

А.В. Денисов, А.В. Анисин, А.П. Божченко,
Э.М. Мавренков, Л.Б. Озерцовский, В.С. Свирида

Повреждающие факторы боеприпасов взрывного действия

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Резюме. Рассматриваются повреждающие факторы боеприпасов взрывного действия. Известно, что в настоящее время взрывные поражения перестали быть прерогативой локальных войн и вооруженных конфликтов. Террористические акты, захлестнувшие многие страны мира, всё чаще совершаются путем подрыва замаскированных взрывных устройств в местах массового скопления людей и общественных зданиях. В результате воздействия на человека факторов взрыва возникают разнообразные по механизму повреждения, которые в большинстве случаев являются множественными и сочетанными по локализации и комбинированными по механогенезу. Главными поражающими факторами при взрыве являются взрывные газы, обладающие высоким давлением и высокой температурой; ударная волна; осколки боеприпаса (мины) и вторичные снаряды. Термическое воздействие взрывных боеприпасов проявляется ограниченными по площади ожогами, локализующимися, как правило, в зоне взрыва. Образующиеся при взрыве газы могут дополнительно вызывать тяжелое отравление. Специфика возникающих в организме пострадавшего от взрыва патологических изменений требует от медицинских специалистов всех уровней четкого знания особенностей формирования травмы. Не менее важным аспектом комплексного изучения механизма взрывного воздействия является создание средств индивидуальной и коллективной защиты от взрыва, а также разработка методик оценки эффективности их применения.

Ключевые слова: взрывные повреждения, факторы взрыва, взрывчатое вещество, ударная волна, боеспособность, тяжесть повреждений, противопехотная мина, травмобезопасность.

Взрыв представляет собой процесс химического превращения взрывчатого вещества (ВВ), сопровождающийся выделением значительного количества энергии в течение очень короткого времени и в условиях ограниченного пространства. Механическая работа, совершаемая при взрыве, обусловлена быстрым расширением газов или паров независимо от того, существовали ли они до или образовались во время взрыва. Самыми существенными признаками взрыва являются быстрая реакция преобразования вещества с выделением тепла и стремительным расширением газа, резким звуковым эффектом и скачком давления в среде, окружающей место взрыва. Последнее служит непосредственной причиной разрушительного действия взрыва [1, 3, 5].

Взрывчатые вещества представляют собой относительно неустойчивые системы, способные под влиянием внешних воздействий к быстрым экзотермическим превращениям.

В настоящее время в структуре боевых потерь все больший вес занимают раненые, получившие повреждения при подрыве взрывных боеприпасов, в качестве которых применяются осколочно-фугасные снаряды, фугасные авиабомбы, гранаты и другие боеприпасы взрывного действия (БВД) [3, 5, 7].

По форме и скорости превращения ВВ принято разделять на 3 основные группы [2, 4, 6]: 1-я – иницирующие; 2-я – бризантные; 3-я – метательные.

Иницирующие ВВ отличаются особой чувствительностью к внешнему воздействию (удар, нагревание) и применяются в основном для создания начального импульса, возбуждающего взрыв других ВВ.

Бризантные, или дробящие, ВВ (тротил, аммонал, пектрил, гексоген и их соединения) являются отно-

сительно стабильными и для возбуждения (иницирования) взрыва требуют достаточно сильного внешнего воздействия, что обычно осуществляется путём подрыва иницирующего ВВ в капсуле-детонаторе или вспомогательном заряде. Возникающая детонационная волна распространяется со сверхзвуковыми скоростями «невозмущенному» веществу бризантного ВВ, достигая значений 2000–8000 м/с, что приводит к мгновенному превращению его во взрывные газы с очень высоким давлением и температурой. Этим и объясняется дробящее действие бризантного ВВ на стенки корпуса штатного снаряда или на готовые поражающие элементы с образованием многочисленных осколков различной формы и массы, которые разлетаются во все стороны вместе с газами, имеющими температуру до нескольких тысяч градусов. Если заряд не имеет металлической оболочки, то вместе с газами разлетаются куски из поверхностных слоев заряда, которые продолжают догорать в полете, образуя мощное и яркое пламя.

