

А.П. Трухан, С.А. Жидков, В.Е. Корик, Т.А. Летковская,  
А.С. Жидков, Д.Г. Терешко

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИНДРОМА ДЛИТЕЛЬНОГО СДАВЛЕНИЯ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»

*В данной статье авторы приводят результаты исследования, целью которого стала разработка методики моделирования в эксперименте синдрома длительного сдавления (СДС) различных степеней тяжести. В ходе работы было установлено, что небольшая сила компрессии тазовой конечности лабораторного животного (10 кг/см<sup>2</sup>) в течение суток не приводит к развитию изменений во внутренних органах, соответствующих СДС. Большая сила компрессии (75 кг/см<sup>2</sup>) приводит к гибели животных от травматического шока во время компрессионного периода. Оптимальной для моделирования признана нагрузка 25 кг/см<sup>2</sup>. Продолжительность компрессии для СДС легкой степени составила 2 часа, средней степени – 5 часов, тяжелой степени – 8 часов. Работоспособность экспериментальной методики проверена в эксперименте.*

**Ключевые слова:** синдром длительного сдавления, экспериментальная хирургия.

**A.P. Trukhan, S.A. Zhidkov, V.E. Korik, T.A. Letkovskaya, A.S. Zhidkov, D.G. Tereshko**  
**DEVELOPMENT OF MODELING TECHNIQUES OF CRASH-SYNDROME**

*In this article the authors present the results of the study, the purpose of which was the development of modeling methodology of crash-syndrome (various degrees of severity) in experiments. During the work it was found that a small force of compression of pelvic limb of laboratory animals (10 kg/cm<sup>2</sup>) for a day does not cause changes in the internal organs, appropriated to crash-syndrome. Large force of compression (75 kg/cm<sup>2</sup>) leads to the death of animals from traumatic shock during the compression period. 25 kg/cm<sup>2</sup> was considered the optimal force for modeling. Time of compression for mild crash-syndrome was 2 hours, moderate - 5 hours, severe - 8 hours. The efficiency of this method was tested in the experiment.*

**Key words:** crash-syndrome, experimental surgery.

Вопросы патогенеза и лечения синдрома длительного сдавления (СДС) занимают значимое место в медицине катастроф [1,5,9]. Во многом это обусловлено высокой летальностью при тяжелых формах СДС, которая достигает 85-90%, являясь одной из самой высокой среди хирургических заболеваний [3,8]. Сложность изучения СДС заключается в том, что проведение клинические исследования в данной области затруднено. Это связано с разнообразием повреждений у пострадавших, сложностью объединения и систематизации полученных данных. Кроме того, оказание медицинской помощи большому количеству пострадавших в условиях дефицита сил и средств также затрудняет проведение исследований. Все это обуславливает важную роль эксперимента в изучении СДС [3].

Анализ литературных данных показал, что в большинстве исследований авторы моделировали СДС средней степени тяжести [2,4,6,7]. Полученные данные имеют большое значение для изучения патогенеза и эффективности методов лечения. Однако, у пострадавших, извлеченных из-под завалов, выраженность СДС более вариабельна, поэтому такое введение ограничений в изучении патологического процесса не позволяет получить весь спектр необходимых результатов. В качестве примера можно привести данные о пострадавших при землетрясении в Армении (1988), когда легкая степень СДС встречалась у 22,0% пострадавших, средняя степень – 42,9%, тяжелая степень – 35,1% [3]. Таким образом, экспериментальные исследования по СДС должны проводиться в более широком диапазоне.

В 2012 году на кафедре военно-полевой хирургии была

создана военно-научная школа, одним из приоритетных направлений деятельности которой стало изучение вопросов боевой хирургической травмы. Для полноценного проведения научных работ в данной области хирургии потребовалось создание методической базы для проведения экспериментальных исследований.

**Цель исследования:** разработать методику моделирования в эксперименте синдрома длительного сдавления различной степени тяжести.

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.).

Материалы и методы. Исследования выполнялись на базе вивария УО «Белорусский государственный медицинский университет». В качестве лабораторных животных использовались нелинейные морские свинки мужского пола. Исследования проводились в соответствии с требованиями «Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных научных целей» (Страсбург, 1986).

Для моделирования синдрома длительного сдавления применяли разработанный авторами прибор регулируемой компрессии (ПРК-1), который, по сути, представляет собой металлический пресс с возможностью объективно-

го измерения создаваемой компрессии на определенную площадь, что обеспечивает многократное повторение заданных условий эксперимента (заявка на полезную модель № и20130140 от 14.02.2013) [10].

