



© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2014
УДК [616.134+616.137]-001/45-089

Хирургические аспекты огнестрельных повреждений артерий конечностей ранящими снарядами современного стрелкового оружия

САМОХВАЛОВ И.М., заслуженный врач РФ, профессор, полковник медицинской службы запаса (igor-samokhvalov@mail.ru)¹

РЕВА В.А., кандидат медицинских наук, капитан медицинской службы (yreva@mail.ru)¹

ДЕНИСОВ А.В., кандидат медицинских наук, майор медицинской службы (denav80@mail.ru)¹

ОЗЕРЕЦКОВСКИЙ Л.Б., профессор, полковник медицинской службы

в отставке (denav80@mail.ru)¹

ПРОНЧЕНКО А.А., кандидат медицинских наук (pronch-alex@yandex.ru)²

¹Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург; ²Центральная республиканская больница, г. Домодедово, Московская область

Целью исследования явилась разработка оптимальной хирургической тактики при ранении бедренной артерии среднекалиберной пулей на основе острого эксперимента с использованием крупных биологических объектов. Экспериментальным животным с расстояния 15 м наносилось ранение 7,62-мм пулей патрона образца 1943 г. из автомата АК-47 с прицеливанием в среднюю треть бедра. Анализ микроструктуры показал отсутствие каких-либо повреждений стенки артерии в 5 поперечных срезах, выполненных на отдалении от раневого канала через каждый сантиметр. Сделан вывод о том, что хирургическая обработка огнестрельной раны, нанесенной 7,62-мм пулей из автомата АК-47, должна заключаться в иссечении только явно нежизнеспособного участка артерии.

К л ю ч е в ы е с л о в а: огнестрельное ранение, повреждение артерии, временная пульсирующая полость, раневая баллистика, кровотечение, сосудистая травма.

Samokhvalov I.M., Reva V.A., Denisov A.V., Ozeretskovskii L.B., Pronchenko A.A. – Surgical peculiarities of gunshot injuries to arteries of the extremities caused by modern small arms and light weapons. The aim of the given study was development of surgical tactics in case of femoral artery injury, caused by medium-calibre bullet, on the basis acute experiment on large biological objects. Experimental animals were shot into mid third of the femora by a rifle cartridge in 7,62-mm calibre (AK-47 made in 1943). The analysis of microstructure, made in 5 cross-sections performed every 1-centimetre way from the wound canal, showed that there were no any damages of arterial wall. Authors came to conclusion that the surgical debridement of the gunshot wound, made by a rifle cartridge in 7,62-mm calibre of AK-47, should consist of exsection of devitalized section of artery.

К е у w o r d s: gunshot wound, artery injury, temporarily pulsating cave, ballistics of wound, haemorrhage, vascular injury.

Огнестрельные ранения кровеносных сосудов составляют особую проблему военно-полевой хирургии [7]. По данным современных вооруженных конфликтов, частота повреждений кровеносных сосудов достигает 9–12,5% [16]. Из них 25–40% составляют огнестрельные ранения [7, 16]. При этом от 75 до 90% повреждений сосудов приходится на ранения сосудов конечностей

[6]. Успехи военно-полевой хирургии и ангиотравматологии привели к значительному снижению частоты ампутаций (до 6,6%) и общей летальности (до 4,3%) в современных вооруженных конфликтах по сравнению с предыдущими войнами [6]. Во многом это обусловлено усовершенствованием хирургического инструментария и шовного материала, уменьше-



нием срока доставки раненых на этап специализированной хирургической помощи, улучшением качества оказания помощи. Несмотря на это, каждый новый случай огнестрельного повреждения магистрального сосуда представляет трудную диагностическую и лечебную задачу.

Основные принципы современной лечебной тактики при огнестрельных повреждениях магистральных сосудов изложены во многих отечественных и зарубежных руководствах [11, 15]. В первую очередь, они основаны на знании законов раневой баллистики. Однако вопрос об адекватности хирургической обработки огнестрельной раны сосуда до сих пор не решен однозначно [11].