Вследствие этого при взрыве в непосредственной близости от человека основные повреждения телу наносят мощная ударная волна газообразных продуктов детонации ВВ, плотный поток осколков, а также высокая температура взрывных газов, приводящая к опалению одежды и ожогам.

Метательные ВВ и пороха в отличие от бризантных ВВ обычно не детонируют, а горят. Скорость горения их при определенных условиях, например, при горении пороха в патроне, достаточно высока, но все же она значительно меньше скорости детонации. Поэтому пороховые газы во время выстрела не вызывают дробления ствола и гильзы. Однако при очень плотном

снаряжении патрона порохом во время выстрела может произойти детонация и разрыв патрона в стволе.

Быстро расширяющиеся при взрыве газы вытесняют окружающий воздух в стороны, сжимая его. Плотный слой сжатого воздуха распространяется от источника взрыва в форме шара или полусферы, образуя воздушную ударную волну (ВУВ). Передняя граница зоны сжатия носит название фронта ударной волны и характеризуется чрезвычайно высокими значениями избыточного давления (рис. 1).

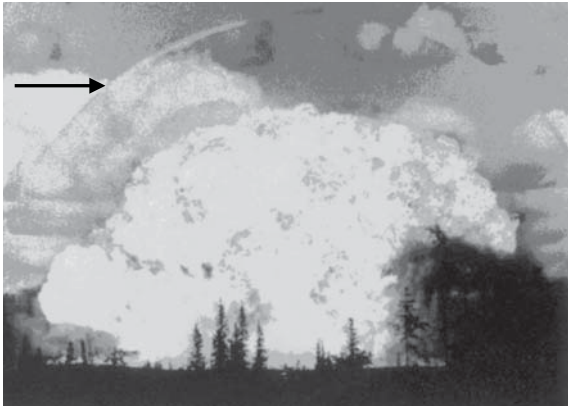


Рис. 1. Взрыв ВВ большой мощности. Стрелкой показан фронт ударной волны

Вслед за фазой сжатия (фаза положительного давления) следует фаза разрежения, в которой давление ниже атмосферного (отрицательная фаза). Положительная фаза ВУВ распространяется эксцентрично, отрицательная – концентрично (рис. 2).

Любая поверхность, обращенная в сторону взрыва, подвергается не только воздействию фронта избыточного давления, но и давления, оказываемого массой воздуха, распространяющегося с высокой скоростью сразу же за ним («ветровой» напор). Рядом с местом взрыва это давление воздуха может быть таким же высоким, как и давление фронта ВУВ, но при удалении от места взрыва данный эффект быстро снижается. Такое движение огромной массы газообразного вещества способно вызвать травмы различной тяжести на значительном расстоянии от эпицентра взрыва.

В непосредственной близости к месту взрыва может произойти полное разрушение тела; несколько

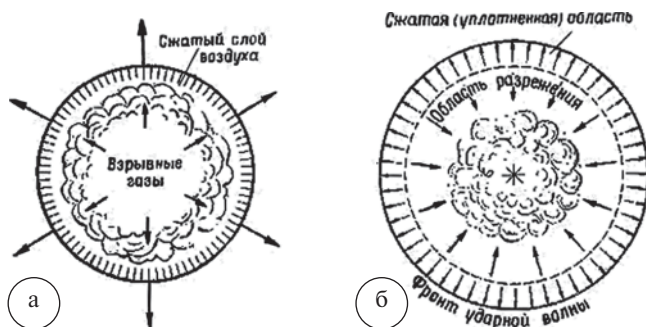


Рис. 2. Схема распространения взрывных газов (а) и формирования ВУВ (б)

далее – разрыв тканей, отрыв конечностей и повреждение внутренних органов, а также отбрасывание тела (метательный эффект).

