

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТАКТИКИ МНОГОЭТАПНОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ РАДИАЦИОННО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЙ

¹ Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Лесопарковая, д. 4);

² Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6);

³ Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8)

Актуальность. На сегодняшний день в хирургии повреждений мирного и военного времени активно и эффективно используется тактика многоэтапного хирургического лечения (МХЛ). Однако данных об эффективности этой тактики при комбинированных радиационно-механических поражениях (КРМП) в доступной литературе найдено не было.

Цель исследования – на мелких лабораторных животных (кроликах) разработать модель КРМП, позволяющую изучать эффективность применения тактики МХЛ по сравнению с тактикой одномоментной исчерпывающей операции.

Методика. Была предложена модель КРМП тяжелой степени. Животные подвергались общему равномерному кратковременному гамма-облучению, а затем им наносили травму печени на фоне кровопотери 40 % от объема циркулирующей крови и гипотермии. После моделирования поражения было произведено сравнение эффективности тактики МХЛ и тактики одномоментной исчерпывающей операции. В ходе исследования оценивали следующие показатели: средняя продолжительность жизни и летальность животных, изменения клеточного состава периферической крови, особенности поведенческих реакций на облучение, объем кровопотери и время выполнения оперативного вмешательства.

Результаты и их анализ. В эксперименте показано, что тактика МХЛ имеет преимущество перед традиционной тактикой одномоментной исчерпывающей операции в случае КРМП. При выполнении МХЛ отсутствовала гибель кроликов в 1-е сутки после операции, при реализации одномоментной исчерпывающей операции погибли 3 особи, кроме того, летальность была абсолютной, в то время как при многоэтапном лечении 1 кролик выжил (12,5 %). Выполнение окончательной операции при МХЛ происходит до начала периода разгара острой лучевой болезни, что соответствует требованиям указаний по лечению КРМП. В ходе выполнения исследования было установлено, что предложенная модель КРМП способствует формированию феномена взаимного отягощения и, как результат, происходит утяжеление как лучевого, так и механического компонентов поражения.

Заключение. Предложенная экспериментальная модель нанесения КРМП тяжелой степени позволяет изучить возможность тактики МХЛ в лечении данной патологии. МХЛ является перспективным методом хирургического лечения КРМП, однако, для более точной экстраполяции данных с животного на человека требуется проведение дополнительного исследования на крупных лабораторных животных.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, радиобиология, комбинированные радиационные поражения, травма, экспериментальная хирургия, многоэтапное хирургическое лечение.

Введение

В традиционном понимании комбинированные радиационные поражения – результат многокомпонентного патологического процесса, развивающегося при одновременном или последовательном воздействии на орга-

низм ионизирующих излучений и других неблагоприятных поражающих факторов ядерного взрыва или радиационной аварии [5].

Появление в 1950-е годы нового вида патологии – комбинированных радиационно-механических поражений (КРМП) – обусловило

Селезнёв Алексей Борисович – канд. мед. наук доц., зам. нач. науч.-исслед. центра мед.-биол. защиты, Гос. науч.-исслед. испыт. ин-т воен. медицины (Россия, 195043, Санкт-Петербург, ул. Лесопарковая, д. 4), e-mail: alexseleznov@list.ru;

✉ Носов Артём Михайлович – канд. мед. наук, нач. науч.-исслед. лаб. (военной хирургии), Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6), e-mail: Artem_svu06@mail.ru;

Козяев Василий Алексеевич – адъюнкт каф. термич. поражений, Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6), e-mail: vakoz86@mail.ru;

Гребенюк Александр Николаевич – д-р мед. наук проф., каф. медицины катастроф Первого Санкт-Петерб. гос. мед. ун-та им. акад. И.П. Павлова (Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8), e-mail: grebenyuk_an@mail.ru

бурный всплеск исследований особенностей клинической картины, патогенеза и лечения комбинированных поражений. Итогом изучения проблемы комбинированных поражений в течение нескольких десятилетий явилось то, что на сегодняшний день в отечественных и зарубежных руководствах по военно-полевой хирургии сформулированы основные принципы оказания хирургической помощи пораженным с данной патологией, указывающие, что в основе хирургической тактики при КРМП лежит принцип выполнения всех оперативных вмешательств до начала периода разгара лучевого компонента поражения. Отмечается, что операции должны носить одномоментный, хотя и щадящий характер, по своей сути реализуя тактику одномоментной исчерпывающей операции (ОИО) – early total care [1, 10].

