

Глава 4

Механизм травмы

Травма — это нарушение структуры или функции организма, вызванное внезапным механическим, термическим, электрическим или химическим воздействием либо недостатком необходимых для нормальной жизнедеятельности факторов, таких, как кислород или тепло. Проще говоря, травма — это повреждение тела в результате любого обмена энергией. Последствия травмы всегда зависят от условий на момент ее возникновения, собственно повреждающего воздействия и оказанной медицинской помощи. В данной главе мы остановимся лишь на повреждающем воздействии. Прочие факторы, влияющие на исход травмы, такие, как возраст, сопутствующие заболевания, удаленность стационара, качество медицинской помощи, условия внешней среды, будут обсуждаться в других главах.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Законы движения и сохранения энергии

Если травма — это повреждение тела в результате обмена энергией, то для понимания ее механизмов можно использовать физические законы, которые представлены ниже.

- *Первый закон Ньютона.* Всякое тело находится в состоянии покоя или движется равномерно и прямолинейно, если на него не действуют никакие внешние силы.
- *Второй закон Ньютона.* Результирующая сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на его ускорение.
- *Закон сохранения энергии.* Энергия не появляется и не исчезает, но переходит из одной формы в другую.

Итак, чтобы привести покоящееся тело в движение, требуется сила. Придя в движение, тело согласно первому закону Ньютона будет продолжать двигаться с той же скоростью и в том же направлении, пока другая сила, равная первой по величине, но противоположная ей по направлению, не остановит его.

Движущееся тело обладает кинетической энергией, передача которой биологическим тканям повреждает их. При выстреле, например, вслед за ударом бойка по капсюлю в патроне воспламеняется заряд, и давление пороховых газов выбрасывает пулю из ствола. Остановить быстро летящую пулю может только столкновение с предметом, при котором выделится вся ее кинетическая энергия. Если этим предметом оказывается тело человека, возникает травма.

$$E_k = (m \times v^2)/2,$$

где E_k — кинетическая энергия; m — масса; v — скорость.

Как видно из приведенной выше формулы, кинетическая энергия движущегося тела определяется его массой и скоростью, причем зависимость от массы линейная, а от скорости квадратичная. Следовательно, кинетическая энергия летящей пули увеличивается в 2 раза при удвоении ее массы и в 4 раза при удвоении ее скорости.

Сотрясение и образование постоянной и временной полостей

Когда в начале игры битком разбивают пирамиду, шары разлетаются по бильярдному столу в разные стороны. Когда в боулинге шар попадает в кегли, они также разлетаются в разные стороны. То же самое происходит при травме на микроскопическом уровне: частички тканей, смещенные повреждающим объектом, ударяют по другим частичкам, те — по третьим и т. д., пока энергия, переданная повреждающим объектом, полностью не поглотится.

При ударе образуются две полости: постоянная, видимая при осмотре пострадавшего, и временная, существующая лишь доли секунды. Постоянная полость образуется за счет размозжения тканей под действием повреждающего объекта. В отличие от постоянной временная полость не заметна. В момент удара она быстро увеличивается, а затем исчезает, поскольку смещенные частички стремятся занять первоначальное положение (насколько это возможно). Исчезновение временной полости определяется в первую очередь эластичностью поврежденной ткани. Высокая эластичность мышечной ткани, например, объясняет, почему она легко выдерживает растяжение без разрыва и принимает исходную форму. Печень и селезенка, напротив, характеризуются низкой эластичностью и склонны к разрывам. Чтобы убедиться в значении эластичности тканей при повреждении, проведем следующий опыт. Ударим с одинаковой силой бейсбольной битой по рулону пенорезины и алюминиевой бочке. На бочке останется глубокая вмятина, а пенорезина тут же выпрямится. Различия объясняются тем, что пенорезина эластичная, а алюминиевый лист нет.

Обмен энергией зависит от количества частиц в месте контакта повреждающего объекта с телом: чем их больше, тем быстрее передается энергия. Количество частиц, контактирующих с повреждающим объектом, определяется, во-первых, плотностью ткани: чем она выше, тем частиц больше. Даже в одних и тех же тканях плотность колеблется в широких пределах, поэтому для удобства выделяют органы, плотность которых соответствует плотности воздуха (легкие, части тонкой кишки, придаточные пазухи носа), жидкости (мышцы, сосуды, паренхиматозные органы) и твердых тел (кости). Передача энергии при контакте

повреждающего объекта с тканями разных типов происходит по-разному. Во-вторых, количество частиц, контактирующих с повреждающим объектом, зависит от площади контакта. В ряду — ледоруб, бейсбольная бита, бампер автомобиля — по мере увеличения площади контакта увеличиваются число частиц, с которыми контактирует повреждающий объект, скорость обмена энергией и размеры постоянной и временной полостей.