Все повреждения, возникающие в результате действия ВУВ, принято разделять на первичные поражения, вторичные, третичные и смешанные эффекты [2, 4].

Первичные поражения возникают в результате непосредственного воздействия ВУВ на организм. Они связаны с изменением давления в окружающей среде в результате прихода ВУВ.

Вторичные эффекты обусловлены ударом осколками которые либо образуются при взрыве, либо находятся вблизи места взрыва.

Третичные эффекты способствуют переносу тела как единого целого и последующему тормозящему удару.

Смешанные эффекты возникают в результате поражения пылью и тепловым облучением.

Основной травмирующий эффект ВУВ зависит от скорости нарастания максимума давления (ΔP), т. е. от импульса ударной волны. В литературе это принципиальное положение иллюстрируется достаточно образно: ударная волна действует на поражаемую цель не как гигантский пресс, а как внезапный удар «дубины» или «исполинской ладони» [7, 10].

Основными параметрами, характеризующими ударную волну любой природы, являются избыточное давление в фронте (ΔP_ϕ), а также длительность положительной фазы или фазы сжатия (τ_+) и длительность отрицательной фазы, или фазы разрежения (τ_-), время нарастания давления во фронте УВ (Δt), импульс давления (i) и др. (рис. 3).

Поражающее действие УВ оценивается импульсом давления по формуле:

$$i = \frac{1}{2} \cdot \Delta P_\phi \cdot \tau_+$$

Различные системы параметрических критериев поражающего действия ВУВ ориентированы на оценку первичного действия ударных волн.

Классические патоморфологические проявления поражения ВУВ включают картину ударной баротравмы органа слуха и коммоционно-контузионной



Рис. 3. Типовая форма взрывной ударной волны

травмы легких в виде кровоизлияний в стенки полых и паренхиматозных органов, сотрясений и контузионных поражений головного мозга.

В отличие от подопытных животных, которые используются в качестве биомоделей при оценке воздействия УВ (крысы, кролики, свиньи, овцы и др.), для человека весьма характерным явлением при контузии, полученной при воздействии ВУВ, является мгновенная потеря сознания в результате сотрясения мозга. При этом контуженные, как правило, успевают увидеть лишь вспышку от взрыва и никогда не помнят его звук, так как звуковые колебания доходят до органа слуха пострадавшего значительно позже самой ударной волны. Выход из бессознательного состояния практически всегда сопровождается астеническими симптомами различной тяжести (амнезия, головокружение, дезориентация, слабость и пр.) [3, 8, 10].

Анализ результатов экспериментов и случаев из практики медицины катастроф, в которых действие вторичных и третичных эффектов удавалось исключить, показал необоснованность выдвинутого ранее утверждения о неизбежном тяжелом поражении головного мозга при воздействии проходящей воздушной волны. Основной же причиной формирования контузионных очагов повреждения мозгового вещества в подавляющем большинстве случаев является побочное действие взрыва – отбрасывание и опрокидывание тела с последующим ударом головы о твердые предметы.

Наиболее уязвимыми частями тела к действию ВУВ являются орган слуха и легкие.

Повреждения органа слуха выражаются в разрывах барабанных перепонок, снижении остроты слуха и вестибулярных расстройствах. Повышенная уязвимость барабанной перепонки, с одной стороны, объясняется тем, что она через наружный слуховой проход связана с окружающим воздушным пространством, с другой – относительно небольшой эластичной возможностью к растяжению в результате быстрого перепада давления.

Механизм ушиба легких связан как с непосредственным ударным сдавливанием легких между ригидным позвоночником, движущейся внутрь грудной клеткой и поднимающейся вверх диафрагмой за счет «таранного» действия органов брюшной полости, сдавливаемых через брюшную стенку компрессионной волной, так и с баротравмой легких, возникающей за счет проникновения воздуха под избыточным давлением в бронхи и альвеолы через наружные дыхательные пути [7].