В большинстве работ, посвященных раневой баллистике, достаточно подробно изучалось травматическое, в т. ч. контузионное, действие на сосуды малокалиберного оружия: 5,45-мм пули патрона 7Н6 из автомата АК-74 (Россия) и 5,56-мм пули патрона М193 из автоматической винтовки М16 (США). С учетом этих данных обоснована хирургическая тактика при лечении ранений артерий данными образцами огнестрельного оружия. Особенности раневой баллистики высокоскоростных малокалиберных пуль сопоставлялись с баллистикой пуль среднего (нормального) калибра (6,5–9,0 мм). Вместе с тем хирургическим аспектом воздействия на стенку кровеносного сосуда 7,62-мм пули патрона образца 1943 г. из автомата АК-47 уделено недостаточное внимание. Нами не обнаружено работ, описывающих особенности повреждения кровеносных сосудов данным видом оружия, а также подробных рекомендаций о применении конкретной тактики хирургического лечения.

В связи с этим целью настоящего исследования явилась выработка оптимальной хирургической тактики при ранении бедренной артерии 7,62-мм пулей патрона образца 1943 г. из автомата АК-47 с близкой дистанции на основе оценки выраженности контузионных повреждений артериальной стенки экспериментального животного.

Материал и методы

Экспериментальные исследования* выполнены на 6 половозрелых баранах-самцах (Ovisaries) массой тела от 34 до 42 кг в строгом соответствии с требованиями приказа Министерства здравоохранения СССР от 12 августа 1977 г. № 755 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных». Ранение наносилось 7,62-мм пулей патрона образца 1943 г. (индекс 57Н231) со стальным сердечником массой 7,9 г с начальной скоростью 715 м/с из автомата АК-47. Животных фиксировали в специальном станке на расстоянии 15 м от дульного среза оружия. Точка прицеливания находилась в проекции сосудистого пучка с внутренней стороны средней трети бедра правой тазовой конечности.

Перед началом эксперимента выполнялось общее обезболивание опытных животных. Эвтаназия осуществлялась непосредственно после ранения и оценки макроскопических изменений. Сразу после этого выполнялось вычленение бедра с последующей рентгенографией на предмет оценки тяжести и особенностей огнестрельного перелома бедренной кости.

Для оценки гистологической структуры после фотофиксации выявленных повреждений резецировали дистальный от раневого канала участок бедренной артерии длиной 5 см с захватом до 1 см окружающих тканей, растягивали его на картонном шаблоне, маркировали уровень прохождения раневого канала, фиксировали в 12% растворе нейтрального формалина. Поперечные срезы артерии проводили через каждый 1 см от зоны дефекта артерии таким образом, чтобы на каждое животное пришлось по 5 поперечных срезов бедренной артерии. Далее после стандартной гистологической пробоподготовки и окраски гематоксилин-эозином выполняли микрофотографирование и фоторегистрацию препаратов с помощью светооптического микроскопа «Leica DMLA» с цифровой фото-

* Исследование проведено при поддержке гранта Президента РФ МК-3439.2014.7.



камерой «Leica DC-500» и увеличением $\times 40$, $\times 100$. Ввиду идентичности морфологической структуры повреждения проксимального и дистального от раневого канала участков артерии, подтвержденной работами других исследователей [3], забор проксимального участка артерии не проводили.

Из животных, использованных в эксперименте, были сформированы 2 группы. Первая (2 особи) – контрольная – для получения гистологических препаратов интактной бедренной артерии. Вторая (4 особи) – опытная – для выявления морфологических изменений в стенках артерий на протяжении 5 см от зоны раневого канала.