В то же время, возможности современных методов хирургического лечения при КРМП изучены недостаточно. Так, одним из перспективных методов, который может быть использован для улучшения исходов лечения пораженных, является тактика многоэтапного хирургического лечения (МХЛ), которая показала свою эффективность как в хирургии политравм, так и при оказании помощи раненым в современных военных конфликтах [6, 8, 10]. Однако сообщений о применении этой тактики при КРМП ни в экспериментальных исследованиях, ни в клинической практике нами не обнаружено. На наш взгляд, это связано с тем, что традиционное изучение КРМП возможно только в эксперименте, что требует разработки адекватных моделей, пригодных для апробаций современных хирургических методов лечения. В частности, экспериментальный подход был реализован и при изучении возможности применения эндовидеохирургии при КРМП [4].

На сегодняшний день существуют достаточное количество моделей механических травм и ранений, на которых изучают эффективность отдельных этапов тактики МХЛ. Одной из наиболее оптимальных является модель, предложенная В. Schüriger и соавт. и включающая воспроизведение травмы печени IV степени по классификации AAST (American Association for Surgery of Trauma) с развитием летальной триады – гипотермии, гипокоагуляции и ацидоза [11]. Указанная модель оптимальна для сравнения эффективности различных способов остановки кровотечения из раны печени на фоне нестабильного состояния пострадавшего. Однако для оценки эффективности тактики МХЛ при КРМП она подходит не в полной мере, так как имеет

ряд недостатков, которые требуют доработки. Основной из них – отсутствие воспроизведения условий полноценного второго этапа МХЛ – этапа интенсивной терапии. Не моделируются и условия повторной, окончательной операции после стабилизации состояния пострадавшего. Кроме того, продолжительность наблюдения за животными составляет лишь 1 сут, что не позволяет оценить течение травматической болезни в зависимости от выбранного метода лечения.

Исходя из существующих рекомендаций по разработке новых методов лечения КРМП [7], используемая модель должна воспроизводить именно данный вид патологии, характеризующийся развитием феномена взаимного отягощения лучевого и нелучевого компонентов поражения, а для модели изучения тактики МХЛ, кроме того, и условия существования показаний к данному виду хирургического лечения – гипотермии, гипокоагуляции, ацидоза, нестабильной гемодинамики. Традиционно изучение эффективности методов лечения КРМП проводится в два этапа – на мелких (мыши, крысы, кролики) и крупных лабораторных животных (собаки, свиньи, приматы).

В этой связи одной из актуальных задач хирургии боевых повреждений и радиобиологии является разработка адекватных моделей, позволяющих всесторонне изучать возможность применения новых методов хирургического лечения КРМП.

Цель исследования – на мелких лабораторных животных (кроликах) разработать модель КРМП, позволяющую изучать эффективность применения тактики МХЛ по сравнению с ОИО.

Материалы и методы

Исследование провели на 40 кроликах-самцах породы «Советская шиншилла» массой 2,5–3,0 кг с соблюдением требований «Европейской конвенции по защите животных», изложенной в Директиве Европейского сообщества (86/609/ЕС). Выбор кроликов обусловлен тем, что данный вид лабораторных животных является стандартным объектом в биологических исследованиях, а также используется в экспериментальной радиобиологии и хирургии. Настоящее исследование одобрено этическим комитетом Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (протокол № 181 от 25 октября 2016 г.). Все животные содержались в стандартных условиях вивария, получали стандартизированное пита-

Таблица 1

Распределение животных в зависимости от экспериментального воздействия и вида выполняемого оперативного лечения

Группа	Экспериментальное воздействие		Вид оперативного лечения	
	облучение в дозе 6 Гр	нанесение травмы печени	ОИО	МХЛ
1-я	+	–	–	–
2-я	–	+	+	–
3-я	–	+	–	+
4-я	+	+	+	–
5-я	+	+	–	+

ние один раз в день и имели свободный неограниченный доступ к воде.

Кроликов в зависимости от моделирования экспериментального воздействия и вида выполняемого оперативного лечения распределили на 5 групп по 8 особей в каждой (табл. 1):

1-я группа – животным моделировали только острую лучевую болезнь;

2-я группа – наносили механическую травму с реализацией ОИО;

3-я группа – наносили механическую травму с реализацией тактики МХЛ;

4-я группа – моделировали КРМП с выполнением ОИО;

5-я группа – моделировали КРМП с реализацией тактики МХЛ.

Лучевой компонент поражения моделировали в 1-, 4-й и 5-й группах при помощи общего кратковременного относительно равномерного γ -облучения кроликов на установке ИГУР-1 (источник излучения – ^{137}Cs с энергией излучения 0,66 МэВ). Доза внешнего γ -излучения составляла 6 Гр, мощность дозы – 0,998 Гр/мин. Неравномерность γ -поля в рабочей камере установки не превышала 5%. Выбранная доза облучения вызывает гибель 50% животных (кроликов) в течение 30 сут [2, 3].

