15 мин и сдувание, также на 15 мин в течение 90 мин. Забор крови в объеме около 1000 мл, а также боковое повреждение контралатеральной БА, приводили к значимому падению САД во всех группах, а раздувание баллона привело к подъему значений САД до 133-154 мм рт. ст., соответственно ($p < 0,0005$ во всех группах). Всем животным группы пРЭБОА потребовалось дополнительное введение вазопрессоров вскоре после сдувания баллона, в то время как животные других групп оставались относительно стабильными ($p=0,014$). К 12 ч наблюдения все животные группы пРЭБОА умерли, а 5/6 животных групп чРЭБОА и прРЭБОА оставались живыми ($p=0,004$). 24-ч выживаемость для групп пРЭБОА, чРЭБОА и прРЭБОА составила 0/6, 4/6 и 2/6 ($p=0,049$). Среднее время жизни было меньше ($p=0,0008$, логранковый тест) для пРЭБОА (8,8 ч) и выше в группе чРЭБОА (21 ч) по сравнению с прРЭБОА (17,7 ч). Таким образом, данное исследование показало, что метод чРЭБОА следует рассматривать как наиболее перспективный для реального клинического применения.

Оценка степени «частичности» окклюзии аорты с помощью КТ-ангиографии позволила выявить следующие взаимосвязи с основными гемодинамическими показателями: выявлена линейная зависимость между объемом баллона и степенью окклюзии аорты ($r^2=0,91$, $p<0,001$); постепенное раздувание баллона приводило к увеличению проксимального и снижению дистального СрАД в линейной зависимости от степени окклюзии аорты (проксимальное СрАД: $r^2=0,85$, $p<0,001$; дистальное СрАД: $r^2=0,95$, $p<0,001$). Статистически значимые изменения между уровнем проксимального и дистального СрАД появились при окклюзии аорты примерно на 50% ($p<0,01$). Бедренно-сонный градиент также изменялся в зависимости от степени окклюзии ($r^2=0,90$, $p<0,001$). У всех животных отмечалось снижение пульсового давления до ≤ 5 мм рт. ст. при уровне окклюзии 80% и более, что совпало с потерей пульсовой волны со стороны интактной БА ($p=0,028$).

Таким образом, КТА в модели геморрагического шока показало высокие корреляционные отношения между бедренным СрАД, бедренно-сонным градиентом с одной стороны и степенью частичной окклюзии аорты с другой. Эти показатели легли в основу создания устройства для автоматической окклюзии аорты (с возможностью чРЭБОА), разработанного специалистами ЦНИИ РТК при нашем участии и участии ГНИИИ военной медицины МО РФ.

Открытые, эндоваскулярные и гибридные методы лечения боевых повреждений кровеносных сосудов на театре военных действий.

Широкое распространение и внедрение тактики ведения войн «нового типа» привело к изменению характера боевых повреждений, концепции оказания догоспитальной и передовой хирургической помощи. Проведен анализ тех случаев лечения раненых, в которых автор принимал непосредственное участие ($n=20$). Большинству раненых (15/20) из представленной выборки помощь была оказана на 2-м уровне оказания помощи (медицинский отряд). В соотношении с общей структурой санитарных потерь в данный конкретный промежуток времени частота встречаемости боевых повреждений МС составила 10%.

В основе диагностики повреждений сосудов лежало комплексное физикальное обследование раненых. При наличии подозрений на СП дополнительно использовали УЗДГ или УЗДС и – в некоторых случаях – ангиографию. Широко применяли так называемый FAST-D протокол скрининговой оценки повреждения артерии по данным доплеровского спектра (при получении на экране классической трехфазной кривой (магистральный кровоток) можно с высокой точностью исключить повреждение МА; при магистрально измененном (двухфазная кривая) или коллатеральном кровотоке (однофазная кривая) требуется дополнительная диагностика (Montorfano M.A. et al., 2017). Во всех 9 случаях применения УЗДС позволило безошибочно определить наличие СП, и наоборот, в ряде случаев исключить таковое, хотя имелось обоснованное на него подозрение.

Ангиографическую диагностику выполняли 6 раненым в двух вариантах: реже – в виде пункционной одномоментной ангиографии на столе ($n=1$) и чаще – в виде установки интродьюсера для пред-, интра- и послеоперационного контроля ($n=5$). В 3 случаях установленный интродьюсер был использован для выполнения РЭХ вмешательства ($n=3$). КТ-ангиографию выполняли одному раненому для контроля проходимости имплантированного стент-графта.

Был применен селективный подход в оказании ангиотравматологической помощи. В него входил широкий спектр вмешательств, выполняемых в

зависимости от состояния пациента, зоны повреждения и морфологии повреждения сосудистой стенки, тотчас при поступлении пациента: ВП (n=3), первичное восстановление поврежденной артерии (n=9), РЭХ (n=3), первичная ампутация при абсолютных показаниях (n=4). Реконструктивные операции в 2-х случаях выполнены по поводу компенсированной ишемии и в 7-ми – по поводу НКИ (3 – с предварительным ВП, 4 – без ВП). Двум раненым с повреждением ЗББА и признаками компенсированной ишемии было принято решение о восстановлении артерии. Еще одному пациенту с травматическим тромбозом ПББА и компенсированной ишемией от операции было решено воздержаться.

Впервые в мире была выполнена успешная имплантация стент-графта на этапе квалифицированной хирургической помощи (КХП) раненому, получившему тяжелую множественную травму конечностей с боковым повреждением ПМА (Рисунок 5). Установка стент-графта (Fluency Plus 6x120 мм) в полевых условиях выполнялась без флюороскопии, т.е. с помощью обычных рентгеновских снимков (которых было выполнено более 60).