Результаты и обсуждение

Во всех экспериментах на биологических объектах 2-й группы огнестрельное ранение было нанесено в предполагаемую зону прохождения бедренной артерии в ее средней трети. В двух случаях тотчас после ранения отмечено струйное артериальное кровотечение из раны. У всех животных имел место огнестрельный перелом бедренной кости. При осмотре конечности размеры входного и выходного пулевых отверстий были практически одинаковы ($1,2 \times 1,0$ см), что косвенно свидетельствовало о слабо выраженной *временной пульсирующей полости* (ВПП). Отмечались обширные подкожные кровоизлияния, распространяющиеся по поверхностной фасции, общей площадью до 50 см² (рис. 1)**.

При рассечении раневого канала отмечена выраженная имбиция мышц кровью на протяжении 1–2 см в глубину от эпицентра ранения. Раневой канал заполнен кровяными сгустками, мелкими осколками и свободно лежащими фрагментами бедренной кости. Отмечалась схожая рентгенологическая картина поврежденных конечностей: мелкооскольчатый перелом диафиза бедренной кости с наличием множества свободно лежащих костных фрагментов (рис. 2).

Во всех случаях отмечался диастаз между концами поврежденной артерии протяженностью 5–7 см. Диаметр дис-

тального сегмента артерии составлял 1,5–2,0 мм. Участок артерии, прилежащий к зоне раневого канала, при визуальной оценке был несколько деформирован, разможен, однако целостность сосудистой стенки была сохранена. Анализ гистологической структуры показал отсутствие каких-либо повреждений стенки артерии во всех 5 поперечных срезах, выполненных на отдалении от раневого канала по сравнению с контрольной группой (рис. 3 А, Б). Все слои стенки сосуда отчетливо дифференцировались, отслойки интимы выявлено не было. Структурность средней оболочка (медии) и адвентиции была сохранена. Ввиду отсутствия каких-либо патологических изменений, морфометрическая оценка и сравнительный статистический анализ двух исследуемых групп животных не проводился.

После Второй мировой войны проводились интенсивные работы по совершенствованию стрелкового оружия, и неотъемлемой частью этого процесса являлось углубленное исследование раневой баллистики и механизма повреждающего действия создаваемых видов ранивших снарядов. Поэтому большинство фундаментальных работ, описывающих прямое и не прямое (за счет ВПП) огнестрельное повреждение сосуда, было выполнено в 40–70-е годы XX века. Многие отечественные ученые внесли существенный вклад в раскрытие механизма огнестрельных ранений и разработку вопросов раневой баллистики. Среди них особо следует отметить имена А.Н.Максименкова, И.Ф.Огаркова, Е.А.Дыскина, В.Л.Попова, Л.Б.Озерецковского. На страницах «Военно-медицинского журнала» ими неоднократно публиковались работы, рассматривающие вопросы раневой баллистики при огнестрельных повреждениях сосудов. Данные исследования в своем большинстве носили военную направленность.

Если в нашей стране частота огнестрельных ранений в мирное время достаточно низка (около 25–30 огнестрельных ранений в год, по данным клиники военно-полевой хирургии), то в США, ввиду широкого распространения этого вида оружия у населения, огнестрельные

**Рисунки к статье помещены на с. 3 обложки.



ранения составляют половину всех проникающих ранений [10]. Однако следует учитывать, что боевые повреждения сосудов протекают существенно тяжелее, т. к. наносятся высокоскоростными ранящими снарядами со скоростью более 700–900 м/с с формированием ВПП [5]. Кроме того, боевую сосудистую травму утяжеляют сопутствующие переломы костей, повреждения нервных стволов и обширные повреждения мягких тканей, длительные сроки доставки на этап специализированной хирургической помощи и в ряде случаев — ее низкое качество [5, 21].