Механический компонент поражения моделировали во 2–5-й группах кроликов путем нанесения дозированной тяжелой травмы печени. После выполнения лапаротомии и выведения печени в рану наблюдали спонтанное охлаждение тела животного до 35 °С в течение 30 мин. Затем проводили надсечение скальпелем хвостатой доли печени по висцеральной поверхности в 3 см от ее края и зажимом Бильрота отделяли намеченную часть органа. Наносимая травма сопровождалась повреждением одной из крупных вен печени, что соответствовало IV степени повреждения по Международной классификации AAST. Кровь, вытекающую из паренхимы печени, собирали салфетками до достижения кровопотери 40% от объема циркулирующей крови. Животным с реализацией ОИО производили остановку кровотечения прошиванием раны печени с использованием тефлоновых подкладок (рис. 1). При применении тактики МХЛ производили тампонаду раны печени салфетками (рис. 2) с ушиванием лапаротомной раны, а затем, спустя 1 сут, выполняли релапаротомию с извлечением салфеток.

Для инвазивного мониторинга артериального давления в ушную артерию кроликов устанавливали катетер 2F. Для обезболивания

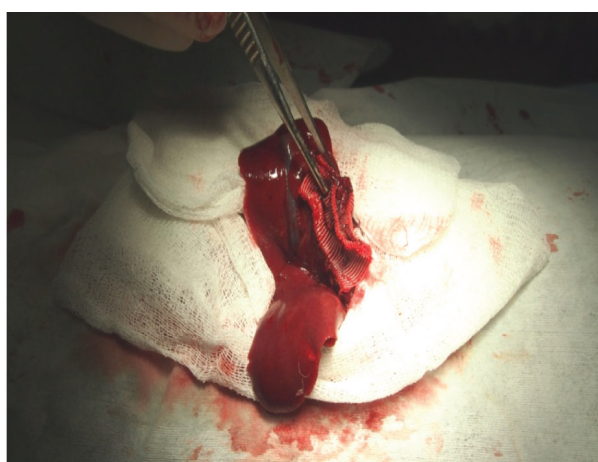


Рис. 1. Одномоментная исчерпывающая операция. Остановка кровотечения прошиванием раны печени с использованием тефлоновых подкладок.

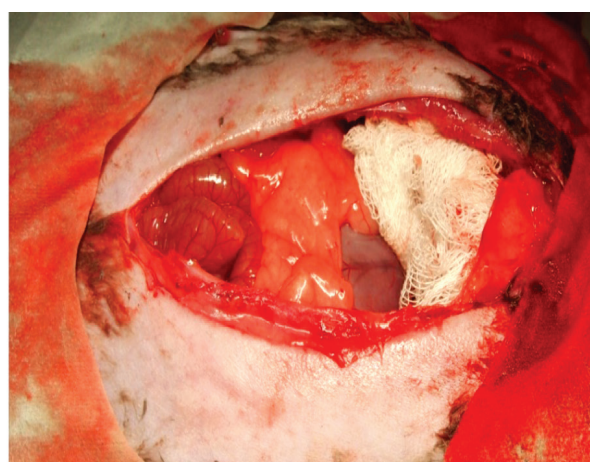


Рис. 2. Тактика МХЛ (1-й этап). Остановка кровотечения тугой тампонадой печени.

использовали препарат «Золетил® 100» («Вирбак», Франция) в дозе 0,05 мг/кг внутривенно, введение которого сочетали с местной анестезией 0,25% раствором новокаина. Интубацию трахеи не выполняли, животные находились на самостоятельном дыхании. Мониторинг жизненно важных функций осуществляли с помощью аппарата «Siemens SC9000XL» («Сименс», Германия), на экран которого выводили параметры артериального давления, пульса, температуры тела животного. Наблюдение за животными проводили в течение 30 сут с ежедневным контролем массы и температуры тела, а также регистрацией гибели кроликов. На 2-, 3-, 5-, 9-, 15-, 21-е и 30-е сутки выполняли общеклинические анализы крови.

Полученные данные обрабатывали методами непараметрической статистики с помощью пакета прикладных программ Statistica 7.0. Выполняли математико-статистическое описание объекта исследования, а также оценивали статистическую значимость и достоверность различий средних значений. Статистически значимыми считали различия при $p \leq 0,05$.

