

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖГУТА КАК ЭЛЕМЕНТА ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПРИ СИНДРОМЕ ДЛИТЕЛЬНОГО СДАВЛЕНИЯ СООБЩЕНИЕ 1: ИЗМЕНЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»,
Республика Беларусь

Цель. Оценить на основании биохимических показателей крови 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 кг/см² на площадь 6 см² на тазовую конечность в течение 5 часов без сдавления магистральных сосудов и кости). 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 проводился двукратный забор венозной крови для биохимического исследования (через 1,5 часа и через 24 часа после устранения компрессии).

Результаты. Было установлено, что в первые часы после травмы не происходит быстрого восстановления кровотока в очаге повреждения. Это подтверждается статистически не значимыми различиями в содержании калия ($p=0,17$), кальция ($p=0,52$), С-реактивного белка ($p=0,72$) через 1,5 часа после устранения компрессии в основной группе и в группе сравнения. В первую очередь это связано с блокадой микроциркуляторного русла вследствие травматического шока. Помимо этого, наложение жгута приводит к увеличению повреждения тканей конечности, о чем свидетельствуют статистически значимые различия между основной группой и группой сравнения в содержании С-реактивного белка ($p=0,047$), мочевины ($p=0,01$) и креатинина ($p=0,00$) через сутки после устранения компрессии.

Заключение. Объективных признаков эффективности применения жгута для предупреждения развития синдрома реперфузии-рециркуляции при синдроме длительного сдавления выявлено не было. Помимо этого, наложение жгута приводило к увеличению повреждения тканей конечности и к увеличению тяжести травматического шока.

Ключевые слова: лечение синдрома длительного сдавления, применение жгута, экспериментальная хирургия

Objectives. To assess the effectiveness of tourniquet application as a component of the first aid in crush syndrome on the basis of blood biochemical parameters.

Methods. The work is based on the experimental modeling a crush syndrome of moderate severity by the method developed by the author (compression is 25 kg/cm² on the area of 6 cm² on pelvic limb for 5 hours) in rabbits. In the main group, in contrast with the comparison group, after the removal of compression on the injured limb a tourniquet was applied for 1,5 hours. To estimate the tourniquet influence on local and system changes the 2-fold venous blood sampling for biochemical study has been performed (in 1,5 and 24 hours after the compression removal).

Results. In the first hours after the injury the rapid restoration of blood flow does not occur in the focus of damage. This is confirmed statistically by insignificant differences in the content of potassium ($p=0,17$), calcium ($p=0,52$), C-reactive protein ($p=0,72$) 1,5 hours after the compression removal in the main and comparison groups. First of all it is linked to the microcirculation bed blockage due to the traumatic shock. Moreover the tourniquet applying leads to an increasing limb tissue damage, justifying statistically significant difference between the main and comparison groups in C-reactive protein ($p=0,047$), urea ($p=0,01$) and creatinine ($p=0,00$) in a day after the compression removing.

Conclusions. Any objective signs of tourniquet application efficacy to prevent the development of reperfusion-recirculation in crush syndrome have not revealed. Besides the tourniquet application led to the increase of limb tissue damage and increase of trauma shock severity.

Keywords: crush syndrome treatment, application of tourniquet, experimental surgery

Novosti Khirurgii. 2014 May-Jun; Vol 22 (3): 280-385

The assessment of efficiency of tourniquet application as a component of the first aid at crush syndrome.

Report 1: the changes of biochemical parameters

A.P. Trukhan

Введение

Одной из нерешенных проблем оказания первой помощи пострадавшим с синдромом

длительного сдавления (СДС) является определение показаний к наложению кровоостанавливающего жгута.

Предположение о применении жгута ос-

новано на представлениях о патогенезе СДС. Пусковым моментом в развитии патологических изменений является поступление в системный кровоток продуктов миолиза и продуктов нарушенного обмена из разрушенных и ишемизированных мышц (так называемый, синдром реперфузии-рециркуляции) [1, 2, 3, 4, 5]. Данный процесс начинается после устранения компрессии, поэтому наложенный кровоостанавливающий жгут препятствует поступлению из поврежденных сегментов конечности в системный кровоток большое количество токсинов, которые обуславливают эндотоксикоз и нарушение функции внутренних органов, прежде всего почек. Поэтому ряд авторов рекомендуют наложение кровоостанавливающего жгута на поврежденные сегменты конечностей всем пострадавшим, извлекаемым из-под завалов. При этом жгут накладывается как можно раньше (в идеале — перед извлечением из-под завала) и снимается лишь при поступлении пострадавшего в стационар, обладающий возможностями проведения экстракорпоральной детоксикации, которые помогут уменьшить системное действие данных токсинов [6]. Казалось бы, вопрос целесообразности применения жгута однозначен и может быть закрыт.