Сегодня не подлежит сомнению, что главным фактором повреждения костей и мягких тканей при огнестрельных ранениях высокоскоростными ранящими снарядами является не столько прямое воздействие ранящего снаряда, сколько энергия «бокового удара» и формирование ВПП, состоящей из 3–4 пульсаций, в 10–20 раз превышающей диаметр самого ранящего снаряда [1, 15]. Известно, что характер ВПП и раневого канала во многом зависит от калибра и скорости полета пули, ее конструкции, а также структуры поврежденных тканей.

Так, шейка пулевого канала при ранении 5,45-мм пулей патрона 7Н6 составляет менее 5 см до начала образования ВПП, что сопровождается выраженным контузионным «боковым» повреждением тканей, в то время как шейка пулевого канала при ранении 7,62-мм пулей патрона образца 1943 г. достигает длины 15–20 см [15]. Именно с этим, на наш взгляд, связано отсутствие явных признаков контузионного повреждения стенки артерии под действием «бокового удара» в нашем эксперименте: малый диаметр бедра опытного животного попадает только в зону начального участка раневого канала, и ВПП не успевает сформироваться (рис. 4).

Работы Л.Б.Озерецковского и И.Г.Пегуродова, Дж. Амато и Н.Рича, направленные на изучение непрямого воздействия малокалиберного высокоскоростного ранящего снаряда (900 м/с) на артерию, выявили значительное повреждение всей толщи сосудистой стенки с преобладанием повреждения интимы и

медии [2, 3]. Отмечались повреждения интимы с образованием пристеночного тромба, разрывы внутренней эластической мембраны. В медии — разрывы, очаговые некрозы, кровоизлияния. Имело место повреждение наружной эластической мембраны. Изменения были максимально выражены в зоне, прилежащей к раневому каналу. Несмотря на то что кинетическая энергия 7,62-мм пули патрона образца 1943 г. при близком выстреле превышает таковую для 5,45-мм пули, по выраженности травматического эффекта высокоскоростные малокалиберные пули значительно превосходят пули среднего калибра [1, 15]. Это происходит по причине малой устойчивости малокалиберной пули, ее «кувыркания» в тканях и увеличения переданной энергии в связи с увеличением площади контакта [1, 9].

Большинство современных авторов придерживается мнения, что при огнестрельных ранениях следует иссекать только явно макроскопически поврежденные участки стенки артерии [3, 11]. Ранее некоторые ученые считали, что хирургическая обработка раны артерии должна быть выполнена с иссечением участка здоровых тканей в проксимальном и дистальном направлениях, обосновывая это тем, что истинная зона контузионного повреждения сосуда зачастую превышает видимую зону. Так, В.Пейн и соавт. утверждали, что субклинические повреждения артерий возникают в 5–21% случаев огнестрельных ранений [14]. По данным анализа результатов лечения повреждений артерий в ходе войны в Корее, Е.Джанкл мл. и С.Силей предложили иссекать по 1 см стенки артерии с каждой стороны от зоны видимых изменений, считая, что неудачи в реконструктивных операциях были связаны с оставлением нежизнеспособного участка артериальной стенки [8].

Р.Брэдхэм и соавт. предлагали увеличить зону резекции поврежденной артерии до 1–2 см в каждую сторону [4], а Дж. Оуэнс — до 3 см [13]. При этом некоторые гражданские хирурги ограничивались резекцией 3 мм неизменной стенки артерии [12]. Только в ходе войны во Вьетнаме глубокое изучение механизма



огнестрельного ранения 5,56-мм пулей 7Н6 из автоматической винтовки М16, проведенное под руководством Н.Рича, убедительно доказало отсутствие значимой корреляции между микроскопическими изменениями сосудистой стенки и успехом артериальной реконструкции [3]. Это положение во многом определяет хирургическую тактику ввиду того, что при дополнительном иссечении стенки артерии после ее анатомического перерыва неизбежно возникает необходимость в дополнительной продолжительной операции — пластике дефекта артерии, как правило, аутовенозной вставкой, забранной с контралатеральной конечности, в отличие от обычного циркулярного шва сосуда, который возможен после удаления явно нежизнеспособных концов артерии и ее частичной мобилизации.