Результаты и их анализ

Облучение кроликов 1-й группы в дозе 6 Гр вызывало развитие у животных острого лучевого поражения костномозговой формы средней степени тяжести, подтверждающегося характерными симптомами и типичными изменениями клеточного состава периферической крови. Так, у животных первичная реакция на облучение длилась в течение 1-х суток после облучения и проявлялась в повышении двигательной активности или, наоборот, – адинамией, сопровождающейся отсутствием реакции на внешние раздражители. Отмечали снижение пищевой возбудимости. В течение 1-х суток регистрировали повышение температуры тела с $(38,5 \pm 0,3)$ до $(39,9 \pm 0,2)$ °C. Затем наблюдали нормализацию состояния животных. Период разгара острого лучевого поражения наступал на 8–9-е сутки постлучевого периода, при этом животные отказывались от еды, у них наблюдали появление гной-

ного отделяемого из носа, значимо ($p \leq 0,05$) в сравнении с исходными значениями повышалась температура тела с последующей нормализацией к 15–17-м суткам.

Начиная со 2-х суток наблюдения, у кроликов 1-й группы в периферической крови регистрировали значимое ($p \leq 0,05$) по сравнению с исходными значениями снижение количества лейкоцитов с $(10,2 \pm 1,4) \cdot 10^9/\text{л}$ до $(4,0 \pm 0,8) \cdot 10^9/\text{л}$ ($p \leq 0,05$) и лимфоцитов – с $(4,5 \pm 0,8) \cdot 10^9/\text{л}$ до $(1,3 \pm 0,4) \cdot 10^9/\text{л}$ ($p \leq 0,05$). Максимальная выраженность лейкопении регистрировалась на 8-е сутки постлучевого периода. Восстановление показателей «белой крови» начиналось с 15–17-х суток после облучения, при этом полного восстановления оцениваемых показателей к концу периода наблюдения не отмечали.

На 8-е сутки постлучевого периода у кроликов 1-й группы также регистрировали и максимальное снижение числа тромбоцитов с $(500,3 \pm 70) \cdot 10^9/\text{л}$ до $(38,3 \pm 5,2) \cdot 10^9/\text{л}$ ($p \leq 0,05$), что проявилось кровоизлияниями в слизистые оболочки и появлением крови в кале животных. В то же время, статистически значимого снижения количества эритроцитов в периферической крови кроликов в течение периода наблюдения не отмечали.

Гибель животных 1-й группы была связана с развитием инфекционных осложнений – пневмонии. Средняя продолжительность жизни животных в группе составила $(10,6 \pm 2,5)$ сут, а выживаемость – 62,5% (табл. 2).

При нанесении травмы печени, соответствующей IV степени по AAST, на фоне гипотермии и кровопотери 40% от объема циркулирующей крови у кроликов 2-й и 3-й группы развивалось состояние, характеризующееся нестабильной гемодинамикой со снижением уровня систолического артериального давления менее 50 мм рт. ст., что позволяло формулировать показания для реализации тактики МХЛ как варианта выбора метода хирургического лечения. Преимущество тактики МХЛ над ОИО проявлялось в отсутствие интраоперационной и ранней послеоперационной гибели животных

Таблица 2

Выживаемость и средняя продолжительность жизни кроликов в зависимости от условий экспериментального воздействия и вида выполняемого оперативного лечения

Показатель	Группа животных				
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я
Гибель во время 1-й операции, особей	Не оценивали	1	0	2	1
Гибель в 1-е сутки после операции, особей	Не оценивали	2	0	3	0
Средняя продолжительность жизни, сут	$10,6 \pm 2,5$	$1,0 \pm 0,1$	$3,3 \pm 0,6$	$3,7 \pm 5,1$	$2,4 \pm 1,0$
Выживаемость, п/%	5/62,5	5/62,5	5/62,5	0/0,0	1/12,5

(см. табл. 2), что объясняется меньшей травматичностью используемого метода остановки продолжающегося кровотечения (тампонада печени) при реализации тактики МХЛ у кроликов 3-й группы, а как следствие, статистически значимо меньшим ($p \leq 0,05$) временем оперативного вмешательства у кроликов 2-й группы – $(23,8 \pm 2,4)$ и $(35,0 \pm 2,7)$ мин соответственно и объемом интраоперационной кровопотери – $(5,6 \pm 0,7)$ и $(9,9 \pm 3,8)$ мл соответственно. Во 2-й группе 1 животное пало во время завершающего этапа операции (при ушивании лапаротомной раны) и еще 2 – в течение 1-х суток послеоперационного наблюдения. В 3-й группе также пали 3 животных, но гибель регистрировалась на 3-и и 4-е сутки после операции (1 и 1 кролик соответственно), что было обусловлено началом III периода травматической болезни (период максимальной вероятности развития осложнений) и отсутствием в выбранной модели дополнительных мероприятий по восполнению кровопотери и стабилизации состояния животных. Послеоперационные раны заживали первичным натяжением.