Однако другие авторы указывают на некоторые моменты, которые ставят под сомнение целесообразность применения кровоостанавливающего жгута у всех пострадавших [1, 2, 7, 8]. Во-первых, жгут ухудшает кровоснабжение тканей, и без этого находящихся в состоянии ишемии, что может в последующем увеличить частоту выполняемых ампутаций. Во-вторых, наложение жгута само по себе является травматичной процедурой, увеличивающей тяжесть травматического шока у пострадавшего. В-третьих, имеются данные о нецелесообразности применения жгута. Прежде всего, это связано с наличием у пострадавшего тромбозов микроциркуляторного русла, обусловленного травматическим шоком. Образно говоря, у пострадавшего имеется «закрытая периферия», что препятствует поступлению в системный кровоток токсинов сразу после устранения компрессии. Поэтому эти авторы существенно уменьшают показания к наложению жгута у пострадавших, извлеченных из-под завалов, ограничиваясь продолжающимся кровотечением и полным разрушением сегмента конечности, которое в последующем приведет к ампутации.

Таким образом, вопрос определения показаний к применению кровоостанавливающего жгута у данной категории пациентов требует дальнейшего изучения. При этом получение объективных данных возможно только в резуль-

тате проведения экспериментальных исследований, которые позволят создать одинаковую тяжесть повреждения в изучаемых группах. Все это обусловило необходимость проведения данного блока научной работы.

Цель исследования. Оценить на основании биохимических показателей крови эффективность применения жгута как компонента первой помощи при синдроме длительного сдавления.

Материал и методы

Исследования выполнялись на базе вариатора 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. Синдром длительного сдавления моделировался при помощи разработанного автором прибора регулируемой компрессии (ПРК-1) (заявка на полезную модель № и 20130140 от 14.02.2013). Данное устройство представляет собой механический пресс, который позволяет осуществлять сжатие участка конечности лабораторного животного в определенном диапазоне значений параметров компрессии. Сдавление осуществлялось на площади 6 см² (мерная плитка 2,0×3,0 см) по внутренней поверхности тазовой конечности на 1 см медиальнее от проекции кости конечности, что предотвращало повреждение кости и магистральных сосудов. Сила компрессии была 25 кг/см², что контролировалось при помощи динамометрического ключа. Срок компрессии составил 5 часов. Таким образом, у животных моделировался синдром длительного сдавления средней степени [9].

В зависимости от оказываемой помощи в посткомпрессионный период все животные 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.

В обеих группах осуществлялся двукратный забор крови для биохимического исследования: через 1,5 часа после устранения компрессии (для оценки влияния на показатели перенесенного травматического шока) и через сутки после устранения компрессии (для оценки влияния на показатели реперфузии-рециркуляции) (рис.).