Параметрами, определяющими травматический эффект при прямых или первичных поражениях ВУВ с мгновенным нарастанием импульса избыточного давления являются величина ΔP и продолжительность t от 2 до 10 мс. В этих условиях при ΔP 103,4 кПа с 50% вероятностью наблюдается разрыв барабанных перепонок, в то время как порог повреждения барабанной перепонки составляет 34,5 кПа, ΔP порядка 170–200 кПа является порогом повреждения легких, ΔP 345–400 кПа определяется как начало тяжелых легочных повреждений, 1% вероятность летальных исходов наблюдается при ΔP 250–500 кПа, 50% ве-

роятность летальных исходов – при ΔP 400–700 кПа и 99% вероятность – при ΔP 500–1000 кПа. При снижении избыточного давления до 20 кПа воздействие ВУВ воспринимается как обычное акустическое раздражение. Избыточное давление во фронте ударной волны может достигать нескольких тысяч кПа. Отрицательное давление, как правило, не превышает 100 кПа и не оказывает в силу этого существенного патологического воздействия на организм. Скорость распространения ударной волны в эпицентре взрыва достигает 3000 м/с, а затем снижается до скорости звука 340,29 м/с. Ударная волна трансформируется в звуковую волну (импульсный шум) [9, 11].

Действие УВ на различные участки тела является достаточно разнородным. Оно зависит как от расположения человека по отношению к взрывной волне, так и от характера повреждаемых тканей и органов. Органы с большей поверхностью и малой массой поглощают наибольшее количество энергии, следовательно, подвергаются наибольшему разрушению.

При нахождении людей на открытой местности в положении стоя, т.е. когда площадь тела человека, на которую действует ударная волна, будет максимальной (0,45–0,5 м²), возникают тяжелые повреждения. Менее опасные повреждения возможны в положении лежа, в этом случае площадь воздействия ударной волны на человека будет составлять около 0,2–0,25 м² [7, 9].

Поражающее действие УВ значительно снижается в случае более медленного ее нарастания, когда она попадает в защитные сооружения через входные люки, амбразуры и другие отверстия, а также, если на пути ее распространения стоит отражающая преграда.

Давление ВУВ в непосредственной близости к заряду максимально высоко, но по мере удаления от источника взрыва давление достаточно быстро падает. Например, при воздушном подрыве ВВ массой 5 кг (тротил) ΔP на удалении 0,5 м составляет 55745 кПа; 1 м – 7646 кПа; 2,5 м – 650 кПа; 5 м – 127 кПа, 7 м – 62 кПа.

Термическое воздействие взрывных боеприпасов преимущественно проявляется ограниченными по площади ожогами, которые локализуются, как правило, в зоне взрыва. Большое клиническое значение имеют ожоги лица и верхних дыхательных путей.

Воздействие токсических продуктов взрыва в основном реализуется в закрытых помещениях, военной технике и других замкнутых пространствах. Клиническими проявлениями его являются отравления окисью углерода, реже – окисью азота и другими газами.

Наряду с повреждающим воздействием газообразных продуктов детонации ВВ и УВ возникающих в окружающей среде, при взрывах боеприпасов важное значение приобретают осколки, готовые поражающие элементы, а также части взрывного устройства и детали детонаторов.

Таким образом, основными повреждающими факторами при взрыве осколочно-фугасных снарядов (ОФС) будут взрывные газы, обладающие высоким давлением и высокой температурой, ВУВ, осколки снаряда.

При подрыве на противопехотной mine реализуются два механизма воздействия продуктов взрыва:

бризантность и фугасность (способность взрыва разрушать окружающую среду действием ударной волны).

При нахождении вблизи места подрыва безоболочечного ВВ повреждения возникают в основном в результате воздействия на организм избыточного давления ВУВ.