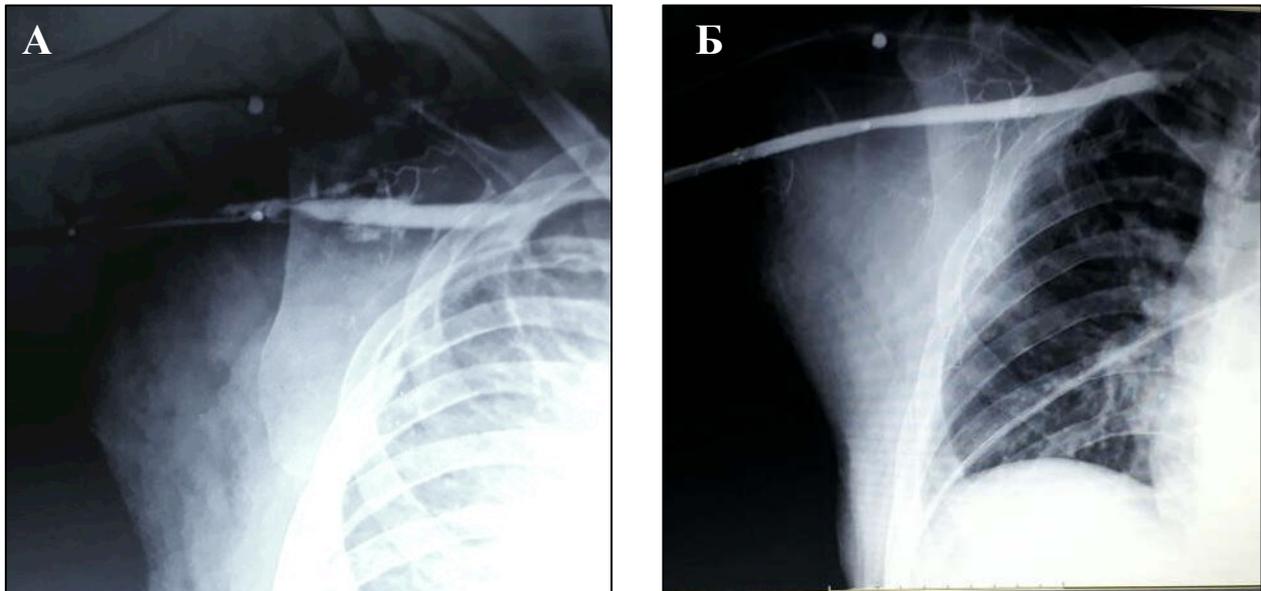


Рисунок 5 – Аниограммы этапов эндопротезирования зоны огнестрельного повреждения ПМА в полевом госпитале без флюороскопии: А – виден проводник, заведенный из ПЛА, который встречает препятствие в области повреждения, видны два инородных тела (осколка); Б – ангиограмма после реканализации зоны повреждения и имплантации стент-графта.

Три оперативных вмешательства были выполнены в ЛУ 5-го уровня по поводу боевых повреждений ПБА, ПКА и ЗББА, причем в двух последних случаях – по поводу последствий огнестрельных ранений – с применением гибридных и эндоваскулярных вмешательств. Среди всех оперированных пациентов с боевыми СП не было ни одного случая вторичной ампутации, ни летальных исходов, в т.ч. среди двух раненых, доставленных в терминальном состоянии. Эти пациенты были оперированы, впервые в отечественной истории, с применением техники РЭБОА, на следующие сутки эвакуированы в Центральный госпиталь, впоследствии выписаны и продолжают службу в ВС РФ спустя 2 года после травмы.

Один из этих пациентов получил проникающее ранение груди осколками снаряда, повреждение селезенки отломками ребер с продолжающимся

внутрибрюшным кровотечением (доставлен на этап КХП с САД 50-60 мм рт.ст.); другой – пострадал в результате подрыва бронетранспортера (сидя на броне) и получил тяжелую нестабильную травму таза (доставлен без определяемого АД). Обоим пациентам была немедленно выполнена РЭБОА с последующей окончательной остановкой кровотечения путем лапаротомии (в первом случае) и внебрюшинной тампонады таза с фиксацией в аппарате КСТ (у второго раненого). Общее время окклюзии аорты в 1-й зоне составило 25 и 16 мин, соответственно. Интродьюсеры были тотчас удалены с помощью техники фасциального шва. Никаких осложнений со стороны вмешательства или зоны пункции артерии не было.

Смена парадигмы оказания помощи раненым и пострадавшим с повреждением кровеносных сосудов.

Наш опыт, систематический обзор литературы и результаты проведенного исследования позволяют пересмотреть алгоритм оказания помощи раненым и пострадавшим с СП. РЭХ сегодня является неотъемлемым компонентом лечебной тактики, не заменяя, а дополняя общепринятые подходы в зависимости от вида и степени повреждения сосуда (Таблица 3). СП труднодоступных локализаций могут быть успешно устранены с помощью РЭХ и гибридных методов.

Повреждения сосудов конечностей в ряде случаев также могут быть устранены путем применения РЭХ, в т.ч. в варианте эндоваскулярного damage control. При отсутствии подходящих для эндоваскулярной реконструкции устройств (стентов/стент-графтов) оптимальным следует признать вариант баллон-ассистированных вмешательств (ВЭБОА).

Наш опыт успешного лечения трех раненных в конечности, доставленных с признаками начинающейся контрактуры в голеностопном суставе, позволяет дополнить классификацию острой ишемии В.А. Корнилова (1971), которая была модифицирована И.М. Самохваловым путем разделения НКИ на раннюю и критическую (2006). Сегодняшние достижения хирургии повреждений, сосудистой хирургии, реаниматологии, средств эфферентной терапии позволили нам выделить из необратимой ишемии, ранее являющейся абсолютным показанием к ампутации конечности, раннюю (ограничение пассивных движений, дистальная контрактура) и позднюю (контрактура в крупном суставе) необратимую ишемию. При ранней «необратимой» ишемии, соответствующей 3А степени классификации И.И. Затевахина (2002), возможны попытки сохранения конечности в травмоцентрах 1-го уровня. Поздняя необратимая ишемия (3Б по И.И. Затевахину) является абсолютным показанием к ампутации.

Таким образом, мы объединили проверенную временем и практикой мирного и военного времени классификацию В.А. Корнилова в модификации И.М. Самохвалова и автора диссертации с одной стороны и утвержденную Минздравом и действующими Клиническими рекомендациями по диагностике и лечению заболеваний нижних конечностей (2016; 2019) классификацию острой ишемии И.И. Затевахина с другой стороны. Объединенная классификация Корнилова-Затевахина предусматривает выделение 5 основных степеней ишемии: 1 степень (компенсированная ишемия по Корнилову), 2 степень (НКИ: 2А – ранняя НКИ, 2Б – критическая НКИ), 3 степень (необратимая: 3А – ранняя, 3Б – поздняя). Общие подходы к хирургической тактике, предложенные в каждой из упомянутых классификаций, заключаются в следующем: отказ от операции или реваскуляризация при 1 степени ишемии, экстренная операция при 2 степени

ишемии, решение вопроса об ампутации (но не обязательная ее ампутация, как предлагалось ранее) при 3 степени ишемии. Унификация терминологии, безусловно, скажется на улучшении взаимопонимания между приверженцами разных классификаций, между военными и гражданскими хирургами, а также позволит проводить параллельный анализ результатов оказания помощи раненым в мирное и военное время, работать в едином правовом поле.