**Результаты и обсуждение.** В соответствии с задачами научной работы и планом проведения исследований по данной тематике мы определили следующие требования, которым должна была соответствовать разрабатываемая модель СДС:

1. В результате проведенного эксперимента у животного должен был развиваться синдром длительного сдавления. Основными морфологическими признаками, подтверждающими наличие СДС, в соответствии с общепринятыми критериями, считали разрушение поперечно-полосатых мышц конечности и развитие в последующем специфических изменений в почках.

2. Методика должна быть «летальной», т.е. при отсутствии проводимого лечения животное должно погибать в посткомпрессионный период. Это требование обусловлено одним из основных требований экспериментальной медицины: соответствие патологического процесса, вызываемого в лабораторных условиях, изменениям в организме человека.

3. Животное должно самостоятельно пережить компрессионный период и ранний посткомпрессионный период (3 суток) (не считая введения анальгетиков). Это связано с тем, что для формирования специфических патологических изменений, как местных, так и во внутренних органах, необходимо восстановление кровообращения в конечности, которое развивается после устранения компрессии. Именно ранний посткомпрессионный период представляет значительный интерес для хирургов, так как он характеризуется высокой летальностью, во время него наиболее интенсивны процессы эндотоксикоза и начальные проявления полиорганной дисфункции. Качество оказания медицинской помощи в этом периоде во многом определяет исход лечения.

4. Методика должна быть простой в выполнении с возможностью многократного повторения заданных параметров компрессии.

В первую очередь мы определили оптимальную площадь сдавления. Компрессии подвергалась тазовая конечность животного (по данным литературы [3,8], у 81% пострадавших с СДС отмечались повреждения конечностей). Для достижения идентичных повреждений мы вызывали компрессию только мягких тканей (без сдавления кости и магистральных сосудов конечностей). Таким образом, компрессии подвергалась внутренняя поверхность тазовой конечности на 1 см медиально от проекции кости конечности. Использование в данном эксперименте мелких лабораторных животных (морских свинок) обусловило применение для компрессии мерных плиток небольших размеров (2 см<sup>2</sup>). Таким образом, после определения оптимальной площади сдавления, используемой в эксперименте, мы приступили к подбору времени и силы сдавления. На первом этапе мы решили использовать время компрессии, равное 24 часам. Выбор данного временного интервала был обусловлен несколькими факторами. Во-первых, развитие и структура подразделений Министерства по чрезвычайным ситуациям в нашей стране, отсутствие распространенной высотной

застройки позволяет считать это время максимальным сроком для извлечения пострадавших из-под завалов в случае техногенной катастрофы. Во-вторых, необходимо было определиться с возможностью использования в эксперименте данного максимального временного интервала (смогут ли животные выдержать компрессионный период данной продолжительности), так как для моделирования более легких форм СДС планировалось применение меньшего времени компрессии.

После определения площади сдавления и времени его проведения необходимо было подобрать силу компрессии. Анализ доступной нам медицинской литературы показал, что различные авторы приводят данные о значении компрессии от 10 до 70-80 кг/см<sup>2</sup> [2,4,6,7]. Именно эти параметры стали ориентирами при проведении дальнейших исследований.

В зависимости от степени компрессии, возможность объективного измерения которой заложена в устройство ПРК-1, животные были разделены на несколько групп, по 5 морских свинок в каждой. Мы начали исследование с компрессионной нагрузки 10 кг/см<sup>2</sup> (группа 1). Животные выдерживали данную компрессию в течение суток, а также запланированную продолжительность посткомпрессионного периода. На 3 сутки животные выводились из эксперимента с помощью передозировки эфирного наркоза. При анализе результатов морфологических исследований было установлено, что некротические изменения развиваются только в отдельных мышечных волокнах конечности, выявлено появление изменений в почечных канальцах (дистрофические изменения в эпителии, появление гомогенных слепков в просвете отдельных канальцев), в то время как в других внутренних органах (легкие, печень, сердце) изменений практически не было. Таким образом, нагрузка 10 кг/см<sup>2</sup> была признана нами недостаточной для моделирования синдрома длительного сдавления, так как не вызывала полного спектра специфических изменений после максимального срока компрессии в течение раннего посткомпрессионного периода. Уменьшение сроков сдавления конечности привело бы еще к менее выраженным изменениям, что не позволило бы решать задачи эксперимента.

Затем мы использовали нагрузку в 75 кг/см<sup>2</sup> (группа 2). В результате применения данной нагрузки животные погибли от шока через 6-10 часов, не доживая до запланированного окончания компрессионного периода. В мышцах конечности отмечались выраженные некротические изменения. Во внутренних органах были выявлены морфологические признаки, соответствующие тяжелому травматическому шоку. Таким образом, данная сила компрессии была «запредельной» для данных животных и не соответствовала требованиям, предъявляемым нами к разрабатываемой методике (необходимость достижения раннего посткомпрессионного периода). Небольшое время компрессии не позволяло уменьшить его для получения менее выраженных изменений. На основании этих критериев данная нагрузка также была исключена из исследования.

