

А. С. Жидков, В. Е. Корик, А. П. Трухан, С. А. Жидков,
С. Н. Пивоварчик, Д. Г. Терешко

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗМЕНЕНИЙ В МЫШЦАХ И ВНУТРЕННИХ ОРГАНАХ ПРИ СИНДРОМЕ ДЛИТЕЛЬНОГО СДАВЛЕНИЯ

Военно-медицинский факультет
в УО «Белорусский государственный медицинский университет»

Синдром длительного сдавления является сложной для диагностики и лечения патологией, имеющей высокую летальность. В зависимости от времени и силы компрессионного воздействия выделяют лёгкую, среднюю и тяжёлую степени тяжести. Одним из актуальных вопросов является понимание патогенетических механизмов, специфичных для каждой из степени тяжести, позволяющее дифференцировано подходит к тактике лечения. Морфологическая динамика в мышцах и внутренних органах в раннем посткомпрессионном периоде при разных степенях тяжести является одним из основополагающих компонентов изучения патогенеза СДС.

Ключевые слова: синдром длительного сдавления, посткомпрессионный период, морфометрия.

A. S. Zhidkov, V. E. Korik, A. P. Trukhan, S. A. Zhidkov, S. N. Pivovarchik, D. G. Tereshko

THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTIC OF CHANGES IN MUSCLES AND INTERNALS AT LONG SDAVLENIYA'S SYNDROME

Crush syndrome is difficult to diagnose and treat disorder having a high mortality rate. Depending on the time and effort of compression impact allocate an easy, middle and heavy degrees of severity. One of the most pressing issues is the understanding of the pathogenic mechanisms specific to each of the severity that allows a differentiated approach to the treatment strategy. The morphological dynamics in the muscles and internal organs in the early postcompression period with varying degrees of severity is a fundamental component of the study of the pathogenesis of crush syndrome.

Key words: crush syndrome, postcompression period, morphometry.

Синдром длительного сдавления (СДС) представляет собой сложный патологический процесс, пусковым моментом в развитии которого является длительная компрессия участков туловища или конечностей. Последующее после декомпрессии восстановление кровотока в пораженной анатомической области приводит к поступлению в системный кровоток большого количества токсических веществ из разрушенной мышечной ткани [1, 2, 3].

В последние десятилетия СДС приобретает особую актуальность в связи с ростом стихийных бедствий, техногенных и автокатастроф, большого количества вооружённых конфликтов, а также с наличием множества невыясненных, спорных вопросов патогенеза. Высокая летальность среди пострадавших с СДС, достигающая 80–90%, обуславливает необходимость дальнейшего исследования данной патологии [4].

Значимую роль в диагностике СДС играет верификация степени тяжести травмы, от которой напрямую зависит выбор лечебной тактики. В литературе встречаются данные об изучении функциональных сдвигов организма, специфичных для определённой степени тяжести СДС, на основе изучения различных показателей сыворотки крови [5, 6].

В то же время, вопросу зависимости морфологических изменений, происходящих в тканях и органах при СДС, от степени тяжести травмы уделено недостаточно внимания.

Цель исследования: выявить зависимость морфологических изменений в повреждённой мышечной ткани и внутренних органах от степени тяжести СДС в раннем посткомпрессионном периоде.

Материал и методы. Объектом исследования являлись 54 нелинейные морские свинки мужского пола массой от 800 до 1000 г. Синдром длительного сдавления моделировался при помощи разработанного авторами прибора регулируемой компрессии (ПРК-1) (патент № 10165 от 17.03.2014) [7]. Сдавление осуществлялось на площади 2 см² по внутренней поверхности тазовой конечности на 1 см медиальнее от проекции кости, что предотвращало повреждение кости и магистральных сосудов. Сила компрессии контролировалась динамометрическим ключом и была 25 кг/см² [8]. Животных по времени компрессии разделили на 3 группы: I группа (18 животных) – 2 часа (лёгкая степень СДС); II группа (18 животных) – 5 часов (средняя степень СДС) и III группа (18 животных) – 8 часов (тяжёлая степень СДС). В свою очередь, животные каждой из экспериментальных групп были поделе-

ны на 3 подгруппы (по 6 животных в каждой), которые выводились из эксперимента через 24, 48 и 72 часа соответственно.