Таблица 3 – Рациональные хирургические подходы к различным видам СП с применением открытых и РЭХ-вмешательств

Степень СП	Морфология повреждения сосуда	Открытая хирургия	РЭХ	Консервативное лечение
I	Минимальная диссекция	Возможна резекция поврежденного участка	Возможно стентирование	Дезагрегантная терапия. Наблюдение
II	Поток-ограничивающая (значимая) диссекция	Резекция поврежденного участка	Стентирование	
III	Пульсирующая гематома, псевдоаневризма или АВФ	Ушивание дефекта сосуда, разобщение АВФ	Стент-графт или ангиоэмболизация	При глубоко расположенных асимптомных аневризмах малого диаметра
IV	Окклюзия артерии	Тромбэктомия, резекция сосуда с протезированием	Реканализация, временное или окончательное НЭП, стент/ стент-графт)	При тромбозе дистальных сегментов без признаков ишемии
V	Разрыв сосуда с экстравазацией	Шов или пластика сосуда Гибридный вариант: ВЭБОА	Стент-графт	Не применимо

Примечание: вид вмешательства определяется индивидуально в конкретной клинической ситуации. Серым цветом выделен предпочтительный способ лечения.

Остановка некомпрессируемого кровотечения из поврежденных кровеносных сосудов живота и таза.

Основой эндоваскулярной остановки кровотечения из сосуда любой локализации является адекватный АСД. Наше исследование показало, что осуществление устойчивого доступа эффективно и не сопровождается осложнениями. Применительно к повреждениям сосудов живота и таза (в т.ч. тяжелым повреждениям паренхиматозных органов) разработан алгоритм действий при поступлении пострадавшего с тяжелой (крайне тяжелой) травмой, где первостепенную роль играет ранний АСД (выполненный в течение первого часа от момента поступления в стационар). Эпизод гипотонии на ДГЭ, высокоэнергетический характер травмы, нарушения показателей газового состава крови должны насторожить хирурга в плане «скрытого» развития шока и, по

нашему мнению, стать показанием к ранней установке интродьюсера (бедренный доступ 4-5 Fr). В случае прогрессирующей нестабильности гемодинамики малый интродьюсер может быть заменен на более крупный с последующей РЭБОА. Современные устройства малого диаметра (например, разработанный совместно с ООО «Минимально инвазивные технологии» баллонный катетер, сопоставимый с интродьюсером 6 Fr) позволяют избежать замены интродьюсеров и выполнять доступ к БА путем первичной установки интродьюсера сразу 6 Fr. (Рисунок 6).

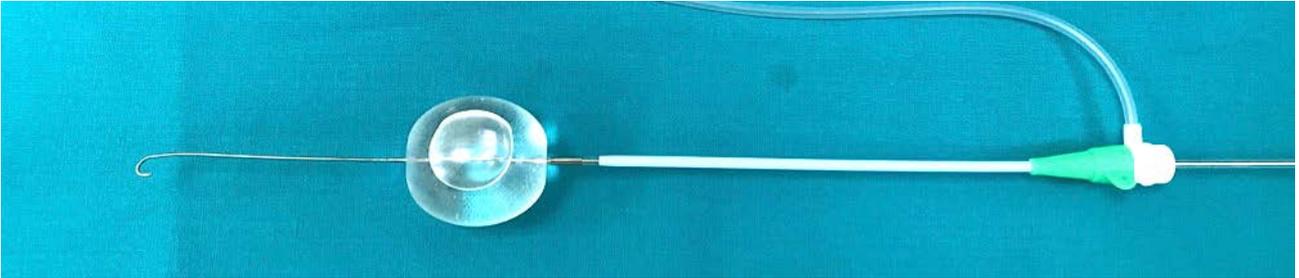


Рисунок 6 – Фотография РЭБОА-катетера МИТ (ООО «МИТ») со встроенным 0,035'' проводником, совместимого с интродьюсером 6 Fr (диаметр при раздувании более 35 мм), обладающего наименьшим профилем среди имеющихся в мире устройств подобного назначения.

При сохраняющейся стабильности гемодинамики и выявлении тяжелого повреждения паренхиматозных органов через данный АСД можно выполнить один из вариантов РЭХ – эмболизацию или стентирование. Этот же доступ может быть использован для инвазивного мониторинга АД. Невозможность РЭХ, техническая неудача при выполнении вмешательства не должны задерживать окончательную остановку кровотечения, и, если показана лапаротомия, она должна быть выполнена. Как временная опция – для подготовки к операции, получения компонентов крови – опять же может быть использована РЭБОА или другой метод проксимального контроля кровотечения (Рисунок 7).

Для выполнения внутрисосудистых диагностических и лечебных вмешательств требуется определенный, в достаточной мере стандартный, набор оборудования и инструментов. Как показал наш опыт, привлечение РЭХ в область хирургии повреждений требует частого сочетания открытых и эндоваскулярных методов лечения. В идеальных условиях противошоковая операционная должна быть оснащена КТ и стационарным ангиографом по типу гибридной операционной, однако зачастую, даже в крупных хорошо оснащенных зарубежных травмоцентрах эндоваскулярные вмешательства выполняют либо на мобильном ангиографе (С-дуге) в противошоковой операционной – так называемой «полу-гибридной» операционной, либо в ангиографической операционной.

Современные технологии в обучении хирургов навыкам сосудистой и эндоваскулярной хирургии.

Особый характер СП, их ургентность, важность в аспекте отдаленного результата лечения обуславливают необходимость оказания помощи таким пострадавшим в условиях травмоцентров 1-го уровня с привлечением опытных травмохирургов, способных комплексно оценить ситуацию и принять верное решение, основанное на осведомленности хирургов в возможностях РЭХ («эндоваскулярное мышление») и, в идеале, владеющих базовыми навыками РЭХ. Создание обучающих курсов, освещающих вопросы применения РЭХ при травмах, становится как никогда актуальным.

С другой стороны, всевозрастающая сложность и расширение спектра РЭХ-вмешательств обуславливает также раннее вовлечение специалистов РХМДиЛ в лечение тяжело пострадавших, которым может потребоваться эндоваскулярное вмешательство. Обучение рентген-хирургов основам хирургии повреждений также в лучшую сторону скажется на качестве оказания помощи раненым и пострадавшим.