При КРМП были созданы условия для развития феномена взаимного отягощения, который, в первую очередь, проявился увеличением гибели животных в группах с моделированием КРМП по сравнению с группами кроликов, подвергшихся изолированному воздействию ионизирующих излучений (1-я группа) или получивших только травму печени (2-я и 3-я группы) (см. табл. 2). Увеличение гибели наблюдали как во время выполнения операции, так и в раннем послеоперационном периоде. Так, в случае моделирования комбинированного поражения и реализации

тактики МХЛ в 5-й группе кроликов 1 животное пало во время операции, а при изолированной механической травме и аналогичном виде хирургического лечения гибели кроликов при выполнении 1-й операции не фиксировали. Кроме того, в течение 1-х суток после проведенной окончательной операции в 5-й группе пали еще 3 особи. До окончания наблюдения в данной группе дожил только 1 кролик. Схожим образом феномен взаимного отягощения проявился и в 4-й группе, где была реализована ОИО при КРМП. Так, гибель животных происходила во время операции (2 кролика) и в течение 1-х суток после операции (3 кролика). В указанной группе погибли все животные, а максимальная продолжительность жизни составила 14 сут.

Из особенностей течения лучевого компонента КРМП в 4-й и 5-й группах кроликов установлено, что период разгара (III период поражения) наступал уже на 3-и сутки постлучевого периода, в то время как в 1-й группе животных – на 8–9-е сутки. Кроме того, отмечалось сравнительно более быстрое и выраженное ($p \geq 0,05$) развитие лейкопении и лимфопении в 4-й и 5-й группах с КРМП, чем в 1-й группе (на 3–4-е и 8–9-е сутки соответственно), сопровождавшееся более медленным восстановлением этих показателей в дальнейшем (рис. 3). При оценке скорости восстановления количества эритроцитов статистически значимых различий между 4-й и 5-й группами прооперированных животных не было, однако отмечалось более медленное восстановление данного показателя у животных обеих групп с КРМП по сравнению с прооперированными животными без облучения (рис. 4).

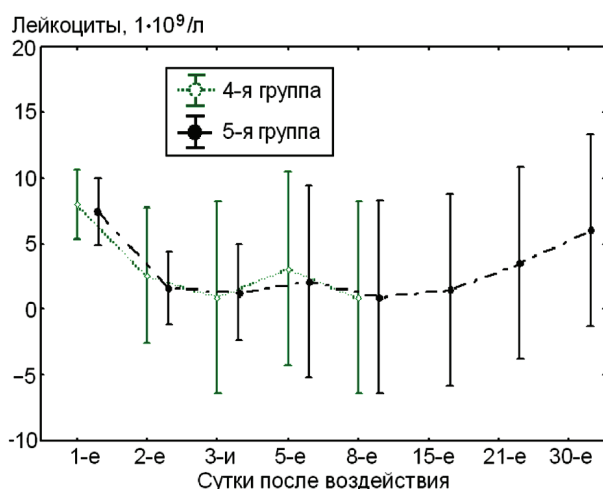


Рис. 3. Динамика количества лейкоцитов у животных с КРМП в зависимости от выбранной хирургической тактики. Статистически значимые различия отсутствуют.

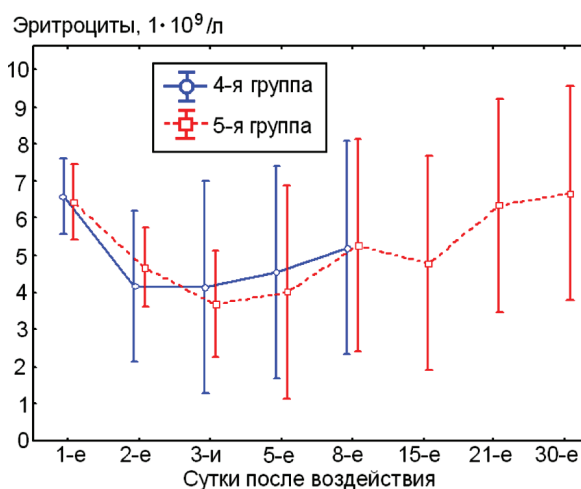


Рис. 4. Динамика количества эритроцитов у животных с КРМП в зависимости от выбранной хирургической тактики. Статистически значимые различия отсутствуют.