Для микроскопического исследования производился забор повреждённой мышечной ткани непосредственно из места компрессионного воздействия, а также фрагменты почечной, печёночной и лёгочной тканей. Изготовление препаратов осуществлялось по стандартной методике окраски гематоксилином и эозином.

Для морфологической оценки повреждённой мышечной ткани использовался индекс морфологических изменений мышц (далее индекс ИМИМш) (рационализаторское предложение № 18 от 25.09.2014 г.). Изменения в почечной ткани осуществлялось при помощи индекса морфологических изменений почек (далее индекс ИМИПч) (рационализаторское предложение № 16 от 25.09.2014 г.). Морфологическая оценка изменений в лёгочной ткани осуществлялось при помощи индекса морфологических изменений лёгких (далее индекс ИМИЛг) (рационализаторское предложение № 17 от 25.09.2014 г.). Изменения в печёночной ткани оценивались при помощи индекса морфологических изменений печени (далее индекс ИМИПеч) (рационализаторское предложение № 10 от 29.09.2015 г.). Производилось изучение динамики вышеуказанных индексов на протяжении раннего посткомпрессионного периода при каждой из степеней тяжести, а также сравнение между группами животных с различными степенями тяжести СДС через 24, 48 и 72 часа соответственно. Измерение структурных компонентов производили в 10 случайно выбранных полях зрения при увеличении микроскопа ×100.

Данные представлены в виде Me (25%-75%), где Me – медиана, 25% и 75% – 25 и 75 процентиля. Для определения статистически значимых различий между данными анализов у животных разных групп в количественных непараметрических данных использовали критерий Kruskal-Wallis (K-W test). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Для оценки морфологических изменений в мышечной ткани при СДС нами предложен индекс морфологических изменений мышц (ИМИМш), который включал следующие параметры: преднекротические и некротические изменения, клеточную инфильтрацию, блокада микроциркуляторного русла. При этом статистически значимых изменений индекса на протяжении раннего посткомпрессионного периода у животных с лёгкой степенью СДС выявлено не было (таблица 1).

Таблица 1. Значение индекса морфологических изменений мышц (баллы) у экспериментальных животных с СДС, Ме (25%-75%)

Степень тяжести СДС (время компрессии)	Срок вывода из эксперимента (часы)			Влияние	Достоверность
	24	48	72		
Легкая (2 ч)	6,5 (3; 9)	8,5 (6; 11)	5,5 (3; 10)	-	-
Средняя (5 ч)	4 (4; 4)	7 (7; 11)	11 (7; 11)	H = 10 p = 0,007	$z_{24-72} = 2,9$ $p_{24-72} = 0,01$
Тяжелая (8 ч)	4 (4; 4)	7 (7; 11)	8,5 (7; 10)	H = 8,5 p = 0,01	$z_{24-48} = 2,5$ $p_{24-48} = 0,04$
Влияние	-	-	-	-	-
Достоверность	-	-	-	-	-

При средней степени тяжести были выявлены статистические различия между животными, выведенными из эксперимента в разные сроки (H = 10, p = 0,007). Нами был отмечен достоверный рост индекса ИМИМш между первыми и третьими сутками ($z_{24-72} = 2,9$, $p_{24-72} = 0,01$) за счёт распространения некроза и клеточной инфильтрации в мышечной ткани.

Анализ морфологических изменений в мышечной ткани при тяжёлой степени СДС также, как и при средней степени, выявил достоверные различия индекса МИМш между животными, выведенными в разные сутки раннего посткомпрессионного периода (H = 8,5, p = 0,01). При этом рост индекса ИМИМш был выявлен между первыми и вторыми сутками раннего посткомпрессионного периода ($z_{24-48} = 2,5$, $p_{24-48} = 0,04$). Однако, в отличие от средней степени СДС, при тяжёлой разницы наблюдалась в первую очередь за счёт распространённой блокады микроциркуляторного русла.

Достоверных различий между животными с различными степенями тяжести СДС в первые, вторые и третьи сутки раннего посткомпрессионного периода получено не было.

Таким образом, структурные изменения в мышечной ткани при лёгкой степени СДС в раннем посткомпрессионном периоде ограничены и не имеют тенденции к прогрессированию. При средней степени СДС отмечено умеренное прогрессирование некроза на протяжении всего раннего посткомпрессионного периода. При тяжёлой степени СДС имеет место быстро прогрессирующий процесс блокады МЦР.