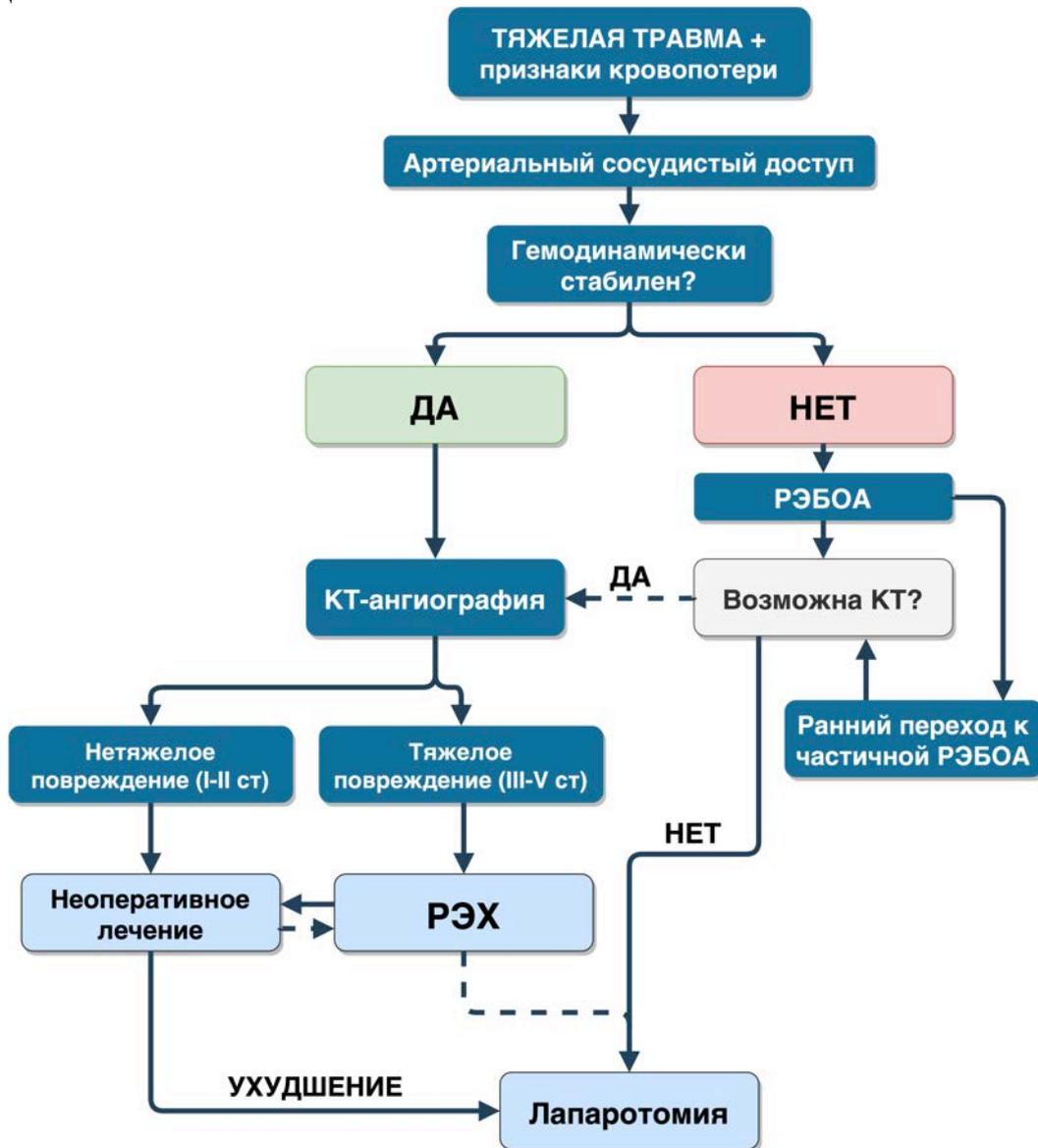


Рисунок 7 – Алгоритм оказания помощи пострадавшему с повреждением сосудов и паренхиматозных органов живота в травмоцентре 1-го уровня.

Для оценки возможностей применения РЭХ при повреждениях сосудов мы провели опрос 75 специалистов общей, сосудистой и рентген-хирургии – членов Российского общества ангиологов и сосудистых хирургов (РОАСХ), членов хирургического форума Surginet, а также подписчиков группы Angiopicture социальной сети Facebook[®]. Несмотря на то, что опрошенные специалисты сошлись во мнении, что обучение общих хирургов навыкам РЭХ позволило бы улучшить качество оказания помощи, только 44% рентген-хирургов поддержали эту инициативу. 81% общих и 67% сосудистых хирургов, наоборот, хотели бы видеть РЭХ в плане подготовки по общей хирургии. Также все специалисты высоко оценили роль РЭХ в лечении ранений и травм, отметив, что основными

препятствиями на пути внедрения РЭХ в хирургию повреждений служат организационные и финансовые аспекты (51% мнений).

Учитывая собственный опыт оказания помощи при СП, а также мнение других специалистов, для обучения более широкого круга специалистов разработаны специальный однодневный курс СМАРТ.РЭБОА (СМАРТ – Современные Методы и Алгоритмы лечения Ранений и Травм), посвященный разным вариантам сосудистого доступа и РЭБОА, и трехдневный курс СМАРТ.АНГИО, включающий как работу на симуляторах, так и сложные вмешательства на животных и трупах.

ВЫВОДЫ

1. Во входящем потоке травмоцентра 1-го уровня сосудистые повреждения мирного времени встречаются в 4% случаев, 90% из них составляют ранения и травмы сосудов конечностей (в том числе у 54% пострадавших они являются компонентом сочетанных травм). Переломы костей конечностей встретились в 56%, сопутствующие повреждения нервных стволов – в 37%, у 26% пострадавших имелись обширные повреждения мягких тканей. Первичное восстановление магистральных артерий выполнено в 34% случаев, у 35% пострадавших артерии (в основном, парные артерии предплечья и голени) были перевязаны. Общая летальность составила 16%. Вероятность летального исхода зависела в первую очередь от тяжести состояния пострадавших на момент поступления ($p=0,031$), качества и объема проведенной инфузионно-трансфузионной терапии ($p=0,027$).