После этого мы остановились на силе компрессии в 25 кг/см<sup>2</sup> (группа 3). Животные выдерживали компрессионный период в течение 24 часов, после снятия компрессии жили в течение 8-16 часов, после чего умирали. В мышцах

конечности отмечались некротические изменения. Во всех исследуемых внутренних органах (почки, печень, легкие, сердце) определялись выраженные изменения, свидетельствующие о развитии органной недостаточности. Таким образом, животные погибали от синдрома длительного сдавления тяжелой степени, что подтверждалось данным в медицинской литературе о клинической картине и морфологических изменениях (смерть пострадавших в ближайшие часы после освобождения из-под завалов). Сила компрессии 25 кг/см<sup>2</sup> была признана нами «рабочей» нагрузкой для последующих исследований.

Для возможности изучения СДС различной степени тяжести нами было предложено применение более «щадящих» параметров компрессии. Так как мы не могли уменьшить площадь компрессии (площадь 2 см<sup>2</sup> является оптимальной для сдавления мягких тканей бедра, уменьшение ее будет вызывать слишком маленький объем повреждений) либо силу компрессии (меньшая сила не будет вызывать изменения во внутренних органах), то было принято решение об изменении времени компрессии. В соответствии с существующей классификацией СДС [3,8,9], нами были определены следующие временные интервалы компрессионного периода: СДС легкой степени – 2 часа, СДС средней степени тяжести – 5 часов, СДС тяжелой степени – 8 часов. Предложенные параметры компрессии были проверены нами в эксперименте. При этом во всех группах животных были достигнуты некротические изменения в поперечно-полосатой мускулатуре сдавливаемой конечности, причем выраженность данных изменений напрямую зависела от времени компрессии. Помимо этого, были выявлены изменения во внутренних органах (почки, печень, легкие, сердце), соответствующие морфологическим признакам синдрома длительного сдавления, описанным в литературе. Были выявлены четкие различия между группами животных с разным временем компрессии, которые подтверждались как описательной характеристикой, так и морфометрией. Все это подтвердило соответствие разработанной методики предъявляемым к ней требованиям и адекватность ее патологическим изменениям, наблюдаемым при СДС.

### Выводы

1. Для адекватного изучения СДС в эксперименте требуется четкое соблюдение следующих условий: объективное измерение всех параметров компрессии, возможность многократного их повторения.

2. СДС легкой степени соответствует нагрузка 25 кг/см<sup>2</sup> в течение 2 часов, средней степени – 5 часов, тяжелой степени – 8 часов.

### Литература

1. Гаркави, А.В. Синдром длительного сдавления мягких тканей конечностей / А.В. Гаркави. // Медицинская помощь. – 2000. – №2. – С. 23-28.

2. Лукьянова, Е.С. Морфофункциональные изменения печени и почек в различные периоды синдрома длительного сдавления и на фоне применения ксенобиотиков. автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Е.С. Лукьянова; Новосибирский гос. мед. ун-т. – Новосибирск, 2006. – 35 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. Поветкина, З.Г. Изменение костно-мозгового кровотока при длительном раздавливании (краш-синдроме). автореф. дис. ... канд. мед. наук / З.Г. Поветкина; Донецкий гос. мед. ин-т. – Донецк, 1967. – 16 с.

5. Рудаев, В.И. Острая ишемическая травма мягких тканей конечности / В.И. Рудаев, А.Л. Кричевский, И.К. Галеев. – Кемерово, 1999. – 360 с.

6. Савицкий, Г.Г. Клинико-экспериментальное обоснование лечебной тактики в раннем периоде СДС на этапах медицинской эвакуации. автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Г.Г. Савицкий; ВМедА. – Ленинград, 1990. – 32 с.

7. Сигида, Е.А. К вопросу клиники и лечения синдрома длительного раздавливания мягких тканей конечностей. автореф. дис. ... канд. мед. наук / Е.А. Сигида; Алма-Атинский гос. мед. ин-т. – Алма-Ата, 1968. – 16 с.

8. Цыбуляк, Г.Н. Общая хирургия повреждений. Руководство для врачей / Г.Н. Цыбуляк. – СПб.: Гиппократ, 2005. – 640 с.

9. Шердукалова, Л.Ф. Классификация и лечение синдрома длительного сдавления / Л.Ф. Шердукалова, Р.А. Ованесян, В.О. Галикян // Хирургия. – 1999. – №1. – С. 43-46.

10. Экспериментальное моделирование синдрома длительного сдавления / А.П. Трухан [и др.] // Хирургия. Восточная Европа. – 2013. – №1. – С. 70-75.