Наше исследование показало, что ранение 7,62-мм пулей патрона образца 1943 г. из автомата АК-47 не приводит к столь выраженным повреждениям тканей конечности, в частности магистральных артерий, как это происходит при ранениях малокалиберными пулями калибров 5,45–5,56 мм. Полученные данные имеют дополнительную важность в связи с тем, что в настоящее время отмечается тенденция к увеличению калибра как травматического, так и боевого стрелкового оружия в целях повышения устойчивости пуль в полете и усиления их пробивного действия [9].

В практическом отношении результаты проведенного нами исследования подтверждают отсутствие необходимости избыточного иссечения стенки артерии. В ходе хирургической обработки такой раны необходимо резецировать только явно разможенные концы артерии с последующим ее обязательным срочным восстановлением (при некомпенсированной ишемии) или перевязкой и отсроченным восстановлением (при компенсированной ишемии) в соответствии с медико-тактическими условиями этапов медицинской эвакуации. При использовании тактики многоэтапного хирургического лечения выполняется временное протезирование поврежденной артерии без какой-либо хирургической обработ-

ки раны сосуда. Перед введением временного протеза требуется только иссечь разможенные концы поврежденной артерии для полноценной визуализации просвета во избежание отслойки интимы.

Безусловно, наше исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, количество животных в эксперименте весьма мало — только 4 биологических объекта в опытной группе. Однако полное отсутствие изменений в стенке артерии у всех животных этой группы позволило прекратить исследование без проведения статистического анализа.

Во-вторых, ранение наносилось с внутренней стороны бедра во всех случаях, в то время как ранение с наружной стороны могло привести к изменению результатов за счет первоначального перелома бедренной кости и повреждения бедренной артерии вторичными ранящими снарядами в виде костных осколков.

В-третьих, мы проводили острый эксперимент, в то время как для комплексной оценки эффекта энергии «бокового удара» целесообразно отсроченное изучение микроструктурных изменений в сохраненной артериальной стенке (вторичного некроза) после восстановления кровотока в конечности. Подобный трудоемкий хронический эксперимент позволит всесторонне изучить регенеративные процессы и в дистантно поврежденной артериальной стенке.

В Ы В О Д Ы

1. Огнестрельные ранения 7,62-мм пулей патрона образца 1943 г. при коротких (до 10 см) раневых каналах не сопровождаются образованием временной пульсирующей полости достаточно выраженных размеров и не приводят к обширным повреждениям мягких тканей.

2. Прямое попадание в бедренную артерию опытного животного (барана) 7,62-мм пули в изученных условиях (дистанция 15 м, выстрел во внутреннюю поверхность бедра, острый опыт) не приводит к значимому контузионному повреждению стенки сосуда.

3. Хирургическая обработка огнестрельной раны, нанесенной 7,62-мм пулей образца 1943 г. из АК-47, должна



заклЮчаться в иссечении только явно нежизнеспособного некротизированного участка артерии с последующим обязательным ее восстановлением (при некомпенсированной ишемии) или перевяз-

кой сосуда с последующим восстановлением по показаниям (при компенсированной ишемии) в соответствии с медико-тактическими условиями этапов медицинской эвакуации.