2. Механические травмы сосудов ($p=0,032$), низкое АД на момент поступления ($p=0,003$) являлись независимыми предикторами первичной ампутации конечностей, выполняемой в 29% случаев. Вторичные ампутации выполняли в 3% случаев после реконструктивных операций и в 50% – после вынужденной перевязки магистральных артерий. Независимыми предикторами неблагоприятного функционального исхода при сосудистых повреждениях конечностей являлись обширное повреждение мягких тканей ($p=0,007$) и сопутствующее повреждение крупных нервных стволов ($p<0,001$). Объективная шкала ВПХ-MESS при пороговом значении, равном 7, обладает чувствительностью и специфичностью 93% в определении тех конечностей с сосудистой травмой мирного времени, которые следует ампутировать, и тех, которые возможно сохранить.

3. Рентгенэндоваскулярные методы обладают высокой эффективностью как в выявлении источника кровотечения (100%), так и в его окончательном устранении (кровотечение остановлено в 96% случаев). Наиболее частыми РЭХ-операциями при травмах являются эмболизация артерий паренхиматозных органов живота, тазовых артерий и второстепенных артерий конечностей, а также эндопротезирование аорты и магистральных артерий конечностей. Общая частота осложнений РЭХ-вмешательств достигает 11%, а повлиявших на исход – 4%. Возможность конверсии, а также последовательного применения методов эндоваскулярной и открытой хирургии позволяет свести число осложнений РЭХ к минимуму.

4. Реанимационная эндоваскулярная баллонная окклюзия аорты (РЭБОА) позволяет временно стабилизировать гемодинамику тяжелопострадавших с повреждениями кровеносных сосудов живота и таза,

находящихся в крайне тяжелом или терминальном состоянии, но ее эффективность определяется качеством реаниматологической помощи. 30-дневная выживаемость после РЭБОА напрямую связана с методами восполнения кровопотери. При избыточном введении плазмозамещающих растворов РЭБОА неэффективна в плане отдаленной выживаемости (17%). При раннем введении достаточного объема компонентов крови, наоборот, выживаемость возрастает до 50% ($p=0,002$).

5. Относительно безопасным сроком полной РЭБОА в 1-й зоне является 30 мин. Более длительное перекрытие кровотока в грудной аорте в экспериментах с массивной кровопотерей сопровождается 100% летальностью. Догоспитальная полная РЭБОА, таким образом, может быть применена только при возможности ранней доставки пострадавшего в травмоцентр. Для предотвращения тяжелого ишемического-реперфузионного повреждения следует применять методику частичного перекрытия кровотока в аорте (чРЭБОА), суточная выживаемость при которой может достигать 67% по сравнению с 33% и 0% выживаемостью при прерывистой и полной окклюзии аорты ($p=0,049$).

6. Частота боевых повреждений кровеносных сосудов в современном военном конфликте достигает 10%. Частота ампутаций по первичным показаниям в обследованной группе раненых составила 25%, вторичных ампутаций не было. Разработанная стратегия дифференцированного оказания хирургической помощи с ранним применением устойчивого артериального доступа, временного открытого или эндоваскулярного протезирования, открытых эндоваскулярных и гибридных вмешательств, позволяет снизить число летальных исходов и ампутаций.

7. Разработанные экспериментальные модели острой посттравматической окклюзии магистральной артерии, реализуемой открытым и лапароскопическим способом, позволяют в 100% случаев добиться тромбоза с ангиографической картиной «обрыва контрастирования» для отработки техники открытых и эндоваскулярных реваскуляризирующих вмешательств. Эндоваскулярная петля (лассо), ретривер и обычный сложенный вдвое проводник на созданном стенде-тренажере позволяют в течение <2 мин выполнить реканализацию полностью пересеченного сосуда с диастазом 2–4 см.

8. Неотложное эндоваскулярное протезирование, заключающееся в быстром, но зачастую субоптимальном стентировании (эндопротезировании) окклюзированного сосуда, временно восстанавливает перфузию конечности на срок до 1-3 суток, что сопоставимо по эффективности с обычным (открытым) временным протезированием и может быть использовано для последующей отсроченной реваскуляризации в варианте эндоваскулярного damage control. В эксперименте ближайшая и отдаленная проходимость стентов и стент-графтов достоверно не отличалась – проходимость стентированной артерии сохранялась к 30-м суткам только в 20% случаев.

9. Большинство специалистов (67%) при анкетировании едины во мнении о важности подготовки общих (в т.ч. военных) хирургов по вопросам рентгенэндоваскулярной хирургии. Возрастающее число сосудистых повреждений, вызванных высокоэнергетическими травмами мирного и военного времени, а также тесная интеграция методов эндоваскулярной и гибридной хирургии в ангиотравматологии обуславливают необходимость «перекрестной» подготовки: хирургов – методам РЭХ, а сосудистых хирургов и специалистов рентгенхирургических методов диагностики и лечения – основам хирургии

повреждений в соответствии с разработанными лечебно-диагностическими алгоритмами.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Ультразвуковые методы оценки периферического кровотока, такие как УЗДГ или FAST-D-протокол представляют собой важный скрининговый метод выявления сосудистых повреждений. При получении на экране классической трехфазной кривой (магистральный кровоток) можно с высокой точностью исключить повреждение магистральной артерии; при магистрально измененном (двухфазная кривая) или коллатеральном кровотоке (однофазная кривая) требуется дополнительная диагностика.

2. При нестабильной гемодинамике пострадавшего объем сосудистого вмешательства должен быть сокращен и заключаться в восстановлении перфузии конечности наиболее простым и доступным способом (временное открытое или эндоваскулярное протезирование, в ближайшей перспективе – экстракорпоральная перфузия конечности). Использование эндоваскулярных методов гемостаза при нестабильной гемодинамике не только оправдано, но в некоторых случаях (труднодоступные зоны) является единственно возможным способом остановки тяжелого кровотечения.

3. Шкала оценки тяжести повреждения конечности ВПХ-MESS позволяет объективизировать показания к ампутации конечности при сосудистой травме мирного времени. При значениях индекса ВПХ-MESS менее 7 конечность целесообразно сохранять. В специализированных стационарах решение об ампутации следует принимать индивидуально и руководствоваться общим состоянием пострадавшего и наличием сочетанных жизнеугрожающих повреждений.