В целом, взрывные травмы являются результатом воздействия на человеческий организм повреждающих факторов боеприпаса взрывного действия, в том числе в зоне поражения ВУВ, сопровождаются взрывным разрушением тканей либо отрывом сегментов конечностей и, как правило, множественными осколочными ранениями. Ранения же, возникшие в результате воздействия взрывных боеприпасов в зоне поражения осколками, относятся к категории осколочных ранений.

На основе опытов, проведенных на 3000 животных различной массы (крысы, морские свинки, кролики, свиньи, овцы и пр.). сотрудниками исследовательской группы «LovelaceFundation» [9] в 1962–1966 гг. был проведен регрессионный анализ вероятности летального исхода в зависимости от массы животного и параметров ударной волны (ΔP , τ_+). Полученные зависимости и расчетные данные позволили провести экстраполяцию этих результатов на человека и построить кривые поражения для вероятностей 1, 50 и 99% в координатах пикового давления во фронте ударной волны (ΔP , кПа) и длительности (τ_+ , мс) положительной фазы ВУВ. При этом воздействие на человека рассматривалось в проходящей волне при расположении продольной оси человека перпендикулярно направлению взрывной волны (рис. 4).

В качестве меры потери боеспособности авторами было предложено использовать кривую 1% вероятности летального исхода. При этом считается, что 99% оставшихся в живых будут небоеспособны.

W. Kokinakis and R. Rudolph [10] на основании собственных данных пришли к выводу, что шкала 1% смертности группы Lovelace является слишком суровой оценкой потери боеспособности для личного состава. Ими было предложено рассматривать в качестве порога потери боеспособности кривую 50% вероятности разрыва барабанных перепонок (103,4 кПа), а параметры порогового повреждения легких (170–200 кПа) – в качестве уровня 99% вероятности потери боеспособности (рис. 5).

Характерной особенностью работ отечественных авторов [1, 2, 7] в области исследования воздействия ВУВ на человека является стремление установить связь параметров поражения с клинико-морфологическими классификациями контузионной травмы (табл.).

Наряду с повреждающим воздействием газообразных продуктов детонации ВВ и УВ, возникающих в окружающей среде, при взрывах боеприпасов важное значение приобретают осколки и готовые поражающие элементы, а также части взрывного устройства, детали детонаторов и пр. Основная доля осколков имеет массу от 0,5 до 8 г, а начальную скорость – от 50 до 1400 м/с. Неправильная форма осколков способствует быстрой утрате ими кинетической энергии. Поэтому клиническое значение имеют ранения, сопровождающиеся повреждением полостей, кровеносных сосудов и жизненно важных органов. При массе стальных шариков и осколков ≤ 1 г и энергии порядка 26–58 Дж наблюдаются проникающие ранения черепа, при 20–60 Дж – проникающие ранения груди с повреждением ребер, а при энергии 25–60 Дж – переломы трубчатых костей конечностей.