Для оценки морфологических изменений в лёгочной ткани при СДС нами предложен индекс морфологических изменений в лёгких (ИМИЛ), который включал следующие параметры: изменения микроциркуляторного русла (полнокровие, малокровие, сладжи, тромбы и (или) фибриновые структуры, нейтрофилы и эозинофилы); состояние паренхимы лёгких (альвеолярный отёк, кровоизлияние, воспалительный экссудат в альвеолах, макрофаги, гиалиновые мембраны, ателектазы, эмфизема), а также состояние стромы лёгких (интерстициальный отёк, кровоизлияния, инфильтрация межальвеолярных перегородок), при этом статистически значимых изменений индекса на протяжении раннего посткомпрессионного периода у животных с лёгкой степенью СДС выявлено не было (таблица 2).

Таблица 2. Значение индекса морфологических изменений лёгких (баллы) у экспериментальных животных с СДС, Ме (25%-75%)

Степень тяжести СДС (время компрессии)	Параметр	Срок вывода из эксперимента (часы)			Влияние	Достоверность
		24	48	72		
Легкая (2 ч)	ИМИЛг	4,5 (4; 6)	5 (3; 6)	5,5 (4; 7)	-	-
Средняя (5 ч)	изменения МЦР	3 (1; 5)	1 (0; 1)	1 (1; 2)	H = 6,9 p = 0,032	-
	состояние стромы лёгких	1 (1; 2)	2,5 (2; 3)	2,5 (2; 4)	H = 7,3 p = 0,026	$z_{24-72} = 2,5$ $p_{24-72} = 0,04$
	ИМИЛг	5,5 (3; 9)	5 (5; 6)	5,5 (5; 8)	-	-
Тяжелая (8 ч)	ИМИЛг	5 (3; 8)	5 (5; 7)	7 (4; 8)	-	-
Влияние	изменения МЦР	-	-	H = 7,5 p = 0,024	-	-
	состояние стромы лёгких	H = 9,3 p = 0,01	H = 6,1 p = 0,047	-	-	-
	ИМИЛг	-	-	-	-	-

Степень тяжести СДС (время компрессии)	Параметр	Срок вывода из эксперимента (часы)			Влияние	Достоверность
		24	48	72		
Достоверность	изменения МЦР	-	-	$z_{2-8} = 2,4$ $p_{2-8} = 0,04$	-	-
	состояние стромы лёгких	$z_{2-8} = 2,4$ $p_{2-8} = 0,04$ $z_{5-8} = 2,4$ $p_{5-8} = 0,04$	-	-	-	-
	ИМИЛг	-	-	-	-	-

При СДС средней степени тяжести мы наблюдали значимое изменение микроциркуляторного русла за счёт уменьшения количества сладжей и тромбов на протяжении трёх суток ($N = 6,9$; $p = 0,032$) с одновременным изменением состояния стромы лёгких ($N = 7,3$; $p = 0,026$) в виде увеличения отёка, увеличения очагов кровоизлияний и усугубления инфильтрации межальвеолярных перегородок, при чём вышеописанные изменения происходили на протяжении всего изучаемого периода с достоверной разницей ИМИЛг между первыми и третьими сутками ($z_{24-72} = 2,5$; $p_{24-72} = 0,04$).

Расчёты данных при тяжёлой степени СДС не показал значимых различий как индексу ИМИЛг.

Между тем, сравнение морфологической картины изменений в лёгочной ткани между группами животных с различными степенями тяжести СДС в первые сутки раннего посткомпрессионного периода выявило значимые различия в состоянии лёгочной стромы ($z_{24-72} = 2,5$; $p_{24-72} = 0,04$). При этом, наблюдался более выраженная картина деструктивных изменений при сравнении тяжёлой и лёгкой степени ($z_{2-8} = 2,4$; $p_{2-8} = 0,04$), а также тяжёлой и средней степени СДС ($z_{5-8} = 2,4$; $p_{5-8} = 0,04$). Таким образом, уже в первые сутки раннего посткомпрессионного периода имеют место «шоковые» изменения в лёгочной ткани, обусловленные тяжёлой степенью СДС.