4. Ранний (при поступлении пострадавшего в травмоцентр) артериальный доступ малого диаметра (4-6 Fr) следует устанавливать каждому тяжелопострадавшему с повреждениями живота, таза, нижних конечностей, сопровождающимися острой кровопотерей. Установленный интродьюсер позволяет: при СП конечностей – уточнить зону и тип повреждения сосуда, выполнить эндоваскулярную реконструкцию или проксимальный контроль с помощью баллонного катетера, окончательно подтвердить сохранение перфузии конечности после выполненного открытого или РЭХ вмешательства; при травмах сосудов живота и таза – проводить непрерывный инвазивный гемодинамический мониторинг, инфузионно-трансфузионную терапию; выполнять РЭХ; производить РЭБОА при нестабильной гемодинамике пострадавшего; осуществлять заборы артериальной крови для анализа газов и кислотно-основного состояния.

5. Все случаи высокоэнергетических закрытых механических травм груди, сопровождающиеся тяжелыми повреждениями костного каркаса (первых ребер, лопатки, множественными переломами ребер), расширением тени средостения по данным рентгенографии должны настораживать в плане возможного повреждения грудной аорты и требовать дополнительной диагностики. При выявлении по данным КТ-ангиографии разрыва II-III-IV степени наилучшим выбором является имплантация стент-графта.

6. РЭБОА показана при сосудистых повреждениях живота и таза, приводящих к продолжающемуся полостному кровотечению и нестабильности гемодинамики. Выполнять вмешательство имеет смысл при возможности

немедленно реализовать протокол массивной гемотрансфузии. Время полной окклюзии аорты в 1-й зоне не должно превышать 30 минут. Спустя 10–15 мин полной окклюзии следует, если позволяет клиническая ситуация, сместить баллон в 3-ю зону или перейти к частичной окклюзии с поддержанием градиента давлений выше и ниже баллона 2:1 и пульсового давления в бедренном интродьюсере 5–7 мм рт.ст. При аналогичных травмах с сохранением стабильной гемодинамики методом выбора является эмболизация источника кровотечения. РЭБОА и эмболизация могут выполняться одновременно как элементы стратегии эндоваскулярного варианта damage control.

7. С целью сокращения кровопотери при некомпенсируемых полостных кровотечениях (живота и таза) целесообразно применять методы эндоваскулярного гемостаза (РЭБОА) уже на догоспитальном этапе, если время ориентировочной доставки пострадавшего в стационар не превышает 15–20 мин (лучше с помощью вертолетной эвакуации). Для эффективного и безопасного проведения вмешательства врач специализированной бригады скорой помощи (анестезиолог-реаниматолог) должен пройти курс подготовки по технике РЭБОА и иметь соответствующее оснащение. Принимающий стационар, в свою очередь, должен быть немедленно осведомлен о выполнении РЭБОА на догоспитальном этапе, чтобы своевременно предпринять меры по предотвращению нежелательных последствий.

8. В случае ранения магистральной артерии труднодоступной локализации перспективным вариантом лечения является эндопротезирование сосуда. При полном пересечении сосуда восстановить кровоток возможно из двух доступов (проксимального и дистального), выполнив захват проводника в гематоме с помощью ретривера, лассо или сложенного вдвое проводника, его экстернализацию с последующей имплантацией по нему подходящего стент-графта. При отсутствии технической возможности имплантировать стент-графт, с целью минимизации кровопотери и травматичности доступа целесообразно выполнить временную баллонную окклюзию артерии (ВЭБОА) проксимальнее или непосредственно в зоне разрыва.

9. В современных условиях оказание помощи раненым с боевыми повреждениями кровеносных сосудов должно обязательно предусматривать возможность выполнения эндоваскулярных вмешательств, направленных на временную или окончательную остановку кровотечения (ангиография, РЭБОА/ВЭБОА, эмболизация, стентирование, эндопротезирование). В оснащение многопрофильных военных госпиталей (3-й уровень), а также групп хирургического усиления медицинских частей 2-го уровня должна входить мобильная С-дуга и базовый набор расходного имущества для РЭХ. Качество оказания помощи раненым всецело зависит от подготовки хирургов, в т.ч. на специализированных ангиотравматологических курсах.

10. Разработанный баллонный катетер, совместимый с интродьюсером 6 Fr, позволяет снизить вероятность развития осложнений в месте пункции и может быть использован для окклюзии магистрального сосуда любого диаметра. Созданное устройство для автоматической РЭБОА позволяет повысить безопасность проведения окклюзии аорты после осуществления артериального сосудистого доступа путем автоматического поддержания частичного перекрытия кровотока в аорте (75–85% площади поперечного сечения аорты), в т.ч. в сложных условиях догоспитального этапа или боевой обстановки.

СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ИЗДАНИЯХ, РЕКОМЕНДОВАННЫХ ВАК РФ

1. Белевитин, А.Б. Проблема временной остановки наружного кровотечения при ранениях магистральных сосудов конечностей от Н.И.Пирогова до наших дней / А.Б. Белевитин, И.М. Самохвалов, Н.Ф. Фомин [и др.] // Вестн. Рос. воен.-мед. акад. – 2010. – спецвыпуск. – С. 13–18.
2. Reva, V.A. Operative management of penetrating carotid artery injuries // V.A. Reva, A.A. Pronchenko, I.M. Samokhvalov // Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. – 2011. – Vol. 42, N. 1. – P. 16–20.
3. Самохвалов, И.М. Догоспитальная помощь при ранениях магистральных сосудов конечностей / И.М. Самохвалов, В.А. Рева, А.А. Пронченко, А.Б. Селезнев // Воен.-мед.журн. – 2011. – Т.332, №9. – С.4–11.
4. Самохвалов, И.М. Применение кровоостанавливающего жгута при массивном венозном кровотечении (клинический случай) / И.М. Самохвалов, В.А. Рева, А.А. Пронченко, А.Н. Петров // Врач скор. пом. – 2011. – № 11. – С. 48–51.
5. Самохвалов, И.М. Оказание догоспитальной помощи пострадавшим с повреждением магистральных сосудов конечностей в мегаполисе / И.М. Самохвалов, В.А. Рева, А.А. Пронченко, А.Н. Петров // Врач скорой помощи. – 2012. – № 9. – С. 17–23.
6. Самохвалов, И.М. Применение устройства для локальной компрессии поврежденных магистральных артерий конечностей / И.М. Самохвалов, А.А. Пронченко, В.А. Рева // Воен.-мед. журн. – 2012. – Т. 333, № 11. – С. 39–44.
7. Самохвалов, И.М. Повреждение подключичной артерии при тяжелой травме плечевого пояса и груди / И.М. Самохвалов, В.А. Рева, А.А. Пронченко, А.Н. Петров // Вестн. хир. им. Грекова. – 2013. – Т. 172, № 1. – С. 45–49.
8. Самохвалов, И.М. Перспективные технологии оказания хирургической помощи раненым / И.М. Самохвалов, В.И. Бадалов, В.А. Рева [и др.] // Воен.-мед. журн. – 2013. – Т. 334, № 6. – С. 24–30.
9. Самохвалов, И.М. Имплантация стент-графта по поводу разрыва грудной аорты при политравме / И.М. Самохвалов, А.Н. Петров, А.А. Ерофеев [и др.] // Вестн. хир. им. Грекова. – 2013. – Т. 172, № 5. – С. 101–107.
10. Samokhvalov, I.M. The military surgical legacy of Vladimir Oppel (1872-1932) / I.M. Samokhvalov, N.A. Tyniankin, V.A. Reva, T.E. Rasmussen // J. Trauma Acute Care Surg. – 2013. – Vol. 74, N. 4. – P. 1178–1181.
11. Самохвалов, И.М. Профессор Вадим Алексеевич Корнилов (1937-1993) – один из основоположников учения о сосудистой травме / И.М. Самохвалов, В.А. Рева, В.Ю. Ульченко // Вестн. хир. им. Грекова. – 2014. – Т. 173, № 2. – С. 105–111.
12. Рева, В.А. Научно-практический курс «Сосудистая хирургия для военно-полевых хирургов» в Ульме / В.А. Рева // Воен.-мед. журн. – 2014. – Т. 335, № 3. – С. 93–95.
13. Самохвалов, И.М. Вклад профессора В.А. Корнилова (1937-1993) в сосудистую хирургию / И.М. Самохвалов, В.А. Рева // Ангиол. и сосуд. хир. – 2014. – № 3. – С. 142–144.

