

А.П. ТРУХАН

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖГУТА КАК ЭЛЕМЕНТА ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПРИ СИНДРОМЕ ДЛИТЕЛЬНОГО СДАВЛЕНИЯ. СООБЩЕНИЕ 2: МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ**

УО «Белорусский государственный медицинский университет»,  
Республика Беларусь

**Цель.** Оценить на основании морфологических изменений в тканях эффективность применения жгута как компонента первой помощи при синдроме длительного сдавления.

**Материал и методы.** Работа основана на экспериментальном моделировании у кроликов синдрома длительного сдавления средней степени тяжести по разработанной автором методике (компрессия 25 см/см<sup>2</sup> на площадь 6 см<sup>2</sup> на тазовую конечность в течение 5 часов). В основной группе, в отличие от группы сравнения, после устранения компрессии на поврежденную конечность на 1,5 часа накладывали жгут. Для оценки влияния жгута на местные и системные изменения на третьи сутки после устранения компрессии, что соответствовало окончанию раннего посткомпрессионного периода, проводился забор тканей (мышцы поврежденной конечности, почки, легкие) для морфологического исследования. Результаты оценивались с помощью специально разработанных индексов морфологических изменений.

**Результаты.** Установлено, что применение жгута как элемента первой помощи при синдроме длительного сдавления приводит к более выраженным деструктивным изменениям в мышцах пораженной конечности ( $p=0,0357$ ). Это связано с увеличением времени ишемии тканей конечности и дополнительным травматическим воздействием жгута. Помимо этого, наложение жгута приводит к более значимым повреждениям почек ( $p=0,0104$ ) и легких ( $p=0,0341$ ), что связано с большей выраженностью травматического шока, а также более выраженным синдромом реперфузии-рециркуляции (постепенным поступлением в системный кровоток большого количества продуктов деструкции мышц и нарушенного гипоксией метаболизма, медиаторов воспаления).

**Заключение.** Применение жгута как элемента первой помощи при синдроме длительного сдавления приводит к более выраженным местным и висцеральным морфологическим изменениям.

*Ключевые слова:* лечение синдрома длительного сдавления, жгут, морфологические изменения, экспериментальная хирургия

**Objectives.** To assess the effectiveness of tourniquet application as a component of the first aid in crush syndrome on the basis of morphological changes in the tissues.

**Methods.** The work is based on the experimental modeling of crush syndrome of moderate severity in rabbits by the method developed by the author (compression 25 kg/cm<sup>2</sup> on the area of 6 cm<sup>2</sup> on the pelvic limb within 5 hours). In the main group, in contrast to the comparison group, after the elimination of compression a tourniquet was applied for 1,5 hours on the injured limb. To assess the influence of tourniquet application on local and system changes on the third day after the elimination of compression, corresponded to the end of the early postcompression period, the samples of tissues (muscles of the damaged limb, kidneys, and lungs) for morphological examination have been taken. The results were evaluated using specially developed indices of morphological changes.

**Results.** It has been established the tourniquet application as an element of the first aid in the crush syndrome leads to more severe muscular destructive changes of an affected limb ( $p=0,0357$ ). This is due to the prolongation of the ischemic time of limbs, and additional traumatic effect of tourniquet application on tissues. Furthermore the tourniquet application leads to more significant kidney ( $p=0,0104$ ) and lung ( $p=0,0341$ ) damage, associated with greater severity of traumatic shock, as well as more severe syndrome of reperfusion-recirculation (the gradual entering of a large number of products of muscular destruction and changed by hypoxia metabolism, inflammatory mediators to the systemic circulation).

**Conclusion.** The application of the tourniquet as a part of the first aid for crush syndrome leads to more expressed local and visceral morphological changes.

*Keywords:* crush syndrome treatment, tourniquet, morphological changes, experimental surgery

Novosti Khirurgii. 2014 Nov-Dec; Vol 22 (6): 649-653

The assessment of efficiency of tourniquet application as an element of the first aid in crush syndrome. A report 2: some morphological changes

A.P. Trukhan

**Введение**

В данной статье продолжается представление результатов исследования, посвященных

оценке эффективности жгута как элемента первой помощи при синдроме длительного сдавления (СДС) [1].