Через 48 часов после декомпрессии мы не наблюдали достоверной разницы в морфологической

картине лёгочной ткани при разных степенях тяжести СДС.

На третьи сутки, мы выявили значимые различия в оценке состоянии микроциркуляторного русла ($N = 7,5$; $p = 0,024$). Была выявлена достоверная разница между лёгкой и тяжёлой степенями СДС ($z_{2-8} = 2,4$; $p_{2-8} = 0,04$) за счёт выраженной картины полнокровия.

Таким образом, морфологическая картина лёгочной ткани существенно отличается в зависимости от степени компрессии, что, в свою очередь, уже проявляется в первые сутки раннего посткомпрессионного периода.

Для оценки морфологических изменений в почечной ткани при СДС нами предложен индекс морфологических изменений в почках (ИМИПч), который включал следующие параметры: дистрофия эпителия канальцев, некроз эпителия канальцев, блок канальцев, кальцификаты.

Расчёты индекса МИПч показали, что при каждой из степеней тяжести СДС в раннем посткомпрессионном периоде отсутствуют значимые изменения в морфологической картине. Между тем, при сравнении групп животных с разными степенями тяжести выявил достоверную разницу по индексу МИПч на третьи сутки, при этом более низкие значения получены при лёгкой степени СДС ($N = 6,1$; $p = 0,046$) за счёт менее распространённого некроза эпителия и блока канальцев (таблица 3).

Таблица 3. Значение индекса морфологических изменений почек (баллы) у экспериментальных животных с СДС, Ме (25%-75%)

Степень тяжести СДС (время компрессии)	Срок вывода из эксперимента (часы)			Влияние	Достоверность
	24	48	72		
Легкая (2 ч)	7,5 (3,5; 10,5)	8,5 (8; 9)	8 (7,5; 8,5)	-	-
Средняя (5 ч)	10 (6,75; 11,5)	10,5 (7,75; 11)	9,5 (8,25; 11,5)	-	-
Тяжелая (8 ч)	10,5 (8,5; 12)	8 (8; 8,75)	10,5 (8,5; 11,5)	-	-
Влияние	-	-	$N = 6,1$ $P = 0,046$	-	-
Достоверность	-	-	-	-	-

Таким образом, в конце раннего посткомпрессионного периода СДС повреждающее действие большого объема токсинов, вышедших в кровоток после декомпрессии, предопределяет деструктивные изменения в почках при тяжёлых степенях тяжести СДС, приводящих в последствие к развитию ОПН.

Для оценки морфологических изменений в тканях печени при СДС нами предложен индекс мор-

фологических изменений в печени (ИМИПеч), который включал следующие параметры: инфильтрация портального тракта, инфильтрация печёночной дольки, вакуольная дистрофия, полнокровие, центроlobулярный некроз. Проведенные исследования выявили значимые различия в индексе ИМИПеч между животных при лёгкой степени СДС ($N = 6,7$; $p = 0,037$), при этом более высокое значение получено на третьи сутки (таблица 4).

Таблица 4. Значение индекса морфологических изменений печени (баллы) у экспериментальных животных с СДС, Ме (25%-75%)

Степень тяжести СДС (время компрессии)	Срок вывода из эксперимента (часы)			Влияние	Достоверность
	24	48	72		
Легкая (2 ч)	3 (1; 4)	2 (2; 3)	4 (4; 4)	$N = 6,6$ $p = 0,037$	-
Средняя (5 ч)	4,5 (4; 5)	4 (4; 5)	6 (6; 7)	$N = 6,7$ $p = 0,035$	-
Тяжелая (8 ч)	6 (5; 6)	7 (7; 8)	8 (7; 8)	$N = 9,7$ $p = 0,008$	$z_{24-72} = 2,9$ $p_{24-72} = 0,01$
Влияние	$N = 11,2$ $p = 0,004$	$N = 13,3$ $p = 0,0013$	$N = 15,2$ $p = 0,0005$	-	-
Достоверность	$z_{2-8} = 3,3$ $p_{2-8} = 0,003$	$z_{2-8} = 3,3$ $p_{2-8} = 0,003$	$z_{2-8} = 3,8$ $p_{2-8} = 0,0005$	-	-

При средней степени СДС наблюдалось значимое изменение ИМИПеч на протяжении раннего посткомпрессионного периода ($N = 6,7$; $p = 0,027$), в первую очередь за счёт распространения инфильтрации печёночной дольки.