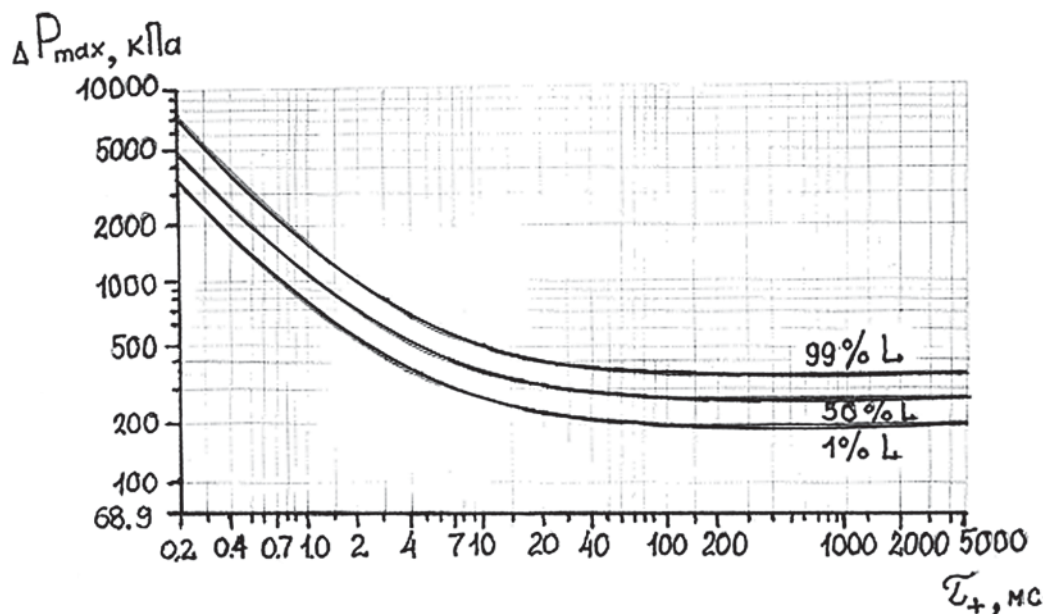


Рис. 4. Кривые летальности при воздействии на человека ВУВ [9]

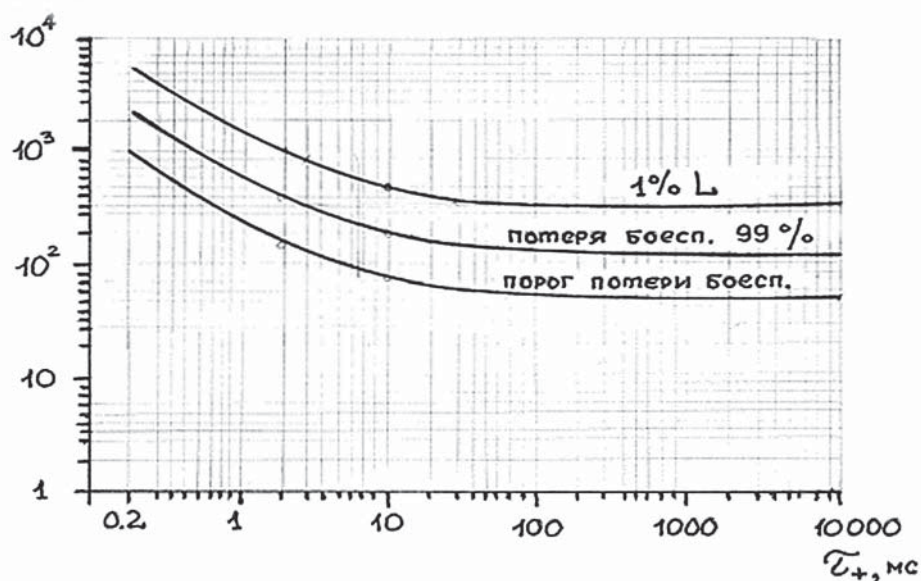


Рис. 5. Кривые летальности при воздействии на человека ВУВ [8]

В последние годы во многих странах мира возрос интерес к боеприпасам объемного взрыва или «термобарическим» боеприпасам, позволяющим эффективно поражать живую силу противника в окопах, пещерах, полевых фортификационных сооружениях и пр.

Особенностью боеприпасов объемного взрыва является создание высокотемпературного облака в сочетании с ВУВ. Боевыми частями термобарического действия оснащаются не только тяжелые авиабомбы и крылатые ракеты, но и различные инженерные боеприпасы. При попадании в цель происходит подрыв первого заряда БП, в результате чего образуется обширное аэрозольное облако. Спустя несколько секунд оно дистанционно подрывается вторым за-

рядом. Боевой аэрозоль бомбы, будучи тяжелее атмосферного воздуха, легко проникает в естественные и искусственные углубления и щели, образует при взрыве высокотемпературный вакуумный очаг, нанося тяжелые взрывные (контузионные) поражения и ожоги, а также осколочные ранения.