14. Рева, В.А. Стентирование поверхностной бедренной артерии при ее боковом повреждении / В.А. Рева, А.Н. Петров, И.М. Самохвалов // *Диагн. и интерв. радиол.* – 2014. – Т. 8, № 3. – С. 105–108.

15. Самохвалов, И.М. Хирургические аспекты огнестрельных повреждений артерий конечностей ранящими снарядами современного стрелкового оружия / И.М. Самохвалов, В.А. Рева, А.В. Денисов [и др.] // *Воен.-мед. журн.* – 2014. – Т. 335, № 10. – С. 19–24.

16. Рева, В.А. Эндovasкулярная хирургия на войне / В.А. Рева, И.М. Самохвалов // *Ангиол. и сосуд. хир.* – 2015. – № 2. – С. 166–175.

17. Рева, В.А. Селективная эмболизация ветвей глубокой артерии бедра при колото-резаном ранении / В.А. Рева, М.А. Киселев, С.А. Платонов [и др.] // *Вестн. хир. им. Грекова.* – 2015. – Т. 174, № 3. – С. 67–69.

18. Рева, В.А. Эндovasкулярная баллонная окклюзия аорты: применение на стационарном и догоспитальном этапах скорой медицинской помощи / В.А. Рева, Е.А. Семенов, А.Н. Петров, И.М. Самохвалов // *Скорая мед. пом.* – 2016. – № 3. – С. 30–38.

19. Reva, V.A. Development of an ovine model of occlusive arterial injury for the evaluation of endovascular intervention / V.A. Reva, J.J. Morrison, A.V. Denisov [et al.] // *Vascular.* – 2016. – Vol. 24, N. 5. – P. 501–509.

20. Samokhvalov, I.M. Contributions of the surgeon Nikolai Korotkov (1874-1920) to the management of extremity vascular injury / I.M. Samokhvalov, V.A. Reva, N.F. Fomin, T.E. Rasmussen // *J. Trauma Acute Care Surg.* – 2016. – Vol. 80, N.2. – P. 341–346.

21. Почтарник, А.А. Применение эндovasкулярных методов лечения при полном пересечении магистральной артерии / А.А. Почтарник, В.А. Рева // *Диагн. и интерв. радиол.* – 2017. – Т. 11, № 4. – С. 62–69.

22. Рева, В.А. Лапароскопическая модель повреждения магистральной артерии для сравнительного изучения эффективности открытых и эндovasкулярных вмешательств при травмах сосудов / В.А. Рева, И.М. Самохвалов, М.В. Сохранов [и др.] // *Политравма.* – 2017. – №4. – С.67–75.

23. Reva, V.A. Field and en route resuscitative endovascular occlusion of the aorta: A feasible military reality? / V.A. Reva, T.M. Hörer, A.I. Makhnovskiy [et al.] // *J. Trauma Acute Care Surg.* – 2017. – Vol. 83, N. 1 (Suppl. 1). – P. S170–S176.

24. Madurska, M.J. The compatibility of CT scanning and partial-REBOA: A large animal pilot study / M.J. Madurska, J.O. Jansen, V.A. Reva [et al.] // *J. Trauma Acute Care Surg.* – 2017. – Vol. 83, N. 3. – P. 557–561.

25. Coccolini, F. Splenic trauma: WSES classification and guidelines for adult and pediatric patients / F. Coccolini, G. Montori, F. Catena [et al.] // *World J. Emerg. Surg.* 2017. – Vol. 12, N. 40. – P. [1–26].

26. Reva, V.A. Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta: what is the optimum occlusion time in an ovine model of hemorrhagic shock? / V.A. Reva, Y. Matsumura, T. Hörer [et al.] // *Eur. J. Trauma Emerg. Surg.* – 2018. – Vol. 44, N. 4. – P. 511–518.

27. Sadeghi, M. The use of aortic balloon occlusion in traumatic shock: first report from the ABO trauma registry / M. Sadeghi, K.F. Nilsson, T. Larzon T [et al.] // *Eur. J. Trauma Emerg. Surg.* – 2018. – Vol. 44, N. 4. – P. 491–501.

28. Davidson, A.J. The pitfalls of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta: risk factors and mitigation strategies / A.J. Davidson, R.M. Russo, V.A. Reva [et al.] // *J. Trauma Acute Care Surg.* 2018. – Vol. 84, N. 1. – P. 192–202.

29. Reva, V.A. Defining degree of aortic occlusion for partial-REBOA: a computed tomography study on large animals / V.A. Reva, Y. Matsumura, I.M. Samokhvalov [et al.] // *Injury.* – 2018. – Vol. 49, N. 6. – P. 1058–1063.