Анализ показателей выживаемости и средней продолжительности жизни животных позволил сделать заключение о том, что выбранная модель позволяет воспроизвести типичную картину КРМП тяжелой степени с сомнительным прогнозом для жизни (выжило только 1 животное из 8 в 5-й группе), при этом применение хирургического лечения в виде тактики МХЛ производилось по показаниям, которые заключались в развитии у кроликов признаков нестабильной гемодинамики и гипотермии. В то же время, отмечено, что тактика МХЛ выполняется в соответствии с существующими рекомендациями по лечению комбинированных радиационных поражений. В частности, показано, что разгар лучевого компонента поражения при комбинированной травме в 4-й и 5-й группе кроликов наступает на 3–4-е сутки, в то время как при изолированном лучевом поражении в 1-й группе животных – на 8–9-е сутки, а окончательная операция тактики МХЛ выполнялась на 2-е сутки, т. е. до начала III периода КРМП.

Таким образом, в результате исследования была разработана модель КРМП тяжелой степени, воспроизводимая облучением кроликов в дозу 6 Гр и последующим нанесением механической травмы печени, соответствующей IV степени по AAST, с одномоментной острой кровопотерей 40% от объема циркулирующей крови, что обуславливало развитие показаний к проведению оперативного лечения (нестабильность гемодинамики, гипотермия) в виде выбора тактики МХЛ при возможности проведения альтернативного лечения в виде ОИО. Полученные результаты подтвердили перспективность дальнейшего изучения тактики МХЛ при комбинированных поражениях на моделях с использованием крупных лабораторных животных.

Выводы

Моделирование комбинированного радиационно-механического поражения тяжелой степени, включающее общее кратковременное относительно равномерное γ -облучение кроликов в дозе 6 Гр и механическую травму печени IV степени по AAST с одномоментной острой кровопотерей 40% от объема циркулирующей крови и гипотермией, позволяет адекватно изучать возможности применения тактики многоэтапного хирургического лечения при комбинированном радиационном поражении в сравнении с одномоментной исчерпывающей операцией.

Выбор оперативного лечения комбинированного радиационно-механического поражения в объеме тактики многоэтапного хирургического лечения способствует более благоприятному течению и исходу данного вида комбинированной травмы по сравнению с результатами применения одномоментной исчерпывающей операции.

При дальнейшем изучении тактики многоэтапного хирургического лечения комбинированных радиационно-механических поражений на крупных лабораторных животных целесообразно и необходимо полноценное воспроизведение второго этапа данного вида хирургического лечения – интенсивной терапии до стабилизации жизненно важных функций организма.

Литература

1. Бельских А.Н., Самохвалов И.М., Гребенюк А.Н. [и др.]. Указания по военно-полевой хирургии. 8-е изд. М., 2013. 474 с.
2. Гребенюк А.Н., Стрелова О.Ю., Легеза В.И., Степанова Е.Н. Основы радиобиологии и радиационной медицины. СПб.: Фолиант, 2012. 232 с.
3. Даренская Н.Г., Ушаков И.Б., Иванов И.В. Экстраполяция экспериментальных данных на человека: принципы, подходы, обоснование методов и их использование в физиологии и радиобиологии (руководство). М.: Воронеж: Истоки, 2004. 232 с.
4. Золотарь В.Г. Малоинвазивные технологии в хирургическом лечении комбинированных радиационных поражений: автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2009. 23 с.
5. Легеза В.И., Гребенюк А.Н., Бояринцев В.В. Комбинированные радиационные поражения и их компоненты. СПб.: Фолиант, 2015. 214 с.
6. Лернер А.А., Фоменко М.В., Ротем Д. [и др.]. Orthopedic damage control при лечении тяжелых боевых повреждений конечностей // Политравма. 2015. № 1. С. 42–47.
7. Методические указания по отбору лекарственных средств и разработке на их основе новых методов лечения комбинированных радиационных поражений / сост.: Белецкий В.П. [и др.]; под ред. А.Ф. Цыба. М.: Обнинск, 1991. 13 с.
8. Самохвалов И.М., Мануковский В.А., Бадалов В.И. [и др.]. Применение тактики многоэтапного хирургического лечения («Damage control») в военно-полевой хирургии // Воен.-мед. журн. 2011. Т. 332, № 9. С. 30–35.
9. Самохвалов И.М., Селезнёв А.Б., Носов А.М. Способ моделирования комбинированного радиационно-механического поражения с возможностью применения тактики многоэтапного хирургического лечения. Патентообладатель Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова: патент РФ № 2628655. № 2016110545, заявл. 22.03.2016, опубл. 21.08.2017, Бюл. № 24.

