



© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017
УДК 616.13-001-036.17-089.819

Временное эндоваскулярное протезирование артерий — новое решение в лечении тяжелой сосудистой травмы*

РЕВА В.А., кандидат медицинских наук, майор медицинской службы (vreva@mail.ru)¹
САМОХВАЛОВ И.М., заслуженный врач РФ, профессор, полковник медицинской службы в отставке¹
ЮДИН А.Б., кандидат медицинских наук, полковник медицинской службы²
ДЕНИСОВ А.В., кандидат медицинских наук, подполковник медицинской службы¹
ТЕЛИЦКИЙ С.Ю., кандидат медицинских наук, майор медицинской службы¹
СЕМЕНОВ Е.А., старший лейтенант медицинской службы¹
ЖЕЛЕЗНЯК И.С., доктор медицинских наук, подполковник медицинской службы¹
МИХАЙЛОВСКАЯ Е.М., кандидат медицинских наук¹

¹Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург; ²Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины МО РФ, Санкт-Петербург

Проведен эксперимент по оценке возможности временного эндоваскулярного протезирования наружной подвздошной артерии. Двум подопытным животным (овцам) после моделирования острого окклюзивного тромбоза участка левой наружной подвздошной артерии протяженностью 3 см была выполнена реканализация зоны повреждения проводником и имплантация нитинолового стента с параметрами 7 мм × 5 см, покрытого полиуретаном. Срок наблюдения составил 30 сут. Антикоагулянтные и дезагрегантные препараты не назначали. Контрольные ультразвуковые исследования и компьютерная томография в динамике показали, что один стент остался проходимым, а другой тромбировался к третьим суткам эксперимента, что не сказалось на функции конечности. Таким образом, метод эндоваскулярного протезирования артерий позволяет временно восстановить кровоток в поврежденной артерии и в перспективе может стать одним из средств оказания помощи тяжелораненым и пострадавшим с повреждением магистральных артерий.

К л ю ч е в ы е с л о в а: ранение магистральных сосудов, эндоваскулярная хирургия, временное протезирование артерий.

Reva V.A., Samokhvalov I.M., Yudin A.B., Denisov A.V., Telitskii S.Yu., Semenov E.A., Zheleznyak I.S., Mikhailovskaya E.M. — Temporary endovascular arterial shunting — a new solution for treatment of severe vascular injury. We completed experiments for assessment of the possibility of implementation of our conception of the temporary intravascular shunting (TIS) on a new laparoscopic model of acute occlusive thrombosis of the external iliac artery (EIA). After making thrombosis of the 3-cm portion of the left EIA of two sheep we performed recanalization of a zone of injury by a guide wire followed by a nitinol 7 mm × 5 cm polyurethane covered stent-graft implantation, what took approximately 60 minutes. Animals were followed for 30 days. Anticoagulants and antiplatelet drugs were not administered. Control ultrasound examinations and computed tomography showed that one stent remained patent and another stent thrombosed by postoperative day 3 that did not contribute to limb function. Thus, a proposed method of TIS allows temporarily restoring of blood flow in an injured artery, and might become one of the means of treatment of severely injured patients with major arterial injuries.

К е у w o r d s: major artery injury, endovascular surgery, temporary shunting.

Ранения и травмы магистральных кровеносных сосудов представляют одну из самых сложных проблем современной военно-полевой хирургии. Быстрая доставка раненых в ле-

чебное учреждение, правильная диагностика и своевременно предпринятое восстановление кровотока являются основой успешного лечения таких пациентов.

*Данное исследование проведено при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых — кандидатов наук МК-7508.2016.7.



Военно-полевая хирургия в XXI в. получила существенное развитие. Изменение общей парадигмы оказания помощи раненым на войне, создание новых алгоритмов хирургической помощи, внедрение новых технологий и доступность высокотехнологичных «гражданских» разработок для применения в передовых госпиталях позволяют во многом пересмотреть организацию и методы оказания помощи раненым в лечебных учреждениях 2-го и 3-го уровней. «Сокращенная специализированная» (квалифицированная) хирургическая помощь предусматривает выполнение неотложных и срочных операций, направленных на устранение жизнеугрожающих последствий ранения и предотвращение тяжелых осложнений, основными из которых являются необратимые кровопотеря и ишемия конечности, возникающие при тяжелом повреждении магистральных сосудов [1].