30. Matsumura, Y. Distal pressure monitoring and titration with percent balloon volume: feasible management of partial resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (P-REBOA) / Y. Matsumura, A. Higashi, Y. Izawa [et al.] // *Eur. J. Trauma Emerg. Surg.* 2019 Nov 6. – P. [1–7].

31. Рева, В.А. Реанимационная эндоваскулярная баллонная окклюзия аорты (РЭБОА): первый опыт одного травмоцентра / В.А. Рева, Е.А. Семенов, А.Н. Петров, И.М. Самохвалов // *Диагн. и интерв. радиол.* – 2019.– Т. 13, №4. – С. 27–35.

32. Coccolini, F. Aortic balloon occlusion (REBOA) in pelvic ring injuries: preliminary results of the ABO Trauma Registry / F. Coccolini, M. Ceresoli, D.T. McGreevy [et al.] // *Updates Surg.* – 2020 – Vol. 72, N. 2 – P. 527–536.

33. Coccolini, F. Liver trauma: WSES 2020 Guidelines / F. Coccolini, R. Coimbra, C. Ordonez [et al.] // *World J. Emerg. Surg.* – 2020 – Vol. 15, N. 1. – P. [1–15].

34. McGreevy, D.T. Feasibility and clinical outcome of REBOA in patients with impending traumatic cardiac arrest / D.T. McGreevy, F.M. Abu-Zidan, M. Sadeghi [et al.] // *Shock.* – 2020. – Vol. 54, N. 2 – P. 218–223.

35. Reva, V.A. The role of endovascular stents in an experimental model of traumatic arterial occlusion - the temporary endo-shunt / V.A.Reva, M.Madurska, I.Samokhvalov [et al.]// *J. Endovasc. Resusc. Trauma Management.* – 2020. – Vol. 4, N. 1. – P. 40–48.

36. Reva, V.A. Extracorporeal cardio-pulmonary resuscitation (E-CPR) in traumatic cardiac arrests caused by penetrating thoracic injuries: a series of two cases / V.A. Reva, D.T. McGreevy, E.A. Sinyavskiy [et al.] // *J. Endovasc. Resusc. Trauma Management.* – 2020. – Vol. 4, N. 1. – P. 63–68.

37. Kobayashi, L. American Association for the Surgery of Trauma – World Society of Emergency Surgery guidelines on diagnosis and management of peripheral vascular injuries / L. Kobayashi, R. Coimbra, A.M.O. Goes, V. Reva [et al.] // *J Trauma Acute Care Surg.* – 2020. – Vol. 89, N. 6. – P. 1183–1196.

38. Kobayashi, L. American Association for the Surgery of Trauma – World Society of Emergency Surgery guidelines on diagnosis and management of abdominal vascular injuries / L. Kobayashi, R. Coimbra, A.M.O. Goes, V. Reva [et al.] // *J Trauma Acute Care Surg.* – 2020. – Vol. 89, N. 6. – P. 1197–1211.

39. Reva, V.A. Ultrasound-guided versus blind vascular access followed by REBOA on board of a medical helicopter in a hemorrhagic ovine model / V.A. Reva, A.V. Perevedentcev, A.A. Pochtarnik [et al.] // *Injury.* – 2020. – P. [1–7].

Патенты на изобретения и полезные модели:

1. Патент на полезн. модель 172757 РФ, МПК А61М 25/10 Устройство для временной окклюзии магистральных сосудов и аорты / Ю.Г. Андреев, Л.С. Рафф, И.М. Самохвалов, В.А. Рева, Л.С. Коков, М.Ш. Хубутия; № 2016142511; заявл.

28.10.2016; опубл. 21.07.2017 // Изобретения. Полезные модели: офиц. бюл. – М.: ФИПС, 2017. – № 21.

2. Патент на изобретение 2020107562 РФ, МПК А61 М25/01 Способ эндоваскулярной баллонной окклюзии аорты при обширных онкологических операциях на органах малого таза / А.Д. Каприн, С.А. Иванов, Л.О. Петров, А.Л. Потапов, В.В. Кучеров, Г.О. Рухадзе, В.Н. Дербуггов, А.П. Петросян, В.А. Рева, А.И. Бабич, А.А. Карпов; заявл. 19.02.2020; опубл. 20.05.2020 // Изобретения. Полезные модели: офиц. бюл. – М.: ФИПС, 2020. – № 14.

3. Патент на изобретение 2018143290 РФ, МПК А61В 17/42 Способ остановки кровотечения в акушерстве / О.В. Рязанова, Ю.С. Александрович, В.А. Резник, Н.Н. Рухляда, Л.А. Романова, А.А. Шмидт, В.А. Рева; заявл. 06.12.2018; опубл. 08.06.2020 // Изобретения. Полезные модели: офиц. бюл. – М.: ФИПС, 2020. – № 16.

СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АСД	артериальный сосудистый доступ
ВП	временное протезирование
ВЭБОА	временная эндоваскулярная окклюзия артерии
ДГП	догоспитальная помощь (ДГЭ – догоспитальный этап)
ЗПА	закрытое повреждение грудной аорты
ИК	искусственное кровообращение
И-Р	ишемия-реперфузия
ИТТ	инфузионно-трансфузионная терапия
КТ	компьютерная томография (КТА – КТ-ангиография)
ЛУ	лечебное учреждение
МС	магистральный сосуд (МА – артерия, МВ – вена)
НКИ	некомпенсированная ишемия
НЭП	неотложное эндоваскулярное протезирование
ОШ	отношение шансов
ПСК	пиковая скорость кровотока
РЭБОА	реанимационная эндоваскулярная баллонная окклюзия аорты (пРЭБОА – полная, чРЭБОА – частичная, прРЭБОА – прерывистая)
РЭХ	рентгенэндоваскулярная хирургия
САД	систолическое артериальное давление
СЗП	свежезамороженная плазма
СП	сосудистое повреждение
УЗДГ	ультразвуковая доплерография (УЗДС – ультразвуковое дуплексное сканирование)
ЧМТ	черепно-мозговая травма

Наименования артерий сокращены: БА – бедренная артерия (ОБА – общая, ПБА – поверхностная, ГБА – глубокая); ВЯА – верхняя ягодичная, ЗББА – задняя большеберцовая, ПББА – передняя большеберцовая, ПкА – подколенная, ПКА – подключичная, Пла – плечевая, ПМА – подмышечная, ПА – подвздошная артерия (ОПА – общая, НПА – наружная, ВПА – внутренняя).