10. Emergency war surgery. 4rd US Revision / U.S. Department of Defense, U.S. Army, Office of the Surgeon General, Borden Institute US Army 215 Medical Department Center and School, Fort Sam Houston/ Texas, 2013. P. 113–141.

11. Schüriger B., Inaba K., Barmparas G. [et al.]. A new survivable damage control model including hypothermia, hemodilution, and liver injury // J. Surg. Res. 2011. Vol. 169, N 1. P. 99–105.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи. Результаты исследования были использованы при получении патента на изобретение России № 2628655 «Способ моделирования комбинированного радиационно-механического поражения с возможностью применения тактики многоэтапного хирургического лечения» [9]. Авторы выражают благодарность заведующему кафедрой военно-полевой хирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова д-ру мед. наук проф. И.М. Самохвалову за организацию проведения эксперимента на животных.

Поступила 20.12.2018 г.

Для цитирования. Селезнёв А.Б., Носов А.М., Козьяев В.А., Гребенюк А.Н. Экспериментальная оценка эффективности тактики многоэтапного хирургического лечения комбинированных радиационно-механических поражений // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2019. № 1. С. 98–105. DOI 10.25016/2541-7487-2019-0-1-98-105

Experimental evaluation of the effectiveness of a damage control surgery in combined radiation-mechanical injuries

Seleznev A.B.¹, Nosov A.M.², Kozyaev V.A.², Grebenyuk A.N.³

¹ State Research Testing Institute of Military Medicine (Lesoparkovaya Str., 4. St. Petersburg. 195043, Russia);

² Kirov Military Medical Academy (Academica Lebedeva Str., 6, St. Petersburg, 194044, Russia);

³ Pavlov First St. Petersburg State Medical University (Lev Tolstoy Str., 6/8, St. Petersburg, 197022, Russia)

Alexey Borisovich Seleznev – PhD Med. Sci. Associate Prof., Research Center, State Research Testing Institute of Military Medicine (Lesoparkovaya Str., 4. St. Petersburg. 195043, Russia), e-mail: alexseleznov@list.ru;

✉ Artem Mihajlovich Nosov – PhD Med. Sci., Research Center, Kirov Military Medical Academy (Academica Lebedeva Str., 6, St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: artem_svu06@mail.ru;

Vasily Alekseevich Kozyev – PhD Student, Department of thermal injuries, Kirov Military Medical Academy (Academica Lebedeva Str., 6, St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: phantom964@mail.ru;

Alexander Nikolaevich Grebenyuk – Dr. Med. Sci., Prof., Department of Disaster Medicine, Pavlov First St. Petersburg State Medical University (Lev Tolstoy Str., 6/8, St. Petersburg, 197022, Russia). e-mail: grebenyuk_an@mail.ru

Abstract

Relevance. Currently, damage control surgery (DCS) is actively used in polytrauma. However, data on the effectiveness of this tactic for combined radiation-mechanical injuries (CRMI) in the available literature was not found.

Objective. To develop a model of CRMI on small laboratory animals (rabbits), which allows studying the effectiveness of the use of DCS in comparison with the early total care surgery tactics.

Methods. A model of a severe CRMI was proposed. The animals were subjected to a generally uniform short-term gamma-irradiation, and then they suffered a liver injury on the background of blood loss of 40% of the blood volume and hypothermia. After modeling the lesion, a comparison was made of the effectiveness of the tactics of the DCS and the early total care surgery tactics. During the study, the following indicators were evaluated: the average life expectancy and mortality of animals, changes in the cellular composition of peripheral blood, features of behavioral reactions to irradiation, the amount of blood loss during the implementation of the surgical intervention.

Results and their analysis. The experiment showed that the tactics of the DCS have an advantage over the traditional tactics of a one-time exhaustive operation in the case of the CRMI. When performing DCS, there was no death of rabbits on the 1st day after the operation, when implementing early total care surgery - 3 rabbits died, besides, the mortality was absolute, while with DCS one rabbit survived (12.5%). The final operation at the DCS occurs prior to the beginning of the acute period of CRMI, which corresponds to the requirements of the instructions for the treatment of CRMI. In the course of the study, it was found that the proposed model of CRMI contributes to the formation of the phenomenon of mutual burdening and, as a result, complicates both the radiation and mechanical components of the lesion occurs.