Для борьбы с указанными последствиями сосудистых повреждений в передовых госпиталях отечественная военно-полевая хирургия со времен войны в Афганистане широко применяет метод *временного протезирования* (ВП) магистральных артерий, показавший по данным многочисленных исследований хорошие результаты [3, 11, 14]. Тем не менее даже в опытных руках эта операция может длиться несколько часов, а потому не всегда оптимальна для пациентов в крайне тяжелом состоянии, которым показано применение тактики многоэтапного хирургического лечения («*damage control*») [14]. С другой стороны, происходящая в наши дни «эндоваскулярная революция», проявляющаяся в повсеместном внедрении эндоваскулярной хирургии, все шире затрагивает область хирургии поврежденных и военно-полевой хирургии [2, 4, 6, 7]. Применительно к травме была разработана концепция «*damage control interventional radiology*» (многоэтапного хирургического лечения с использованием методов интервенционной рентгенологии), предусматривающая возможность раннего применения лучевых методов диагностики и эндоваскулярных методов лечения посттравматических кровотечений [8]. Эндоваскулярные методы были многократно применены для лечения ра-

ненных в госпиталях 3-го уровня Коалиционных сил в ходе войн в Ираке и Афганистане [5, 6, 9, 10, 12, 15]. Однако случаи применения стент-графтов при травмах сосудов мирного и военного времени до сих пор описано не было.

В течение последних десятилетий ВП артерий заняло определенную нишу в лечении раненых и пострадавших с сосудистой травмой [3, 13, 14]. Тем не менее операция ВП, представляющая собой возобновление кровотока с помощью полимерной трубки, сама по себе может оказаться достаточно трудоемкой, длительной и сопровождаться существенной кровопотерей, и это вносит негативный вклад в течение травматической болезни [14]. Современные малоинвазивные технологии позволяют избежать этих недостатков, что нашло отражение в развитии предложенной нами идеи временного эндоваскулярного протезирования.

Цель исследования

Оценка в эксперименте возможности и целесообразности применения *временного эндоваскулярного протезирования* (ВЭП) в случае острой травмы магистральной артерии.

Материал и методы

На двух подопытных животных (овцы эдильбаевской породы) массой 41 и 44 кг проведено моделирование острого артериального тромбоза. В процессе эксперимента выполнялись требования «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов и в иных научных целях» (Страсбург, 1986).

За сутки перед операцией животных не кормили, оставляя свободным доступ к воде. С целью премедикации внутримышечно вводили по 2 мл тилетамина с золазепамом (препарат «Золетил-100») и после доставки в операционную выполняли интубацию трахеи. Поддерживание анестезии проводили изофлураном (2–4 об.%) с дополнительным введением золетила по необходимости. После размещения животного на операционном столе в положении «на спине» сбрасывали шерсть в области шеи и живота, подготавливали операционное поле. Через доступ на шее выполняли эндоваскуляр-



ный этап вмешательства, через доступ на животе — лапароскопическое моделирование артериального тромбоза.

Коротким разрезом в левой боковой области шеи обнажали левую сонную артерию и устанавливали интродьюсер 8 Fr для мониторинга артериального давления, ангиографии и последующего эндопротезирования (имплантации стент-графта), а также устанавливали интродьюсер 6 Fr в левую яремную вену для поддерживающей инфузионной терапии.

В брюшную полость животного вводили 4 лапароскопических порта — два диаметром 10 мм и два — 5 мм. Первый устанавливали по Хассену под мечевидным отростком и в брюшную полость нагнетали углекислый газ с поддержанием давления 15 мм рт. ст. Второй порт вводили каудальнее на условной линии, соединяющей подвздошные ости. Два 5-мм порта вводили на 3–4 см кнутри от остей подвздошных костей с обеих сторон (рис. 1)*. В положении Тренделенбурга на правом боку рассекали париетальную брюшину слева от мочевого пузыря и выделяли *наружную подвздошную артерию* (НПА) на протяжении 5–6 см, отводя подвздошно-бедренный лимфатический узел в сторону.

