

Воздушный удар

Михаил Сильников
Михаил Тюрин

Повреждения воздушной ударной волной

Трудно представить, что воздух, без которого человек не способен прожить и нескольких минут, может нанести живому организму страшные повреждения. Разумеется, что собственно воздух при нормальном атмосферном давлении никакой опасности для homo sapiens не представляет, наоборот - даёт возможность дышать и жить. Но при определённых условиях он способен не только лёгким ветерком распахнуть форточку на кухне, но и смерчем сорвать крышу с дома. Взрыв же в состоянии превратить эту безобидную, на первый взгляд, субстанцию в сжатый кулак, сметающий всё и вся на своём пути. А по статистическим данным, именно взрывы, а также вызванные ими пожары, прочно удерживают лидирующее положение среди причин катастроф техногенного характера.

К концу XX столетия взрывные устройства (ВУ) стали самым распространённым оружием при совершении террористических актов по всему миру. Так, в 1995 году в США было зарегистрировано более 3000 случаев применения взрывных устройств. При этом число организаций и отдельных преступников, прибегающих к взрывам для достижения своих целей, постоянно растёт. Если на территории СССР до 1991 года происходило от 40 до 50 несанкционированных взрывов в год, то в 1992 г. – 350. В 1996 году в России прозвучало 708 взрывов, в 1997 - более 800. Ещё не угасло эхо августовских взрывов 2000 года в Москве и Риге.

Взрывные устройства стали привлекательным оружием для террористов по целому ряду причин. Прежде всего, это сочетание существенных разрушительных последствий взрыва и низкой степени риска опознания и поимки преступника. Значительная часть других средств, таких как стрельба, похищение, захват заложников, связаны с непосредственным контактом с потерпевшим, тогда как в момент взрыва преступник может находиться на значительном удалении от места совершения террористического акта.

Таким образом, если взрывные поражения людей еще недавно были преимущественно боевой травмой и прерогативой специалистов военной медицины, то в наши дни с ними практически ежедневно приходится встречаться врачам гражданской системы здравоохранения, вынужденным непосредственно у операционного стола осваивать ранее неведомую патологию, причём со всеми по-

лагающимися в таких случаях издержками.

Воздушная ударная волна (ВУВ), образующая при взрыве имеет положительную, отрицательную фазы и фазу перемещения воздушной массы. Наряду с величиной избыточного давления во фронте ударной волны большое значение имеет длительность положительной фазы избыточного давления, которая, в свою очередь, зависит от массы и вида взрывчатого вещества (ВВ). Так, например, при подрывах ВВ массой 10–20 кг тротилового эквивалента – длительность положительной фазы давления не превышает 2 мс, а при массе около 1000 кг – порядка 10 мс.

Скорость распространения ударной волны в эпицентре взрыва достигает 3000 м/с, затем снижается до скорости звука. Отрицательное давление, как правило, не превышает 100 кПа, но длится эта фаза гораздо дольше. Избыточное давление во фронте ударной волны может достигать несколько тысяч кПа.

Экспериментальные исследования показали, что в результате воздействия воздушной ударной волны могут поражаться любые органы, однако наиболее чувствительными к взрыву являются уши (барабанные перепонки, слуховые косточки) и лёгкие. Одним из основных механизмов повреждающего действия воздушной ударной волны являются резкие перепады давления и распространение по телу волн деформации, включая и ударные ускорения, испытываемые органами и системами органов. Повреждение легких является прямой или косвенной причиной лёгочных кровотечений и отёков, разрыва лёгких, инсульта с закупоркой воздухом, потери дыхатель-

ного запаса и т. д. К другим последствиям относятся разрыв барабанной перепонки, повреждение среднего уха, повреждение гортани, трахеи, брюшной полости, нервных окончаний, спинного мозга и различных других органов тела.

Общий эффект последствий травмы сводится к тяжёлому, угрожающему жизни нарушению лёгочной функции. Причём выраженность механических повреждений лёгких вплоть до их разрывов находится в прямой зависимости со степенью тяжести общего повреждения организма.

Эксперименты с подрывом крупных животных - свиней, находящихся как на открытом пространстве, так и в замкнутом помещении, свидетельствуют о преобладающем повреждающем воздействии прямой проходящей ударной волны, интенсивность которой и определяет тяжесть повреждения. Это подтверждает и равный повреждающий эффект при взрыве равных масс ВВ снаружи и внутри помещения.

В отличие от подопытных животных, которые используются в качестве биомоделей для оценки воздействия воздушных ударных волн, у человека одним из наиболее характерных явлений при воздушной контузии является мгновенная потеря сознания. Внезапная потеря сознания стирает из памяти сам момент контузии. Пострадавшие чаще помнят блеск и дым взрыва и никогда не помнят звука взрыва, поскольку скорость ВУВ больше скорости звука. Потеря сознания происходит в промежуток времени между моментом действия ВУВ на пострадавшего и моментом подхода к нему звуковых волн, то есть в течение нескольких миллисекунд. Это время меньше, чем время передачи нервных импульсов через органы чувств и меньше, чем время, необходимое для развития патологических процессов в головном мозге.