ЗАКРЫТАЯ ТРАВМА

При закрытой травме действуют три независимых механизма повреждения: сдавление, растяжение и повышение давления в полостях.

Сдавление

Удар тупым предметом можно сравнить с отбиванием мяса. В месте непосредственного контакта с молотком происходит сдавление и разрушение тканей, а вокруг — их сотрясение.

Растяжение

Растяжение возникает, когда органу и его фиксирующему аппарату или разным частям одного органа сообщают разное ускорение. Рассмотрим действие растягивающих сил на грудную аорту при автомобильной травме. Нисходящая аорта прочно прикреплена к позвоночнику, тогда как дуга аорты не фиксирована. При лобовом или боковом столкновении либо при наезде на пешехода тело отбрасывает в сторону от точки соударения. Удар придает нисходящей аорте, связанной с костными структурами, то же ускорение, что и всему телу. Нефиксированная дуга аорты при этом как бы запаздывает. В результате на границе фиксированной и нефиксированной частей аорты возникают растягивающие силы. Если они превышают предел прочности аорты, возникает полный поперечный разрыв, сопровождающийся одномоментной массивной кровопотерей, либо надрыв интимы и меди, сопровождающийся образованием ложной аневризмы. Сходным образом происходит отрыв селезенки или почки от сосудистой ножки.

Повышение давления в полостях

Если полость сжимается быстрее, чем окружающие ткани, ее мышечно-фасциальные стенки выпячиваются в сторону меньшего давления и рвутся, подобно воздушному шару или надутому бумажному пакету. Так, при повышении внутрибрюшного давления от удара животом о рулевое колесо во время лобового столкновения возможен разрыв диафрагмы. Сходным образом при повышении давления происходит разрыв других полых или содержащих воздух органов: мочевого пузыря, кишечника, легкого.

АВТОМОБИЛЬНАЯ ТРАВМА

Под автомобильной травмой мы понимаем травму, полученную в кабине автомобиля во время дорожно-транспортного происшествия. Она происходит в пяти типовых ситуациях, различающихся механизмом и характером повреждений: 1) лобовое столкновение; 2) боковое столкновение; 3) наезд сзади; 4) столкновение со смещением; 5) опрокидывание. Несколько лишних минут в приемном отделении, потраченных на выяснение обстоятельств происшествия, помогут понять, каких повреждений следует опасаться.

За первичным ударом, или собственно столкновением, следует вторичный удар, во время которого на водителя и пассажиров воздействуют части кабины, а затем и третичный удар, когда внутренние органы повреждаются о стенки естественных полостей.

Лобовое столкновение

Машина и находящиеся в ней пассажиры движутся с одинаковой скоростью. Когда такая машина (назовем ее ударяющей) врежется в другую движущуюся или неподвижную машину (назовем ее ударяемой) или иной объект, она отдает кинетическую энергию и резко замедляется вплоть до полной остановки. Непростегнутые водитель и пассажиры продолжают двигаться вперед с той же скоростью, что непосредственно перед столкновением. Как следует из первого закона Ньютона, если водитель и пассажиры не пристегнуты фиксирующими их ремнями безопасности, они будут двигаться вперед до тех пор, пока их не остановит удар о руль, переднюю панель, ветровое стекло или переднее сиденье в зависимости от того, где они находились на момент дорожно-транспортного происшествия. Движение вперед при лобовом столкновении происходит одним из двух способов, которые впрочем нередко сочетаются.

Смещение вперед нижней части тела

При этом варианте движения вперед при лобовом столкновении водитель или пассажир соскальзывают по сиденью вниз и ударяются ногами о переднюю панель автомобиля. Поскольку перед столкновением голени обычно согнуты, основной удар приходится на коленные суставы. Если удар приходится на проксимальную часть большеберцовой кости, мышелки бедренной кости соскакивают вперед, приводя к вывиху голени — тяжелой травме, сопровождающейся нестабильностью коленного сустава и повреждением подколенного сосудисто-нервного пучка. Если же удар приходится на мышелки бедренной кости, то под действием продолжающегося двигаться вперед туловища возможен перелом диафиза бедренной кости или вывих бедра, который нередко сочетается с переломом вертлужной впадины. После этого движение нижней части тела прекращается.