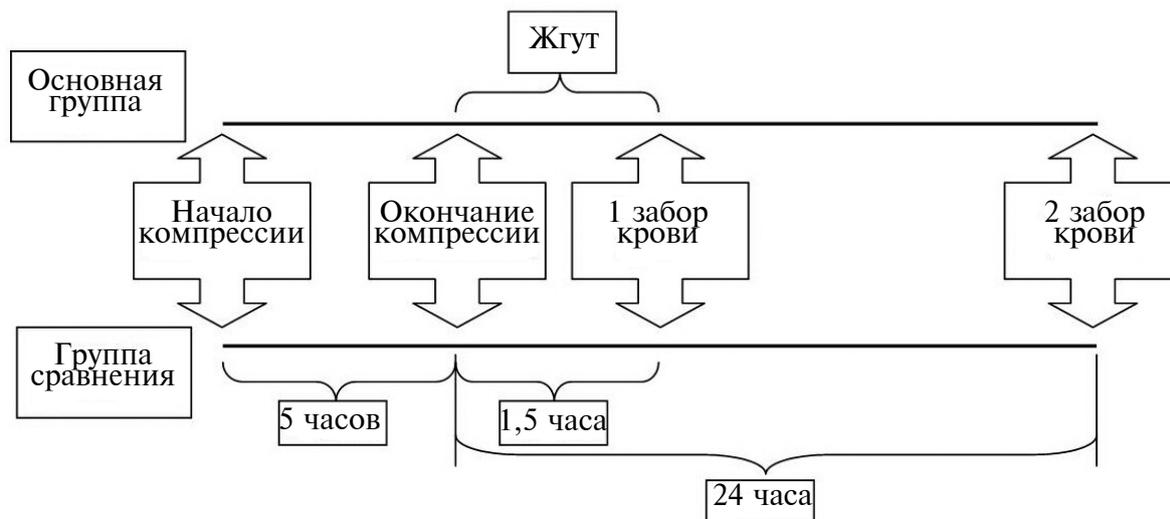


Рис. Схема экспериментального исследования

Биохимический анализ крови выполнялся в клиничко-диагностической лаборатории учреждения здравоохранения «2-я городская клиническая больница» г. Минска (одна из клинических баз кафедры военно-полевой хирургии). Изучались следующие показатели: мочеви́на, креатинин (индикаторы почечной дисфункции); калий, натрий, хлор, кальций (анализ ионных нарушений), С-реактивный белок (для определения его значения в патогенезе СДС). Исследования выполнялись на биохимическом анализаторе Mindray BS-400 и электролитном анализаторе ILITE по стандартным методикам.

Данные статистической обработки представлены в виде Me (25%-75%), где Me — медиана, 25%-й (LQ) и 75%-й (UQ) квартили. Для сравнения показателей между животными основной группы и группы сравнения (независимые данные) использовали критерий Mann-Whitney (U-test) (M-W). Для сравнения показателей первого и второго забора крови у животных одной группы (зависимые данные) использовали критерий Wilcoxon (Wilc.). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

В данной работе мы хотим представить первую часть полученных данных, касающихся

изменений некоторых биохимических показателей крови.

На первом этапе анализа результатов проводилось сравнение изучаемых параметров с нормальными показателями, определенными фирмами-производителями реактивов для биохимических исследований. Так как показатели значений ионов натрия и хлоридов у всех животных не выходили за границы нормы, то они были исключены из дальнейшего анализа.

При изучении изменений показателей индикаторов почечной дисфункции (мочевина, креатинин) были выявлены следующие закономерности (таблица 1).

Через 1,5 часа (первый забор) после устранения компрессии концентрация мочевины у животных основной группы была значимо выше, чем в группе сравнения. Мы расцениваем этот показатель как свидетельство наличия у животных основной группы более выраженных шоковых изменений, в том числе, с нарушением почечного кровотока и, соответственно, нарушением функции почек. Через сутки после устранения компрессии (второй забор) концентрация мочевины у животных основной группы также была значимо выше, чем в группе сравнения. Это также указывает на более выраженную тяжесть перенесенного шока в основной группе.

Подтверждение выявленной зависимости

Таблица 1

Группа	Изменения маркеров почечной дисфункции (мочевина) при СДС (Me (LQ-UQ))		Wilc.	p
	Мочевина (норма — 1,7-8,3 ммоль/л)			
	1 забор	2 забор		
Основная	8,4 (7,8-8,5)	7,9 (6,6-9,6)	0,4225	0,67
Сравнения	6,6 (6,4-6,7)	5,85 (5,1-6,3)	1,9917	0,04
M-W	5 (2,2857)	2 (2,7143)		
p	0,02	0,01		

Таблица 2

Изменения маркеров почечной дисфункции (креатинин) при СДС (Ме (LQ-UQ))				
Группа	Креатинин (норма – 53-110 ммоль/л)		Wilc.	p
	1 забор	2 забор		
Основная	109,0 (101,0-118,0)	117,0 (114,0-132,0)	2,1974	0,03
Сравнения	100,5 (96,0-112,0)	105,0 (94,0-112,0)	0	1,0
M-W	12 (1,2857)	0 (3,0)		
p	0,19	0,00		

было определено и при сравнении динамики показателей мочевины внутри групп (результаты первого и второго забора крови). Так, как видно из таблицы 1, через сутки после устранения компрессии в обеих группах отмечается снижение показателей мочевины, что объясняется нами купированием последствий перенесенного шока, восстановлением почечного кровотока, аутогемодилюцией. Однако только в группе сравнения (в отличие от основной группы) это снижение было статистически значимым. Это подтверждает более тяжелый травматический шок у животных основной группы. Кроме того, можно предположить, что в основной группе более выраженная почечная дисфункция обусловлена поступлением в кровоток большего количества продуктов нарушенного обмена из конечности, мышцы которой, помимо длительной компрессии, подвергались ишемии вследствие наложенного кровоостанавливающего жгута.

Сходная тенденция наблюдалась и при анализе показателей креатинина в изучаемых группах (таблица 2).