Кроме УВ, в процессе взрыва объемных бомб отмечается высокий уровень выгорания кислорода. Такой взрыв не формирует вакуума в зоне действия – данный фактор обуславливает неоднозначное отношение специалистов к позиционированию боеприпасов объемного взрыва.

Для оценки степени тяжести взрывных травм и ранений, осколочных ранений и повреждений тела

Таблица

Классификация тяжести поражения живой силы при действии ВУВ неядерных боеприпасов (БП)

Р, кПа	Степень тяжести	Клинико-морфологическая характеристика поражений животных	Медико-тактическая характеристика возможных поражений человека
100–150	I – лёгкая	Аку- и баротравма с расстройством вестибулярных и вегетативных функций. Во всех случаях – единичные или множественные кровоизлияния в лёгких	Кратковременное понижение слуха. Утрата боеспособности от 7 до 10 суток
200–250	II – средняя	В лёгких множественные точечные, единичные пятнистые кровоизлияния, единичные субкапсулярные кровоизлияния в печени. Выраженные вестибулярные и вегетативные расстройства, неврологические нарушения	Потеря сознания до 3 мин. Длительное расстройство речи и слуха. Утрата боеспособности до 20 – 30 суток.
250–300	III – тяжёлая травма	Множественные сливные и долевы кровоизлияния в лёгких, на поверхности – отпечатки рёбер захватывающие от половины до целого лёгкого, разрывы плевры. Диффузные субкапсулярные кровоизлияния в печени. Возможен гемоторакс. Единичные кровоизлияния в стенку кишок. Стойкие неврологические расстройства	Потеря сознания до 30 мин. Утрата боеспособности до 45 – 60 суток с вероятностью смертельного исхода при развитии осложнений
350 и выше	IV – крайне тяжёлая	В лёгких множественные сливные, долевы и органые кровоизлияния, разрывы лёгких. Множественные ушибы и разрывы органов брюшной полости. Стойкие неврологические нарушения и психофизиологические расстройства	Потеря сознания свыше 30 мин. Утрата боеспособности до 100 суток с вероятностью смертельного исхода вследствие перенесённого поражения

при контактных подрывах на противопехотных минах на кафедре военно-полевой хирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова предложена методика объективной оценки тяжести травм и ранений, в которой учитывается не только морфологический компонент ранения (тяжесть повреждения), но и функциональный (тяжесть состояния).

Для количественной оценки первого параметра – тяжести повреждений – в эксперименте на биообъектах используются шкалы ВПХ-П(ОР) и ВПХ-П(МТ), где ВПХ – военно-полевая хирургия, П – повреждение, ОР – для огнестрельных ранений, МТ – для механических (закрытых) травм.

Второй параметр – тяжесть состояния – отражает функциональную характеристику травмы подопытного биообъекта в процессе хронического опыта. Количественная оценка тяжести состояния осуществляется с помощью двух шкал: ВПХ-СП и ВПХ-СГ (С – состояние, П – поступление, Г – госпитализация). Шкала ВПХ-СП позволяет оценивать состояние подопытного биообъекта сразу после опыта, шкала ВПХ-СГ – в процессе последующего наблюдения и проведения лечебных мероприятий.

Выводы

Взрывная травма является особым видом травмы мирного и военного времени и характеризуется совокупностью повреждений, возникающих от воздействия повреждающих факторов взрыва.

Основными повреждающими факторами взрывных боеприпасов являются взрывные газы, обладающие высоким давлением и высокой температурой, их токсические продукты распада, ВУВ, осколки снаряда и вторичные снаряды.

В непосредственной близости к месту взрыва может произойти полное разрушение тела; несколько дальше – разрыв тканей, отрыв конечностей и повреждение внутренних органов, а также отбрасывание тела (метательный эффект).

К особенностям поражающего действия при взрыве ОФС относятся взрывные газы, ВУВ и осколки снаряда.

При подрыве на противопехотной mine реализуются два основных механизма воздействия продуктов взрыва: бризантность и фугасность.