Верхняя часть тела продолжает двигаться вперед до удара грудью или верхней частью живота о рулевое колесо или переднюю панель. Удар останавливает передние грудную и брюшную стенки, а задние грудная и брюшная стенки продолжают двигаться.

В брюшной полости это приводит к сдавлению органов. Даже после остановки задней брюшной стенки прикрепленные к ней внутренние органы могут продолжать смещаться вперед, натягивая и повреждая фиксирующие их структуры. Обычно страдают сосуды, кровоснабжающие, например, селезенку, почку, тонкую кишку, реже соединительнотканнные образования, такие, как круглая связка матки.

При продолжающемся движении задней грудной стенки вперед нагрузка падает в первую очередь на ребра. Если их эластичности оказывается недостаточно, возникают множественные переломы. Формируется окончатый перелом ребер или происходит сдавление легких и средостения. Частым следствием этого становится разрыв легочной ткани (по типу надутого бумажного мешка), приводящий к пневмотораксу.

Когда прекращает двигаться вперед задняя грудная стенка, останавливается и прикрепленная к позвоночнику нисходящая аорта. При этом свободно подвешенные сердце и дуга аорты продолжают двигаться вперед. Как описано выше, натяжение на границе нисходящей аорты и дуги аорты может приводить к различным повреждениям от надрыва интимы до полного поперечного разрыва аорты.

Смещение вперед верхней части тела

При таком варианте движения вперед при лобовом столкновении водитель или пассажир остановившейся машины движется головой вперед и ударяется ею либо о ветровое стекло, либо об окружающие его части корпуса автомобиля, отчего возможен перелом костей свода черепа. От удара головного мозга о внутреннюю поверхность остановившегося черепа возникает сотрясение или ушиб мозга, иногда с повреждением мозга костными отломками. Смещение больших полушарий относительно более фиксированного ствола мозга создает натяжение, которое может приводить к полному поперечному разрыву ствола мозга.

Продолжающееся двигаться туловище при неподвижной голове вызывает компрессию, резкое сгибание или разгибание нефиксированного шейного отдела позвоночника. Сходные изменения возможны также в грудном и поясничном отделах позвоночника. Примерно в 10% случаев переломы шейных позвонков сочетаются с переломами других позвонков.

Затем грудная клетка и живот врезаются в рулевое колесо или переднюю панель, что сопровождается теми же последствиями, что при смещении вперед нижней части тела. Единственное отличие состоит в том, что удар приходится на нижнюю часть груди или полностью на живот.

Боковое столкновение

Боковые (перекрестные) столкновения случаются обычно на перекрестках, когда одна или обе машины пытаются проехать на запрещающий сигнал светофора. Последствия для ударяющей машины будут такими же, как при лобовом столкновении (описаны выше). В ударяемой же машине происходят другие изменения.

Непосредственным результатом бокового столкновения становится деформация кузова и его прогибание внутрь салона автомобиля. Остальная часть энергии удара уходит на смену траектории движения ударяемой машины. Ударный импульс, направленный перпендикулярно исходной траектории ее движения, отклоняет ее на угол, величина которого будет зависеть от скорости и веса ударяющей машины. Если водитель и пассажиры пристегнуты ремнями безопасности, их движение вбок начинается в тот момент, когда вбок начинает двигаться автомобиль. Если они не пристегнуты, то их движение вбок начинается, когда их ударит деформирующийся салон. С этого момента запускается череда повреждений, обусловленных сочетанием сдвигания и растяжения (за счет ускорения и торможения). Вначале из-под водителя или пассажира выскальзывает вбок сидение, затем его ударяет боковая часть салона, после чего он начинает двигаться от точки соударения с той же скоростью, что и сам автомобиль.

Направление движения водителя и пассажира меняется за счет трения бедер, ягодиц и спины о сидение, фиксации диагонально-поясным ремнем безопасности и удара внутренними поверхностями салона при его деформации или неправильном пользовании ремнем безопасности. При повреждении кузова машины в результате бокового столкновения основную часть удара принимают на себя водитель или пассажиры, находящиеся на стороне удара, следовательно, они и получают наиболее тяжелые повреждения.