Следовательно, потеря сознания является результатом сотрясения мозга, непосредственного раздражения частей головного мозга и его аналитического аппарата при действии ВУВ на голову.

В лёгких случаях сознание возвращается к пострадавшему через 30-120 минут, а в тяжёлых этот про-

цесс затягивается до нескольких суток.

Длительность потери сознания обычно считается показателем тяжести воздушной контузии. Однако, вероятно, более правильным является положение, что состояние пострадавшего характеризуется не столько длительностью периода потери сознания, сколько качественными изменениями сознания.

Выход из бессознательного состояния может сопровождаться различными нервно-психическими расстройствами (амнезия, спутанность сознания, расстройства ориентировки, резкая заторможенность, апатия, сонливость и другие астенические симптомы различной степени тяжести). У большинства контуженных после выхода из бессознательного состояния остаются жалобы на общее ослабление памяти, причём степень расстройства памяти связана с тяжестью перенесённой контузии. У значительной части контуженных сильно затруднены процессы запоминания и воспроизведения. Особенно трудно запоминается абстрактный материал (например, цифровой). Обычно страдает также и процесс сосредоточения. Ослабление указанных функций связано с нарушением эмоциональной сферы, с повышенной аффективностью и трудностью умственного напряжения.

Улучшение состояния сопровождается постепенным восстановлением процессов памяти.

Механизм повреждения лёгких при взрыве заключается во внезапной мощной компрессии (сжатии) заключённого в грудной клетке лёгкого, рёбра при этом играют роль рычагов, которые ударяют по поверхности лёгкого или (на противо-



Отпечатки рёбер на лёгких подопытного животного после взрыва

положной стороне) образуют для сдавливаемого лёгкого жёсткую подкладку. В результате возникают механические повреждения лёгкого.

Но, помимо механического повреждения, травма вызывает сильнейшее раздражение вегетативной нервной системы. Таким образом здесь неизбежно переплетаются два типа воздействия на легочную ткань: чисто механическое (ударное) и рефлекторное, через вегетативную нервную систему; в результате чего формируется причудливая морфологическая картина травмы, которая представляет собой сочетание кровоизлияний, ателектаза (уменьшения воздушности) и очаговой эмфиземы (вздутия) лёгких.

В целом воздействие ВУВ на человека представляет собой сложный процесс, в котором принято учиты-



Внешний вид подопытного животного после проведения эксперимента



вать действие следующих параметров: дР (разность между нормальным давлением и уровнем избыточного давления во фронте ударной волны, форма волны (величина перепада давления перед фронтом УВ и позади него), действие динамического давления во фронте ВУВ и продолжительность действия УВ. Однако считается, что основной травмирующий эффект ВУВ зависит от скорости нарастания максимума дР, то есть импульса ударной волны.

В зависимости от скорости нарастания максимума дР выделяют мгновенное повышение импульса ВУВ (на открытой местности) и постепенное (в укрытиях и бронеемкостях). Поражающие уровни дР при этом совершенно различны.

Принято считать, что при мгновенном нарастании максимума дР безусловно поражающим действием обладает ударная волна с дР 100 кПа и более. При величине дР порядка 20-35 кПа сохраняется вероятность акутравмы. Пороговым дР, приводящим к повреждениям лёгочной ткани, является избыточное давление в 30-50 кПа. В то же время поро-

вые уровни дР для замкнутых пространств должны быть снижены примерно в 5 раз. По мере увеличения дР не только возрастает риск тяжёлых контузий, но и сокращается разрыв между величинами дР, вызывающими повреждения различной тяжести (это является объяснением исключительного разнообразия в тяжести травмы у членов одного экипажа поражённого бронеемкости). Если порог разрыва барабанных перепонок человека можно рассматривать как границу выхода из строя людей, то порог повреждения лёгких является рубиконом между возможными смертельными и несмертельными последствиями воздействия ВУВ.

Как свидетельствуют экспериментальные исследования, тяжесть контузионных повреждений у стоящих в момент взрыва животных была закономерно большей по сравнению с лежащими животными. С увеличением массы животных их сопротивляемость к действию ВУВ возрастает.

Извращённое понимание поражающих факторов взрыва формирует ся голливудскими боевиками, где ге-

рои и злодеи, будучи отброшенными ударной волной на десятки метров, отряхиваются и начинают палить друг в друга из всех видов оружия.

В реальной жизни всё гораздо скучнее и описывается сухим формулировками и медицинскими терминами.

Существуют ли методы защиты от взрыва, можно ли свести к минимуму его последствия?

Первенство в решении этих вопросов принадлежит нашей стране. В следующем номере журнала читатели смогут познакомиться с новейшими разработками российских учёных в области создания локализаторов взрыва.

Когда верстался номер, один из авторов статьи - Михаил Тюрин, успешно защитил диссертацию на соискание степени доктора медицинских наук по теме «Повреждения воздушной ударной волной и разработка специальных средств защиты и безопасности». Мы от всей души поздравляем нашего постоянного автора и желаем новых успехов в научной деятельности.



В качестве подопытных животных используются кролики и свиньи