Проведение исследования было обуслов-

лено неоднозначной оценкой данного лечебного мероприятия в различных источниках [2, 3, 4, 5, 6]. В соответствии с протоколами ведения пациентов с краш-синдромом, разработанных Международной поисково-спасательной консультативной группой (International search and rescue advisory group, INSARAG), в настоящее время нет научных доказательств эффективности применения кровоостанавливающих жгутов после освобождения конечности от сдавливающей силы для предотвращения синдрома длительного сдавления.

**Цель.** Оценить на основании морфологических изменений в тканях эффективность применения жгута как компонента первой помощи при синдроме длительного сдавления.

### Материал и методы

Исследование выполнялось в рамках научно-исследовательских работ «Оптимизация оказания помощи при боевой хирургической травме» (№3.07.10) и «Разработать и внедрить новые инновационные методы диагностики и комплексного лечения пациентов с острой и хронической хирургической патологией» (№20110630) военно-научной школы кафедры военно-полевой хирургии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» (руководитель школы — профессор Жидков С.А.).

Эксперименты выполнялись на базе vivария УО «Белорусский государственный медицинский университет» в соответствии с требованиями «Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных научных целей» (Страсбург, 1986) по согласованию с комиссией по биомедицинской этике УО «БГМУ».

Объектом исследования были 18 кроликов. У животных моделировался СДС средней степени по разработанной автором методике: сдавление осуществлялось с силой 25 кг/см<sup>2</sup> на площади 6 см<sup>2</sup> по внутренней поверхности тазовой конечности на 1 см медиально от проекции кости конечности, что предотвращало повреждение кости и магистральных сосудов. Срок компрессии составил 5 часов.

Животные в зависимости от оказываемой помощи в посткомпрессионный период были разделены на 2 группы (по 9 животных в каждой). В основной группе сразу после устранения компрессии на поврежденную тазовую конечность выше места компрессии накладывался жгут-закрутка на 1,5 часа (оптимальный срок безопасного применения жгута в летнее время — исследование проводилось в теплом

помещении). В группе сравнения жгут не использовался.

Длительность нахождения животного в эксперименте составила 3 суток после устранения компрессии, что соответствовало продолжительности раннего посткомпрессионного периода. Для анализа морфологических изменений после вывода животного из эксперимента осуществлялся забор тканей мышц сдавливаемой конечности, а также внутренних органов, в которых наиболее часто выявляются изменения при СДС — почек и легких [3, 7, 8]. В последующем из гистологического материала по стандартной методике готовились парафиновые блоки, выполнялись срезы с окраской гематоксилином и эозином.

Статистическая обработка производилась с использованием непараметрических методов. Данные представлены в виде Me (25%-75%), где Me — медиана, 25% и 75% — 25 и 75 процентиля. Для сравнения показателей между животными основной группы и группы сравнения (независимые данные) использовали критерий Mann-Whitney (U test) (M-W). Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### Результаты

Анализ результатов морфологических исследований производился по двум направлениям: изменения в мышцах пораженной конечности для оценки локального ишемического и травматического воздействия жгута и изменений во внутренних органах как следствие травматического шока и явлений реперфузии-рециркуляции.

Для объективной оценки морфологических изменений и возможности сравнения их выраженности в различных группах животных на основании ранее полученных результатов и литературных источников были разработаны индексы, позволяющие получить числовую характеристику визуально получаемых данных.

Индекс морфологических изменений мышц (ИМИМш) (таблица 1) основан на учете трех наиболее значимых признаков, определяемых при световой микроскопии: преднекротические и некротические изменения в мышцах, клеточная инфильтрация, «блокада» микроциркуляторного русла. Каждому из учитываемых признаков в зависимости от его выраженности присваивалась балльная оценка. Максимальное значение каждого из признаков, учитывая их равную значимость, было равно 5 баллам. Итоговое значение ИМИМш рассчитывалось путем суммирования получен-

Таблица 1

<b>Индекс морфологических изменений мышц (ИМИМш)</b>	
Признак и его выраженность	Оценка (баллы)
1. Преднекротические и некротические изменения:	
1.1 изменения отсутствуют	0
1.2 исчезновение поперечной исчерченности	1
1.3 участки глыбчатого распада	2
1.4 распространенный глыбчатый распад или некроз отдельных волокон	3
1.5 очаговые некрозы	4
1.6 выраженные некрозы	5
2. Клеточная инфильтрация:	
2.1 отсутствует	0
2.2 скудная	1
2.3 очаговая	3
2.4 выраженная	5
3. Блокада микроциркуляторного русла (осмотренные сосуды в поле зрения; ×400):	
3.1 отсутствует	0
3.2 единичные	3
3.3 умеренное или большое количество	5

ных баллов. В соответствии с методикой расчета, более высокие значения индекса были характерны для более выраженных деструктивно-воспалительных изменений. Таким образом, для каждого из животных обеих групп была получена объективная оценка морфологических изменений в мышцах поврежденной конечности.