Удар от прогнувшейся двери или средней стойки обычно приходится на предплечье, плечо, боковую грудную стенку и большой вертел бедренной кости. Удар по верхней части плеча передается на акромиальный конец ключицы. Его смещение по направлению к груди может вызывать перелом ключицы в средней трети. При этом отломки обычно смещаются вперед, под кожу, а не назад, где проходит сосудисто-нервный пучок.

От удара по боковой грудной стенке она, как и кузов автомобиля, прогибается внутрь, в результате чего возможны множественные или окончатый переломы ребер и ушиб легкого. От неравномерного ускорения внутренних органов страдают аорта (четверть случаев разрыва аорты приходится на боковые столкновения, остальные — на лобовые), почечные и селезеночные сосуды, причем последствия этих повреждений могут проявиться позже. Сдавление брюшной полости может приводить к повреждению селезенки (при ударе со стороны водителя) или печени (при ударе со стороны пассажира), а от неравномерно-

го ускорения страдают паренхиматозные органы, находящиеся на стороне тела, противоположной удару. Удар по бедру внедряет головку бедренной кости в вертлужную впадину, а распространение повреждающего воздействия на подвздошную кость приводит к перелому таза.

Наконец, страдает шейный отдел позвоночника, причем иначе, чем при лобовых столкновениях. Удар придает туловищу (а значит, и грудному отделу позвоночника) боковое ускорение, в то время как голова, центр тяжести которой находится спереди и выше от точки опоры, на какой-то момент остается в прежнем положении, а затем наклоняется и поворачивается в сторону удара. При вращении нижний суставной отросток одного из шейных позвонков на стороне, противоположной удару, может выскользнуть из межпозвоночного сустава вперед, в межпозвоночное отверстие, и зафиксироваться в этом положении. В результате возникает сцепившийся вывих шейного позвонка.

Наезд сзади

Сила от столкновения двух машин определяется скоростью их сближения. При лобовом столкновении скорость сближения, а значит, и сила удара увеличивается, при наезде сзади, когда машины движутся в одну и ту же сторону, уменьшается. Так, при лобовом столкновении двух одинаковых машин, движущихся со скоростью 30 и 50 км/ч, на каждую машину действует такая же сила, как если бы в стоящую машину врезалась другая, движущаяся со скоростью 80 км/ч. Если же машина, движущаяся со скоростью 50 км/ч, врезается сзади в машину, движущуюся в том же направлении со скоростью 30 км/ч, на обе машины действует такая же сила, как если бы в стоящую машину врезалась другая, движущаяся со скоростью 20 км/ч.

При наезде сзади ударяемая машина движется вперед. Все фиксированные части автомобиля ускоряются одновременно с ней. Движение водителя и пассажиров определяется их отношением к фиксированным частям автомобиля. Сидящий водитель или пассажир ускоряется несколько медленнее, чем машина в целом, потому что пружины сиденья и материал спинки частично поглощают энергию удара. Затем, по мере того как спинка сиденья усиливает давление на туловище, водитель или пассажир «нагоняют» машину. Голова ускоряется последней под тягой туловища или давлением подголовника, который предохраняет от резкого разгибания в шейном отделе позвоночника. В конце концов скорость туловища, шеи и головы сравниваются со скоростью автомобиля.

Столкновение со смещением

Когда автомобиль контактирует с препятствием не всей поверхностью бампера, а только небольшой ее частью (так называемое столкновение со смещением или столкновение с неполным перекрытием), ударившаяся часть автомобиля резко замедляется, в то время как оставшаяся

часть согласно первому закону Ньютона продолжает двигаться. Точка соударения в таком случае превращается в точку опоры, а ударившая машина — в рычаг, который начинает вращаться вокруг точки опоры по часовой стрелке, если удар был справа, и против часовой стрелки, если он был слева. Водитель и пассажиры продолжают двигаться прямолинейно до тех пор, пока не ударятся о внутреннюю часть салона, изменившего направление своего движения. По такому же принципу происходит вращение при боковом столкновении или наезде сзади со смещением.

Опрокидывание

Силы растяжения и сжатия, возникающие в результате быстро меняющего свое направление движения водителя или пассажира в переворачивающейся машине, натягивают фиксирующий аппарат внутренних органов и сдавливают те части тела, которые ударяются о внутреннюю поверхность салона.