Для моделирования тромбоза участка артерии протяженностью 3 см использовали многократное наложение-снятие лапароскопического диссектора и/или иглодержателя. Через 30 мин с отжатого с помощью лапароскопических инструментов повреждаемого участка артерии зажимы снимали. В случае сохранения пульсации НПА процедуру повторяли еще на 15 мин и далее — до достижения тромбоза. При прекращении пульсации выполняли диагностическую ангиографию, чем подтверждали окклюзивный характер тромбоза.

Для ангиографии через интродьюсер в сонной артерии по 260-см проводнику заводили многоцелевой диагностический катетер 5 Fr в устье левой НПА и с помощью С-дуги (SM-20HF, Listem Corporation, Южная Корея) выполняли серию снимков с контрастным веществом «Сканлюкс-300» (рис. 2). При получении

картины «стоп-контраста» констатировали достижение тромбоза, лапароскопические инструменты удаляли, выполняли десуфляцию брюшной полости, раны брюшной стенки ушивали и спустя 1 ч переходили к эндоваскулярному этапу эксперимента.

После системной гепаринизации в дозе 50 ЕД/кг массы тела интродьюсер в сонной артерии меняли на 11 Fr, а диагностический проводник — на интервенционный проводник средней жесткости, которым выполняли реканализацию тромбированного участка артерии. После реканализации кончик проводника устанавливали в области подколенной артерии и по нему заводили в область тромбоза нитиноловый самораскрывающийся стент, покрытый полиуретаном (стент-графт), размерами 7 мм × 5 см (ООО «МИТ», Россия). Ни пре-, ни постдилатацию стент-графта не выполняли во избежание дистальной эмболии тромботическими массами. После выполнения контрольной ангиографии инструменты извлекали и отверстие в сонной артерии ушивали непрерывным швом полипропиленовой нитью. Рану закрывали кожным степлером.

Для контроля проходимости стент-графта использовали ультразвуковой сканер S6 Pro (Соноскейп, КНР). УЗИ с измерением качественных и скоростных показателей кровотока выполняли перед операцией (рис. 3а), после моделирования тромбоза, через 1 ч после имплантации стент-графта, через 1, 3, 7, 14 сут после операции и на 30-е сутки перед выведением из эксперимента. Кроме того, на 14-е сутки выполняли *компьютерно-томографическую* (КТ) ангиографию (16-срезовый томограф Toshiba Aquilion, Япония) для детальной оценки кровотока в поврежденной конечности. После выведения из наркоза животных помещали в виварий с ежедневным наблюдением и регулярным обследованием. В послеоперационный период дезагрегантные и антикоагулянтные препараты не назначали, дважды в сутки внутримышечно вводили по 1 г цефазолина на протяжении 5 дней. Животных выводили из эксперимента на 30-е сутки путем введения в наркоз и внутривенной инъекции концентрированного раствора хлористого калия.

*См. рисунки на с. 4 вклейки.



По каждому эксперименту вели протокол исследования, где, помимо морфометрических данных и общих сведений об операции, учитывали время, затраченное на достижение артериального тромбоза (без учета времени самой операции), а также продолжительность эндоваскулярного этапа операции (от замены интродьюсера в сонной артерии до контрольной ангиографии после эндопротезирования).

Результаты и обсуждение

Обоим животным удалось выполнить весь объем предполагаемого вмешательства. На достижение артериального тромбоза потребовалось 60 и 90 мин соответственно. По данным УЗИ и контрольной ангиографии были определены признаки окклюзивного тромбоза НПА. На операцию эндопротезирования НПА было потрачено соответственно 40 и 60 мин, израсходовано 80 и 100 мл контрастного вещества и по 3000 ЕД гепарина. Наибольшее время потребовалось для реканализации поврежденного участка артерии через тромботические массы. В обоих случаях данные ангиографии свидетельствовали о хорошем раскрытии стент-графта с учетом исходного диаметра НПА животных (6 мм). Однако УЗИ показало пристеночное отжатие тромбов и неполное прилегание стент-графта (рис. 3б). Отмечено гладкое течение послеоперационного периода. Кожные скобки и швы были удалены на 14-е сутки.