У животных основной группы значения ИМИМш составили 10,5 (10,0-12,5), в группе сравнения 7,0 (4,0-10,0). Данные различия между группами были статистически значимыми ( $U=12$ ;  $p=0,0357$ ).

По схожей методике был разработан и индекс морфологических изменений почек (ИМИПч) (таблица 2). Он основан на оценке четырех наиболее значимых признаков, определяемых при световой микроскопии:

дистрофические и некротические изменения канальцевого эпителия, наличие «заблокированных» почечных канальцев и кальцификатов в паренхиме почек. Каждый из учитываемых признаков в зависимости от его выраженности оценивался баллами, которые затем суммировались. В соответствии с методикой расчета, более высокие значения ИМИПч были характерны для более выраженных морфологических изменений.

В основной группе значения ИМИПч составили 4 (4-5), а в группе сравнения 3 (2-3). Данные различия в значении индекса между группами животных были статистически значимыми ( $U=11,5$ ;  $p=0,0104$ ).

Индекс морфологических изменений легких (ИМИЛг) основан на определении различных признаков, выявляемых в микроцир-

Таблица 2

<b>Индекс морфологических изменений почек (ИМИПч)</b>	
Признак и его выраженность	Оценка (баллы)
1. Дистрофия эпителия канальцев:	
1.1 слабо выраженная	1
1.2 умеренно выраженная	2
1.3 выраженная, незначительная десквамация апикальных участков	3
2. Некроз эпителия канальцев:	
2.1 отдельных клеток, значительная десквамация апикальных участков	4
2.2 распространенный некроз	5
3. Блок канальцев (число в поле зрения; ×100):	
3.1 единичные (1-3)	1
3.2 умеренное кол-во (4-6)	2
3.3 большое кол-во (более 6)	3
4. Кальцификаты (число в поле зрения; ×100):	
4.1 единичные (1-3)	1
4.2 множественные (более 3)	3

**Индекс морфологических изменений легких (ИМИЛг)**

Признак	Оценка (баллы)
1. Изменения микроциркуляторного русла:	0 – признак отсутствует
1.1 полнокровие	1 – слабо выражен
1.2 малокровие	2 – умеренно выражен
1.3 сладжи	3 – сильно выражен
1.4 тромбы и (или) фибриновые структуры	
1.5 нейтрофилы и эозинофилы	
2. Состояние паренхимы легких:	
2.1 альвеолярный отек	
2.2 кровоизлияния	
2.3 воспалительный экссудат в альвеолах	
2.4 макрофаги	
2.5 гиалиновые мембраны	
2.6 ателектазы	
2.7 эмфизема	
3. Состояние стромы легких:	
3.1 интерстициальный отек	
3.2 кровоизлияния	
3.3 инфильтрация межальвеолярных перегородок	

куляторном русле, паренхиме и строме легких (таблица 3) с присвоением балльного значения каждому из них (0 – признак отсутствует, 1 – слабо выражен, 2 – умеренно выражен, 3 – сильно выражен) с последующим суммированием баллов.

Были выявлены статистически значимые различия ( $U=16,5$ ;  $p=0,0341$ ) в значениях ИМИЛг между животными основной группы и группы сравнения (11 (7-13) и 5 (4-9) соответственно).

### Обсуждение

Более высокие значения ИМИМш у животных основной группы свидетельствуют о более выраженных деструктивных изменениях в мышцах сдавливаемой конечности. Учитывая равные условия компрессии в обеих группах, можно утверждать, что данные различия обусловлены именно применением жгута, что объясняется увеличением времени ишемии конечности, а также воспалительной реакцией в ответ на более тяжелые повреждения.

Более выраженные деструктивные изменения в мышцах сдавливаемой конечности у животных основной группы обуславливают более выраженные изменения в органах-мишенях (почках и легких), что подтверждается более высокими значениями ИМИПч и ИМИЛг. Это вызвано постепенным поступлением в системный кровоток большого количества продуктов деструкции мышц и нарушенного гипоксией метаболизма, медиаторов вос-

паления. Также выраженность этих изменений вызвана дополнительным травмирующим воздействием применяемого кровоостанавливающего жгута, которое приводит к увеличению тяжести травматического шока и связанных с этим расстройств микроциркуляции во всем организме.