Защита водителя и пассажиров

Защита водителя и пассажиров во время дорожно-транспортных происшествий обеспечивается, во-первых, конструкцией автомобиля, предотвращающей внедрение частей кузова внутрь салона, и, во-вторых, специальными приспособлениями, предупреждающими выброс пассажира из автомобиля и смягчающими удар о внутренние части салона. Хотя разработки последних 30 лет значительно обезопасили водителя и пассажиров, любая защита имеет свои пределы. Если сила удара достаточно велика, то, несмотря на все меры предосторожности, водитель или пассажир получают травму. Это не означает, что системы безопасности бесполезны, просто всегда найдется такая сила, которая превысит их возможности. Врач должен понимать это и активно выявлять повреждения у пострадавших.

МОТОЦИКЛЕТНАЯ И ВЕЛОСИПЕДНАЯ ТРАВМА

Движение мотоциклистов и велосипедистов во время дорожно-транспортных происшествий подчиняется тем же законам физики, что и движение водителя и пассажиров автомобиля. Однако ряд особенностей позволяет рассматривать эту травму отдельно. Ниже мы детально остановимся на мотоциклетной травме (все сказанное в равной степени относится и к велосипедной травме). Выделяют три типовых ситуации, различающихся механизмом и характером повреждений: 1) лобовое столкновение; 2) угловое столкновение; 3) выброс из седла.

Лобовое столкновение

Центр тяжести мотоцикла находится позади и выше оси переднего колеса. Именно вокруг оси переднего колеса начинает вращаться мото-

цикл при лобовом столкновении. Мотоцикл наклоняется вперед, и мотоциклист падает на руль или переваливается через него. При этом возможны ЧМТ, повреждения груди, живота и таза. Если ступни мотоциклиста остаются на подножках, мотоциклист ударяется о руль бедрами, а основной удар приходится на диафизы бедренных костей.

Угловое столкновение

От удара о препятствие под углом переднее колесо останавливается, а корпус мотоцикла продолжает скользить к препятствию, зажимая мотоциклиста. При угловом столкновении особенно сильно страдают ноги. Повреждения груди и живота аналогичны тем, что описаны ранее при боковых столкновениях автомобилей.

Выброс из седла

При выбросе из седла мотоциклист летит с той же скоростью, с которой ехал до столкновения, пока не ударится о препятствие (машину, фонарный столб или дорогу). Сила удара передается от точки соударения, где возникают самые тяжелые повреждения, на остальные части тела и постепенно поглощается ими. Выброс из седла мотоцикла, как и из салона автомобиля, — очень опасное последствие дорожно-транспортного происшествия, поскольку человек практически не защищен от повреждающих сил и особенно высока вероятность тяжелой травмы.

НАЕЗД НА ПЕШЕХОДА

Травма пешехода при наезде автомобилем развивается в три этапа: первичный контакт с автомобилем, забрасывание тела на автомобиль и падение на землю. Взрослому пешеходу первоначальный удар приходится на ноги или таз. От забрасывания тела на капот страдают живот и грудь, а падая, пешеход повреждает голову и шею.

ПАДЕНИЯ

Тяжелыми считаются падения с высоты, превышающий рост пострадавшего более чем в 3 раза. На скорость остановки тела и, следовательно, тяжесть травмы влияет характер поверхности, на которую падает пострадавший, в первую очередь ее твердость (способность к деформации под действием внешней силы).

Важно узнать, какой частью тела приземлился пострадавший, поскольку это определяет характер повреждений. Типичная травма от падения на ноги (которую нередко называют синдромом Дон-Жуана в напоминание о незадачливых любовниках, прыгавших с балконов своих возлюбленных) включает переломы, вывихи и разрывы разной локализации. Первыми, коснувшись грунта, асфальта или бетона, оста-

навливаются ступни, от давления надвигающегося туловища ломаются пяточная кость и лодыжки. Затем, по мере того как энергия от удара о землю передается выше, повреждаются коленные и тазобедренные суставы, возникают переломы длинных трубчатых костей нижних конечностей. Давление головы и верхней части туловища приводит к резкому сгибанию позвоночника. При этом возможны компрессионные переломы грудных или поясничных позвонков и разрывы связок позвоночника.