При подрыве безоболочечного ВВ повреждения возникают в основном в результате воздействия на организм избыточного давления ВУВ.

Особенностью воздействия боеприпасов объемного взрыва является создание высокотемпературного облака в сочетании с ВУВ.

Взрывные повреждения требуют особого подхода как к классификации, так и к диагностике и лечению данной группы раненых.

Литература

1. Анисин, А.В. Медико-экспериментальное исследование травмобезопасности сапера / Анисин А.В. // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2012. – № 3 (39). – С. 154–157.
2. Взрывные явления. Оценка и последствия: У. Беркер [и др.]; пер. с англ. – М.: Мир. – 1986. – С. 184–187.
3. Нечаев, Э.А. Взрывные поражения: руководство для врачей и студентов / Э.А. Нечаев [и др.]. – СПб.: Фолиант, 2002. – 656 с.
4. Озерецковский, Л.Б. Раневая баллистика / Л.Б. Озерецковский, Е.К. Гуманенко, В.В. Бояринцев. – СПб., 2006. – 374 с.
5. Поражение живой силы воздушной ударной волной / А.Ю. Александров [и др.]. – Пенза: ПФВАМТО, 2012. – 119 с.
6. Тюрин, М.В. Оценка защитных свойств средств индивидуальной бронезащиты саперов / М.В. Тюрин, А.В. Анисин, Р.В. Титов // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2011. – № 3. – С. 66–69.
7. Тюрин, М.В. Судебно-медицинские аспекты механогенеза взрывной травмы / М.В. Тюрин, Л.Б. Озерецковский, А.В. Денисов // Судебно-медицинская экспертиза. – 2013. – Т. 56, № 3. – С. 31–34.
8. Bellamy, R. Conventional Warfare / R. Bellamy, R. Zajtchuk // – Washington, 1989. – 395 p.
9. Bhatnagar, A. Lightweight ballistic composites. Military and law-enforcement application / A. Bhatnagar // – Cambridge, London: Woodhead Publishing Ltd., 2006. – 429 p.
10. Kokinakis, W., Rudolph R. An assessment of the current state of the art of incapacitation by airblast / W. Kokinakis, R. Rudolph // Acta Chir. Scand. – 1982. – Suppl. 508. – P. 135–151.
11. Owen-Smith, M. Explosive blast injury / M. Owen-Smith // Rev. Int. Serv. Sante Armees. – 1979. – Vol. 52, № 6. – P. 515–520.

A.V. Denisov, A.V. Anisin, A.P. Bozhchenko, E.M. Mavrenkov, L.B. Ozeretskovskii, V.S. Svirida

Damage factors of explosive munitions

Abstract. Damaging factors of munitions of explosive action were considered. It is known that explosive injury have ceased to be the prerogative of local wars and armed conflicts nowadays. Terroristic acts, sweeping across many countries all over the world, are increasingly being committed by undermining camouflaged explosive devices in crowded places and public buildings. As a result of exposure explosion factors to human a number of damage with different mechanisms arise, which in most cases are multiple and combined by anatomic localization and combined in mechanogenesis. The main damaging factors in the explosion are explosive gases with high pressure and high temperature, shock wave, shards of the ammunition (mines) and secondary shells. Thermal impact of explosive ordnance is manifested by local burns, localized, usually, in the explosion area. The gases formed during the explosion can additionally cause severe poisoning. Specificity of the pathological changes that arise in the organism from the explosion requires from medical specialists of all levels a full knowledge of the features of the formation of trauma when the factors of the explosion act on the human body. An equally important aspect of the comprehensive study of the mechanism of explosive effects is the creation of individual and collective protection against explosion, as well as the development of methods for assessing the effectiveness of their usage.

Key words: blast injury, factors of explosion, explosive, shock wave, fighting ability, severity of injury, anti-personnel mines, traumatic.

Контактный телефон: 8-921-387-48-86; e-mail: denav80@mail.ru