Анализ морфологической картины изменений в тканях печени при тяжёлой степени СДС определил значимые изменения ($N = 9,7$; $p = 0,008$) с достоверной разницей в показателях, рассчитанных в первые и третьи сутки ($z_{24-72} = 2,9$; $p_{24-72} = 0,01$). При этом наблюдалось: прогрессирование инфильтрации портальной дольки; увеличение очагов вакуольной дистрофии, а также распространение полнокровия.

Сравнение индекса ИМИПеч в первые сутки раннего посткомпрессионного периода СДС определило значимую разницу в морфологической картине при разных степенях тяжести СДС ($N = 11,2$; $p = 0,004$), при этом картина деструкции при лёгкой степени тяжести достоверно менее выражена, чем при тяжёлой степени ($z_{2-8} = 3,3$; $p_{2-8} = 0,003$). Разница была выявлена за счёт меньшей инфильтрации портального тракта, печёночной дольки и вакуольной дистрофии.

На вторые сутки раннего посткомпрессионного периода также была выявлена значимая разница индекса ИМИПеч между группами с разными степенями СДС ($N = 13,3$; $p = 0,0013$), расчёты показали менее выраженные изменения (инфильтра-

ция портального тракта и печёночной дольки) при лёгкой степени СДС, чем при тяжёлой.

Через 72 часа после декомпрессии индекс ИМИПеч имел достоверные отличия между животными с разными степенями СДС ($n = 15,2$; $p = 0,0005$). Наиболее достоверная разница за счёт более выраженных инфильтрации печёночной дольки, вакуольной дистрофии, а также полнокровия наблюдалась между группами с лёгкой и тяжёлой степенью повреждений ($z_{2-8} = 3,8$; $p_{2-8} = 0,0005$).

Таким образом, степень выраженности прогрессирования некробиотических изменений в ткани печени специфична для каждой степени тяжести СДС, что проявляется уже в первые сутки.

Выводы

1. Гистологические изменения в мышечной ткани при лёгкой степени СДС в раннем посткомпрессионном периоде ограничены и не имеют тенденции к прогрессированию. При средней степени СДС отмечено умеренное прогрессирование некроза на протяжении всего раннего посткомпрессионного периода. При тяжёлой степени СДС имеет место быстропрогрессирующий процесс блокады МЦР;

2. Морфологическая картина лёгочной ткани существенно отличается в зависимости от степени компрессии, что, в свою очередь, уже проявляется

в первые сутки раннего посткомпрессионного периода;

3. В конце раннего посткомпрессионного периода СДС повреждающее действие большого объёма токсинов, вышедших в кровоток после декомпрессии, предопределяет деструктивные изменения в почках при тяжёлых степенях тяжести СДС, приводящих в последствие к развитию ОПН;

4. Степень выраженности прогрессирования некробиотических изменений в ткани печени специфична для каждой степени тяжести СДС, что проявляется уже в первые сутки.

Литература

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

2. Шугаева, К. Я. Современные аспекты патогенеза синдрома длительного сдавления в клинике и эксперименте / К. Я. Шугаева, М. А. Магомедов, К. К. Магомедов, Р. К. Шахбанов // Известия Дагестанского государственного

педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2012. – № 2. – С. 96–100.

3. Sever, M. S. Management of crush-related injuries after disasters / M. S. Sever, R. Vanholder, N. Lameire // New England Journal of Medicine. – 2006. – № 10. – P. 1052–1063.

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

5. Самсонова, Е. Н. Динамика содержания бактериального липосахаридов в сыворотке крови в декомпрессионном периоде синдрома длительного сдавления / Е. Н. Самсонова, В. Ю. Радустов, Д. Д. Цыренджоев, А. В. Ефремов // Дальневосточный медицинский журнал. – 2005. – № 1. – С. 27–29.

6. Prasad, A. A case of flax seed induced rhabdomyolysis / A. Prasad, R. Kumar, H. Ramanan // Journal of clinical and diagnostic research. – 2012. – № 6

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

8. Трухан, А. П. Влияние силы компрессии конечности на выраженность морфологических изменений при синдроме длительного сдавления / А. П. Трухан [и др.] // Новости хирургии. – 2013. – № 4. – С. 43–47.