При падении на вытянутые руки часто наблюдаются переломы костей предплечья, а при падении на голову (например, при нырянии на мелководье), когда на нее действует не только сила удара, но и вес всего тела, — повреждения черепа и шейного отдела позвоночника.

ВЗРЫВНАЯ ТРАВМА

Взрывная травма развивается в три этапа. Сначала на человека воздействуют световая вспышка, высокая температура и сразу за ними ударная волна. Яркая вспышка света и раскаленные газы опалют незащищенные участки кожи и могут воспламенить или расплавлять одежду с последующими ожогами. Предметы, оказавшиеся между человеком и взрывным устройством, защищают его от непосредственного термического воздействия. Ударная волна сдавливает снаружи заполненные газом анатомические структуры и полые органы, в частности придаточные пазухи носа, легкие и органы ЖКТ. На втором этапе повреждающее воздействие оказывают осколки взрывного устройства и вторичные снаряды (оказывающие предметы и их обломки, поднятые в воздух ударной волной). На третьем этапе отброшенный ударной волной пострадавший падает на землю или врезается в препятствие, получая такие же повреждения, как при выбросе из машины или падении с высоты.

ОГНЕСТРЕЛЬНЫЕ РАНЕНИЯ

Передача энергии

Выпущенная из ствола пуля летит с огромной скоростью, а значит, обладает высокой кинетической энергией. Согласно первому закону Ньютона пуля будет лететь до тех пор, пока не истратит кинетическую энергию. Поскольку энергия не создается и не разрушается, замедление пули, попавшей в тело человека, означает, что ее энергия передана окружающим тканям.

Количество энергии, передаваемой пулей во время движения в среде (если оно возможно) зависит от того, насколько велико взаимодействие пули со средой, а это, в свою очередь, определяется плотностью среды и площадью ударной поверхности пули. Ударившись о толстый

стальной лист, который она не может пробить, пуля расходует всю кинетическую энергию на собственную деформацию и незначительную деформацию стального листа. Столкнувшись же с чем-нибудь менее прочным, например с человеческим телом, пуля пробивает кожу, подкожную клетчатку, мышцы и даже кости, образуя входное отверстие и полость — раневой канал. Для того чтобы возникла полость, частицы ткани должны быть смещены со своего привычного положения, на это и уходит энергия пули. Ткани непосредственно перед пулей полностью разрушаются, а по бокам от нее — раздвигаются в стороны. Количество переданной энергии будет тем больше, чем плотнее ткань, больше начальная энергия и ударная поверхность пули. Площадь ударной поверхности пули зависит от ее формы, кувыркания и фрагментации после удара.

Постоянная и временная полости

Как описано выше, при ударе образуются две полости — постоянная и временная. Диаметр временной полости в 20—25 раз превосходит диаметр ударной поверхности пули, однако она тут же исчезает. Постоянная полость сохраняется и видна при осмотре пострадавшего. Размер постоянной полости и тяжесть повреждения определяются во многом эластичностью тканей, сквозь которые проходит пуля. Так, мышечная ткань довольно эластична, может растягиваться и сжиматься без особых повреждений, в то время как паренхиматозные органы (почка, печень, селезенка) бедны эластическими волокнами и легко рвутся.

Размер и форма пули

Скорость передачи энергии соударяющихся тел пропорциональна площади их контакта: бейсбольная бита передает энергию быстрее ледоруба, а бампер движущегося грузовика — быстрее биты. Ударная поверхность пули мала за счет баллистически выгодной конической формы ее головной части (это уменьшает силу трения, и пуля дольше сохраняет высокую кинетическую энергию), но от удара о человеческое тело пуля может деформироваться, т. е. попросту сплющиться. Деформации пули способствует мягкая головная часть, особенно со специальным углублением — экспрессивной пустотой. Деформируемые, или экспансивные, пули быстрее передают свою энергию цели и сильнее повреждают ткани, чем недеформируемые.

Кувыркание пули

Головная часть ударившейся о препятствие пули резко замедляется, а хвостовая, где находится центр тяжести, по инерции поворачивается вперед. Это называют кувырканием пули. Кувыркание значительно увеличивает площадь контакта с тканями. При этом пуля быстрее отдает свою энергию и значительно сильнее повреждает ткани, чем если бы она продолжала двигаться прямолинейно.