Литература

1. Озерецковский Л.Б., Гуманенко Е.К., Бояринцев В.В. Раневая баллистика. — СПб: Калашников, 2006. — 374 с.
2. Озерецковский Л.Б., Перегудов И.Г. О механизме не прямых повреждений артерий конечностей при огнестрельных ранениях // Вестн. хирургии им. И.И.Грекова. — 1972. — № 11. — С. 108–112.
3. Amato J.J., Rich N.M. Temporary cavity effects in blood vessel injury by high velocity missiles // J. Cardiovasc. Surg (Torino). — 1972. — Vol. 13 (2). — P. 147–155.
4. Bradham R.R., Buxton J.T., Stallworth J.M. Arterial injury of the lower extremity // Surg. Gynecol. Obstet. — 1964. — Vol. 118. — P. 995–1000.
5. Compton C., Rhee R. Peripheral vascular trauma // Perspect. Vasc. Surg. Endovasc. Ther. — 2005. — Vol. 17 (4). — P. 297–307.
6. Fox C.J., Patel B., Clouse W.D. Update on Wartime Vascular Injury // Perspect. Vasc. Surg. Endovasc. Ther. — 2011. — Vol. 23 (1). — P. 13–25.
7. Fox C.J., Gillespie D.L., O'Donnell S.D. et al. Contemporary management of wartime vascular trauma // J. Vasc. Surg. — 2005. — Vol. 41 (4). — P. 638–644.
8. Jahnke E.J. Jr., Seeley S.F. Acute vascular injuries in the Korean War // Ann. Surg. — 1953. — Vol. 138 (2). — P. 158–177.

9. Kneubuehl B.P., Coupland R.M., Rothschild M.A., Thali M.J. Wound Ballistics: Basics and Applications. — New York: Springer, 2011. — 496 p.
10. Mattox K.L., Feliciano D.V., Burch J. et al. Five thousand seven hundred sixty cardiovascular injuries in 4459 patients. Epidemiologic evolution 1958 to 1987 // Ann. Surg. — 1989. — Vol. 209 (6). — P. 698–707.
11. Mattox K.L., Hirshberg A. Access, control and repair techniques // Vascular trauma, 2nd ed. — Elsevier Publish.: W.B. Saunders Co., 2004. — P. 137–164.
12. Moore H.G. Jr., Nyhus L.M., Kanar E.A., Harkins H.N. Gunshot wounds of major arteries: an experimental study with clinical implications // Surg. Gynecol. Obstet. — 1954. — Vol. 98 (2). — P. 129–147.
13. Owens J.C. The management of arterial trauma // Surg. Clin. North. Am. — 1963. — Vol. 43. — P. 371–385.
14. Payne W.K. 3rd, Gabriel R.A., Massoud R.P. Gunshot wounds to the thigh. Evaluation of vascular and subclinical vascular injuries // Orthop. Clin. North. Am. — 1995. — Vol. 26 (1). — P. 147–154.
15. War Surgery, vol. 1. — International Committee of the Red Cross, 2009. — 353 p.
16. White J.M., Stannard A., Burkhardt G.E. et al. The epidemiology of vascular injury in the wars in Iraq and Afghanistan // Ann. Surg. — 2011. — Vol. 253 (6). — P. 1184–1189.

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2014
УДК 616.12-073.96

Место баллистокардиографии в изучении сердечной деятельности

СУРЖИКОВ П.В., майор медицинской службы (surj.md@gmail.com)¹
КИЦЫШИН В.П., профессор, полковник медицинской службы (kitsyshin@yandex.ru)¹
МАКИЕВ Р.Г., кандидат медицинских наук, майор медицинской службы (moro5555@yandex.ru)²

¹Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург; ²Главное военно-медицинское управление МО РФ, Москва

Представлен обзор материалов по истории становления метода баллистокардиографии для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, дана оценка современного его состояния и перспектив дальнейшего развития. Исследование физиологических изменений в миокарде с помощью регистрации баллистокардиограммы приобретает большую актуальность, т. к. именующиеся знания в данной области кардиологической диагностики были получены с использованием приборов, не отвечающих современным требованиям. Хотя результаты проведенных ранее исследований и позволяют определить основные характеристики баллистокардиографии, тем не менее их обновление и уточнение в сопоставлении с данными, полученными при использовании современных методов измерения контрактильности миокарда, представляется полезным. Возобновление работ по созданию надежных устройств для баллистокардиографии является насущной задачей.