Как видно из таблицы 2, показатели креатинина в основной группе были выше, чем в группе сравнения. Однако только при втором заборе (через сутки после устранения компрессии) эти различия были статистически значимыми. Это подтверждает значение креатинина как более медленно реагирующего и более специфического, по сравнению с мочевиной, маркера почечной дисфункции. Выявленная зависимость определяется и при анализе изменений показателей креатинина внутри групп. В обеих группах при втором заборе крови отмечалось увеличение значений креатинина, причем в основной группе это увеличение было статистически значимым.

Таким образом, в основной группе выявлены более высокие значения маркеров почечной

дисфункции, как в результатах первого забора крови, что обусловлено более тяжелым травматическим шоком, так и в результатах второго забора крови, что может свидетельствовать о более выраженной блокаде почечных канальцев продуктами реперфузии-рециркуляции.

Калий выходит в большом количестве из разрушенных мышц и, попадая в системный кровоток, приводит к выраженным нарушениям в работе внутренних органов, прежде всего сердца. В ходе исследования не было выявлено статистически значимых различий в содержании ионов калия между животными основной группы и группы сравнения. Это касалось как результатов первого, так и второго забора ($p=0,17$ и $p=0,94$ соответственно).

Отсутствие различий в содержании ионов калия в результатах первого забора крови, на наш взгляд, обусловлено блокадой микроциркуляторного русла вследствие перенесенного шока в первые часы после устранения компрессии. Это подтверждается и отсутствием статистически значимых различий в содержании ионов кальция, который также выходит из разрушенных мышц, между основной группой (2,8 (2,7-2,8)) и группой сравнения (2,89 (2,7-3,32)) в результатах первого забора крови ($p=0,52$).

Отсутствие статистически значимых различий в содержании ионов калия между основной группой и группой сравнения в результатах второго забора крови связано, на наш взгляд, с одинаковым объемом разрушенных мышц у животных обеих групп.

Особое внимание мы уделили показателям С-реактивного белка. Как известно из литературных источников, данный протеин синтезируется в печени под воздействием различных медиаторов воспаления, которые, в свою очередь, образуются в организме вследствие перенесенной травмы. Данный показатель уже через 4-6

Таблица 3

Изменения С-реактивного белка при СДС (Ме (LQ-UQ))				
Группа	С-реактивный белок		Wilc.	p
	1 забор	2 забор		
Основная	2,0 (1,25-3,08)	4,6 (4,19-5,4)	2,3664	0,02
Сравнения	1,85 (1,5-2,6)	2,88 (1,6-4,2)	1,0954	0,27
M-W	18,5 (0,3571)	3,5 (1,9843)		
p	0,72	0,047		

часов начинает изменяться [10, 11, 12]. Таким образом, различия между сравниваемыми группами в содержании С-реактивного белка, при равенстве других факторов, отражают разницу в тяжести имеющихся повреждений.

В таблице 3 представлены результаты изменения показателей С-реактивного белка при СДС. Диапазон значений в норме, определенный фирмой-производителем лабораторных реактивов, составляет 0,0-1,0 мг/дл.

Как видно из таблицы 3, в результатах крови первого забора статистически значимых различий между основной группой и группой сравнения по данному показателю выявлено не было. Это подтверждает полученные ранее признаки блокады микроциркуляторного русла в ближайшие часы после устранения компрессии. Через сутки происходит закономерное увеличение содержания С-реактивного белка. Это объясняется постепенным восстановлением гемодинамики в освобожденном сегменте конечности и поступлением в кровь из очага повреждения различных веществ, в том числе и медиаторов воспаления. Однако только в основной группе данное увеличение было статистически значимым ($p=0,02$). Более того, уровень С-реактивного белка во втором заборе крови основной группы статистически значимо отличается и от группы сравнения ($p=0,047$). Можно утверждать, что более высокий уровень С-реактивного белка в основной группе через сутки после устранения компрессии свидетельствует о более высоком уровне медиаторов воспаления, что обусловлено более выраженным объемом повреждения тканей. Так как единственным различием в условии проведения эксперимента было наложение жгута у животных основной группы, то, следовательно, именно этот фактор обусловил большую тяжесть повреждения в основной группе.

Обсуждение

Показатели биохимического исследования первого забора крови (через 1,5 часа после устранения компрессии) указывают на наличие «блокады» микроциркуляторного русла. Об этом свидетельствует отсутствие статистически значимых между различий между основной группой и группой сравнения в концентрации маркеров разрушения мышечной ткани (калий, кальций). Таким образом, так как синдром реперфузии-рециркуляции не развивается сразу после устранения компрессии, то нет и необходимости в раннем наложении жгута на поврежденную конечность. Полученные резуль-

таты объективно подтверждают клинические наблюдения некоторых авторов [2].