В результате тромбоза левой НПА произошло значимое снижение систолической скорости кровотока в бедренной артерии (с $62,6 \pm 9,8$ до $15,6 \pm 1$ см/с), в то время как в правой НПА кровотока существенно не изменился — с $46,5 \pm 10,1$ до $60,6 \pm 23,1$ см/с. После эндопротезирования скорость кровотока в левой НПА возросла двукратно (до $27,6 \pm 13,9$ см/с), не достигнув, однако, базовых значений вследствие спазма и эмболии дистальных ветвей рыхлыми тромботическими массами, которые были выявлены при контрольной ангиографии у обоих животных. Последующие обследования с помощью УЗИ регистрировали прежние скоростные показатели кровотока в нижних конечностях: на уровне 20–25 см/с слева и 40–50 см/с справа. При этом только у первого животного на протяжении всего периода наблюдения сохранялся магистральный крово-

ток в артериях левой нижней конечности, а у второго с 3-х суток эксперимента отмечено появление коллатерального кровотока вследствие внутривенного тромбоза, что было подтверждено данными КТ-ангиографии (рис. 4). Тромбоз стента никак не повлиял на функцию поврежденной конечности: оба животных свободно передвигались в пределах вольера в течение всего срока наблюдения, прихрамывая лишь в 1-е сутки послеоперационного периода. При посмертном изучении зоны операции выявлена инфильтрация мягких тканей, повреждаемый участок артерии синюшной окраски с пристеночными организованными тромботическими массами. У второго животного отмечен окклюзивный тромбоз стента.

Наше исследование продемонстрировало возможность применения ВЭП с использованием стент-графтов при острых посттравматических тромбозах артерий конечностей. По аналогии с ВП методика ВЭП позволяет временно восстановить кровотока в поврежденной артерии, однако выполняется «дистанционно» без обязательной срочной операции в самой зоне повреждения. При наличии подготовленного специалиста из группы усиления и соответствующего оснащения, предусмотренного для оказания «оптимальной» специализированной хирургической помощи [1, 2], реканализация поврежденного артериального сегмента, заведение и раскрытие стента (стент-графта) могут занять меньше времени, сопровождаться меньшей травматичностью и кровопотерей, чем выполнение открытой операции. При повреждении труднодоступных артерий у тяжелораненых в нестабильном состоянии ВЭП может стать методом выбора.

Проходимость установленного стент-графта также не будет уступать таковой при использовании ВП. В нашем исследовании, несмотря на развитие внутривенного тромбоза у одного животного, данный стент-графт был проходим в течение 1 сут даже при отсутствии антикоагулянтной терапии. В реальных условиях этого может быть достаточно для стабилизации состояния раненого, позволяющей выполнить окончательное восстановление кровотока, либо для эвакуации раненого в лечебное учреждение



4–5-го уровня. В случае необходимости может быть выполнено повторное эндоваскулярное и/или открытое реконструктивное вмешательство, исходя из клинической картины и результатов КТ или традиционной ангиографии.

Пилотный характер данного исследования с малым количеством вовлеченных животных не позволяет однозначно сформулировать показания к применению метода ВЭП. Сам термин «временное эндоваскулярное протезирование», введенный впервые, возможно, потребует дальнейшего уточнения в связи с тем, что, несмотря на аналогичность с традиционным ВП, метод предусматривает в первую очередь быструю непрецизионную установку стент-графта для остановки кровотечения и/или устранения тяжелой ишемии в передовых лечебных учреждениях, что не обязательно потребует извлечения стента в последующем.

Дополнительные исследования и клиническая апробация в будущем позволят уточнить терминологию, показания и противопоказания к применению

метода, хотя уже сейчас становится очевидной возможность более широкого использования эндоваскулярной хирургии при боевых повреждениях сосудов.