Conclusion The proposed experimental model for the application of severe CRMI helps to explore DCS tactics in the treatment of this pathology. DCS is a promising method of surgical treatment of CRMI, however, for more accurate extrapolation of data from animal to human, additional research on large laboratory animals is required.

Keywords: emergency, radiobiology, damage control surgery, combined radiation injuries, trauma, experimental surgery.

References

1. Bel'skikh A.N., Samokhvalov I.M., Grebenyuk A.N. [et al.]. Ukazaniya po voenno-polevoi khirurgii [Guidelines for war surgery]. Moskva. 2013. 474 p. (In Russ.)
2. Grebenyuk A.N., Strelova O.Yu., Legeza V.I., Stepanova E.N. Osnovy radiobiologii i radiatsionnoi meditsiny [Basics of Radiobiology and Radiation Medicine]. Sankt-Peterburg. 2012. 232 p. (In Russ.)
3. Darenskaya N.G., Ushakov I.B., Ivanov I.V. Ekstrapolyatsiya eksperimental'nykh dannykh na cheloveka: printsipy, podkhody, obosnovanie metodov i ikh ispol'zovanie v fiziologii i radiobiologii [Extrapolation of experimental data on humans: principles, approaches, justification of methods and their use in physiology and radiobiology]. Moskva : Voronezh. 2004. 232 p. (In Russ.)
4. Zolotar' V.G. Maloinvazivnye tekhnologii v khirurgicheskom lechenii kombinirovannykh radiatsionnykh porazhenii [Minimally invasive technologies in the surgical treatment of combined radiation injuries]. Sankt-Peterburg. 2009. 23 p. (In Russ.)
5. Legeza V.I., Grebenyuk A.N., Boyarintsev V.V. Kombinirovannye radiatsionnye porazheniya i ikh komponenty [Combined radiation injuries and their components]. Sankt-Peterburg. 2015. 214 p.
6. Lerner A.A., Fomenko M.V., Rotem D. [et al.]. Orthopedic damage control pri lechenii tyazhelykh boevykh povrezhdenii konechnostei [Damage control orthopedics for treatment of severe combat injuries to the limbs]. *Politramma* [Polytrauma]. 2015. N 1. Pp. 42–47. (In Russ.)
7. Metodicheskie ukazaniya po otboru lekarstvennykh sredstv i razrabotke na ikh osnove novykh lecheniya kombinirovannykh radiatsionnykh porazhenii [Guidelines for the selection of drugs and the development on their basis of new treatment of combined radiation injuries]. Ed. A.F. Tsyb. Moskva : Obninsk. 1991. 16 p. (In Russ.)
8. Samokhvalov I.M., Manukovskii V.A., Badalov V.I. [et al.]. Primenenie taktiki mnogoetapnogo khirurgicheskogo lecheniya («Damage control») v voenno-polevoi khirurgii [Damage control in field surgery]. *Voенно-медицинский журнал* [Military medical journal]. 2011 Vol. 332, N 9. Pp. 30–35. (In Russ.)
9. Samokhvalov I.M., Seleznev A.B., Nosov A.M. Sposob modelirovaniya kombinirovannogo radiatsionno-mekhanicheskogo porazheniya s vozmozhnost'yu primeneniya taktiki mnogoetapnogo khirurgicheskogo lecheniya [Method for combined radiation mechanical injury simulation with possibility to apply damage control surgery]. Patent for invention of Russia N 2628655. Published 21.08.2017. Bulletin N 24. (In Russ.)
10. Emergency war surgery. 4rd US Revision / U.S. Department of Defense, U.S. Army, Office of the Surgeon General, Borden Institute US Army 215 Medical Department Center and School, Fort Sam Houston/ Texas, 2013. Pp. 113–141.
11. Schüriger B., Inaba K., Barmparas G. [et al.]. A new survivable damage control model including hypothermia, hemodilution, and liver injury. *J. Surg. Res.* 2011. Vol. 169, N 1. Pp. 99–105.

Received 20.12.2018

For citing: Seleznev A.B., Nosov A.M., Kozyaev V.A., Grebenyuk A.N. Eksperimental'naya otsenka effektivnosti taktiki mnogoetapnogo khirurgicheskogo lecheniya kombinirovannykh radiatsionno-mekhanicheskikh porazhenii. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2019. N 1. Pp. 98–105. (In Russ.)

Seleznev A.B., Nosov A.M., Kozyaev V.A., Grebenyuk A.N. Experimental evaluation of the effectiveness of a damage control surgery in combined radiation-mechanical injuries. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2019. N 1. Pp. 98–105. DOI 10.25016/2541-7487-2019-0-1-98-105