Более того, полученные данные указывают не только на отсутствие положительного эффекта от наложения жгута, но и на наличие некоторых отрицательных моментов его применения. Прежде всего, это связано с усугублением травматического шока, что подтверждается более высокими показателями в основной группе маркеров почечной дисфункции как признаков снижения почечного кровотока. Также выявлено дополнительное повреждение тканей конечности жгутом, что связано с увеличением срока ишемии тканей. Это подтверждается, прежде всего, более высокими показателями С-реактивного белка через сутки после устранения компрессии в основной группе животных.

Так как предложенная методика моделирования СДС позволяет вызвать в эксперименте патологический процесс, идентичный такому у человека, то и полученные у лабораторных животных данные могут быть экстраполированы на человека. Можно обоснованно предположить, что нецелесообразно применять жгут у всех пострадавших, извлеченных из-под завалов, ограничив показания к его использованию продолжающимся кровотечением и полным размождением сегмента конечности.

Выводы

1. В первые часы после травмы не происходит быстрого восстановления кровотока в очаге повреждения, что подтверждается статистически не значимыми различиями в содержании калия, кальция, С-реактивного белка через 1,5 часа после устранения компрессии в основной группе и в группе сравнения.
2. Наложение жгута приводит к увеличению повреждения тканей конечности, о чем свидетельствуют статистически значимые различия между основной группой и группой сравнения в содержании С-реактивного белка, мочевины и креатинина через сутки после устранения компрессии.

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.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Цыбуляк Г. Н. Общая хирургия повреждений : рук. для врачей / Г. Н. Цыбуляк. – СПб. : Гиппократ, 2005. – 648 с.
2. Нечаев Э. А. Синдром длительного сдавления : рук. для врачей / Э. А. Нечаев, А. К. Ревской, Г. Г. Савицкий. – М. : Медицина, 1993. – 208 с.
3. Современные аспекты патогенеза синдрома длительного сдавления в клинике и эксперименте / К. Я. Шугаева [и др.] // Изв. Дагест. гос. пед. ун-та. Естеств. и точ. науки. – 2012. – № 2. – С. 96–100.
4. Sever M. S. Management of crush-related injuries after disasters / M. S. Sever, R. Vanholder, N. Lameire // N Engl J Med. – 2006 Mar 9. – Vol. 354, N 10. – P. 1052–63.
5. Greaves I. Consensus statement on the early management of crush injury and prevention of crush syndrome / I. Greaves, K. Porter, J. E. Smith // J R Army Med Corps. – 2003 Dec. – Vol. 149, N 4. – P. 255–59.
6. Синдром длительного сдавления / В. Н. Бордаков [и др.] // Воен. медицина. – 2013. – № 1. – С. 26–32.
7. Гаркави А. В. Синдром длительного сдавления мягких тканей конечностей / А. В. Гаркави // Мед. помощь. – 2000. – № 2. – С. 23–28.
8. Шердукалова Л. Ф. Классификация и лечение синдрома длительного сдавления / Л. Ф. Шерду-

- калова, Р. А. Ованесян, В. О. Галикян // Хирургия. Журн. им. Н. И. Пирогова. – 1999. – № 1. – С. 43–46.
9. Экспериментальное моделирование синдрома длительного сдавления / А. П. Трухан [и др.] // Хирургия. Восточ. Европа. – 2013. – № 1. – С. 70–75.
10. Устьянцева И. М. С-реактивный белок как маркер тяжести синдрома системного воспалительного ответа у больных в критическом состоянии / И. М. Устьянцева, О. И. Хохлова, О. В. Петухова // Политравма. – 2008. – № 3. – С. 12–15.
11. С-реактивный белок / А.В. Наумов [и др.] // Журн. Гродн. гос. мед. ун-та. – 2010. – № 4. – С. 3–11.
12. C-reactive protein: how conformational changes influence inflammatory properties / S. U. Eisenhardt [et al.] // Cell Cycle. – 2009 Dec. – Vol. 8, N 23. – P. 3885–92.

Адрес для корреспонденции

220034, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Азгура, д. 4,
Военно-медицинский факультет,
кафедра военно-полевой хирургии,
тел. моб.: +375 44-733-10-58,
e-mail: aleksdoc@yandex.ru,
Трухан Алексей Петрович

Сведения об авторах

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

УО «БГМУ», подполковник медицинской службы.

Поступила 10.02.2014 г.