ВЫВОДЫ

1. Временное эндоваскулярное протезирование является одним из возможных вариантов лечения острой травмы магистральных артерий у тяжелораненых в рамках концепции многоэтапного хирургического лечения.

2. Метод временного эндоваскулярного протезирования позволяет на непродолжительный период восстановить проходимость поврежденной артерии, не выполняя срочную операцию в зоне повреждения, с последующей артериальной реконструкцией по необходимости.

3. Требуется дополнительное изучение метода временного эндоваскулярного протезирования на большем количестве животных, а в последующем – и его клиническая апробация для определения показаний и противопоказаний к применению.

Литература

1. *Котив Б.Н., Самохвалов И.М., Бадалов В.И.* и др. Военно-полевая хирургия в начале XXI века // *Воен.-мед. журн.* – 2016. – Т. 337, № 5. – С. 4–10.
2. *Рева В.А., Самохвалов И.М.* Эндоваскулярная хирургия на войне // *Ангиология и сосудистая хирургия.* – 2015. – № 2. – С. 166–175.
3. *Самохвалов И.М., Завражнов А.А., Корнилов Е.А.* Результаты применения временного протезирования при боевых повреждениях артерий конечностей // *Воен.-мед. журн.* – 2006. – Т. 327, № 9. – С. 29–33.
4. *Blackbourne L.H., Baer D.G., Eastridge B.J.* et al. Military medical revolution: deployed hospital and en route care // *J. Trauma Acute Care Surg.* – 2012. – Vol. 73, N 6 (Suppl. 5). – P. S378–S387.
5. *Clouse W.D., Rasmussen T.E., Peck M.A.* et al. In-theater management of vascular injury: 2 years of the Balad vascular registry // *J. Am. Coll. Surg.* – 2007. – Vol. 204, N 4. – P. 625–632.
6. *Fox C.J., Patel B., Clouse W.D.* Update on wartime vascular injury // *Perspect. Vasc. Surg. Endovasc. Ther.* – 2011. – Vol. 23, N 1. – P. 13–25.
7. *Lumsden A.B.* Commentary on «Endovascular management of vascular trauma» // *Perspect. Vasc. Surg. Endovasc. Ther.* – 2006. – Vol. 18, N 2. – P. 130–131.
8. *Matsumoto J., Lohman B.D., Morimoto K.* et al. Damage control interventional radiology (DCIR) in prompt and rapid endovascular strate-

gies in trauma occasions (PRESTO): A new paradigm // *Diagn. Interv. Imaging.* – 2015. – Vol. 96, N 7–8. – P. 687–691.

9. *O'Brien P.J., Cox M.W.* Stents in tents: endovascular therapy on the battlefields of the Global War on Terror // *J. Surg. Radiol.* – 2011. – Vol. 2, N 1. – P. 50–56.

10. *Rasmussen T.E.* Vascular trauma at a crossroads // *J. Trauma.* – 2011. – Vol. 70, N 5. – P. 1291–1293.

11. *Rasmussen T.E., Clouse W.D., Jenkins D.H.* et al. The use of temporary vascular shunts as a damage control adjunct in the management of wartime vascular injury // *J. Trauma.* – 2006. – Vol. 61, N 1. – P. 8–12.

12. *Rasmussen T.E., Clouse W.D., Peck M.A.* et al. Development and implementation of endovascular capabilities in wartime // *J. Trauma.* – 2008. – Vol. 64, N 5. – P. 1169–1176.

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

14. *Samokhvalov I.M., Pronchenko A.A., Reva V.A.* International Perspectives: Europe: Russia // *Rich's vascular trauma, 3rd edition / eds. T.E.Rasmussen, N.R.M. Tai.* – Philadelphia: Elsevier, 2016. – P. 301–308.

15. *Starnes B.W., Beekley A.C., Sebesta J.A.* Extremity vascular injuries on the battlefield: tips for surgeons deploying to war // *J. Trauma.* – 2006. – Vol. 60, N 2. – P. 432–442.