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать следующие выводы.

### Выводы

1. Применение жгута как элемента первой помощи при синдроме длительного сдавления приводит к более выраженным деструктивным изменениям в мышцах пораженной конечности.

2. Наложение жгута приводит к более значимым повреждениям почек и легких, что связано с большей выраженностью травматического шока, а также более выраженным синдромом реперфузии-рециркуляции.

3. Предложенные индексы морфологических изменений позволяют объективно сравнить выраженность патологических процессов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Трухан А. П. Оценка эффективности применения жгута как элемента первой помощи при синдроме длительного сдавления. Сообщ. 1: Изменения биохимических показателей / А. П. Трухан // Новости хирургии. – 2014. – Т. 22, № 3 – С. 280–85.
2. Цыбуляк Г. Н. Общая хирургия повреждений : рук. для врачей / Г. Н. Цыбуляк. – СПб. : Гиппократ, 2005. – 647 с.

3. Нечаев Э. А. Синдром длительного сдавления: руководство для врачей / Э. А. Нечаев, А. К. Ревской, Г. Г. Савицкий. — М. : Медицина, 1993. — 208 с.
4. Синдром длительного сдавления / В.Н. Бордаков [и др.] // Воен. медицина. — 2013. — № 1. — С. 26–32.
5. Гаркави А. В. Синдром длительного сдавления мягких тканей конечностей / А. В. Гаркави // Мед. помощь. — 2000. — № 2. — С. 23–28.
6. Шердукалова Л. Ф. Классификация и лечение синдрома длительного сдавления / Л. Ф. Шердукалова, Р. А. Ованесян, В. О. Галикян // Хирургия. Журн. им. Н. И. Пирогова. — 1999. — № 1. — С. 43–46.
7. Characterization of systemic and histologic injury after crush syndrome and intervals of reperfusion in a small animal model / I. Murata [et al.] // J Trauma. —

2011 Jun. — Vol. 70, N 6. — P. 1453–63.

8. Malinoski D. J. Crush injury and rhabdomyolysis / D. J. Malinoski, M. S. Slater, R. J. Mullins // Crit Care Clin. — 2004 Jan. — Vol. 20, N 1. — P. 171–92.

#### Адрес для корреспонденции

220034, Республика Беларусь,  
г. Минск, ул. Азгура, д. 4,  
Военно-медицинский факультет  
в УО «Белорусский государственный  
медицинский университет»,  
кафедра военно-полевой хирургии,  
тел. моб.: 8 044 733-10-58,  
aleksdoc@yandex.ru,

#### Сведения об авторах

Трухан А.П., к.м.н., доцент кафедры военно-полевой хирургии военно-медицинского факультета

УО «Белорусский государственный медицинский университет», подполковник медицинской службы.

*Поступила 22.09.2014 г.*

---

## УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ И ДРУЗЬЯ!

### XVI «ЕВРОПЕЙСКИЙ ВЕНОЗНЫЙ ФОРУМ», 1-4 июля 2015 г. Санкт-Петербург

Впервые в истории российской флебологии Европейский Венозный Форум пройдет в 2015 году в Санкт-Петербурге.

Динамичное развитие флебологии и ее прикладных клинических аспектов за последние два десятилетия привело к смене парадигмы лечения пациентов с острыми и хроническими заболеваниями вен.

С 1 по 4 июля лидеры ведущих флебологических центров мира соберутся на берегах Невы на один из престижнейших мировых конгрессов, чтобы обсудить разносторонние вопросы физиологии и патологии венозной системы, современные методы диагностики и лечения заболеваний вен. Проведение Европейского Венозного Форума в Северной Пальмире — показатель большого серьезного многолетнего труда и, конечно же, гармоничного развития российской флебологии.

Мы приглашаем вас погрузиться на несколько дней в мир высоких флебологических дискуссий в период разгара знаменитых петербургских белых ночей.

Президент Европейского Венозного Форума 2015  
профессор Евгений Шайдаков

#### Контактная информация:

**Председатель форума:** проф. Е.В. Шайдаков,  
+7(921)933-44-49, evgenyshaydakov@gmail.com, www.shaidakov.ru

**Официальный сервис-партнер ООО «Альта Астра»:**  
+7(812)710-75-10; 710-29-70; 710-34-02, info@altaastra.com