Фрагментация

Пули с мягкой головной частью или надрезами на ней, а также разрушающиеся пули типа «Глейзер» усугубляют повреждение тканей тем, что после попадания в цель распадаются на части. Общая ударная поверхность многочисленных фрагментов больше, чем у целой пули, поэтому кинетическая энергия передается тканям быстрее. Фрагменты разрушенной пули распределяются в большем объеме тканей, что приводит к передаче энергии большему числу тканевых частиц и, следовательно, к более обширным и тяжелым повреждениям. По данным М. Fackler, повреждение тканей от разрушающихся пуль статистически значимо выше, чем от неразрушающихся ($p < 0,001$). Сходный принцип используется в дробовых патронах.

Взрывные пули

Пули, взрывающиеся при попадании в тело, вызывают более тяжелые повреждения, чем обычные.

ЭНЕРГИЯ ПОВРЕЖДАЮЩЕГО ОБЪЕКТА

Тяжесть ранения во многом зависит от кинетической энергии повреждающего объекта. Холодное оружие и такие предметы, как нож, топор, ледоруб, — обладают незначительной кинетической энергией и повреждают ткани в основном своими острием и лезвием. Вторичное повреждение за счет сотрясения невелико, а тяжесть ранения можно довольно точно определить по направлению раневого канала. Если на момент осмотра пострадавшего оружие извлечено из раны, нужно по возможности определить его тип и узнать пол нападавшего. Мужчины склонны бить ножом снизу вверх, держа его лезвием по направлению к большому пальцу, а женщины — сверху вниз, держа нож лезвием по направлению к мизинцу.

При колотых ранах нужно тщательно осмотреть пострадавшего, потому что они могут быть множественными. Для этого на месте происшествия, по пути в больницу или в больнице (в зависимости от обстоятельств ранения и состояния пострадавшего) его полностью раздевают и осматривают.

Поворот ножа в ране, практически не заметный по ее форме, опасен тяжелым повреждением. Выявить это на месте происшествия невозможно, но помнить об этом и представлять себе вероятные повреждения даже при легком на первый взгляд ранении необходимо. Важно исключить повреждение смежных органов. Например, при ударе ножом в нижнюю часть груди возможно одновременное ранение органов грудной и брюшной полостей, поскольку диафрагма во время глубокого выдоха поднимается до уровня сосков.

Кинетическая энергия пули, выпущенной из огнестрельного оружия, значительно выше, чем кинетическая энергия холодного оружия.

По дульной энергии используемых патронов ручное огнестрельное оружие часто делают на оружие средней (пистолеты и некоторые ружья) и высокой (винтовки, карабины, автоматы) мощности. Разница в поражающем действии оружия средней и высокой мощности состоит в размерах временной и постоянной полостей. После выстрела из оружия средней мощности диаметр временной полости в 3—6 раз больше диаметра ударной поверхности пули, а после выстрела из оружия высокой мощности он гораздо больше. Кроме того, за счет образующегося разрежения временная полость засасывает в себя частицы поврежденных тканей, бактерии и прочие инородные тела.

РАНЕВОЙ КАНАЛ

Ход раневого канала можно с известной точностью предсказать, если найти входное и выходное отверстия и соединить их условной линией. Очевидно, что при огнестрельном ранении истинный ход раневого канала не может быть совершенно прямым, потому что пулю отклоняют различные органы и ткани, а диаметр раневого канала колеблется в широких пределах. Однако даже упрощенное представление о раневом канале позволяет судить о том, какие органы, а вернее, какие области тела могли пострадать. Например, если входное отверстие пули расположено на одной стороне грудной клетки, а выходное — на другой, есть все основания ожидать повреждения органов средостения. Если же входное и выходное отверстия расположены на одной стороне грудной клетки достаточно латерально и по дренажной трубке, установленной в плевральной полости, поступает незначительное количество крови, торакотомия может не потребоваться. Когда входное и выходное отверстия находятся на разных ягодицах, следует опасаться повреждения прямой кишки.

Входное и выходное отверстия пули

От результатов осмотра раны во многом зависит тактика лечения пострадавшего. Образованы ли два пулевых отверстия на брюшной стенке одной пулей, прошедшей насквозь, или двумя пулями, оставшимися внутри? Прошла ли пуля через срединную плоскость (что более опасно) или осталась на той же стороне? В каком направлении двигалась пуля? Какие органы могли оказаться на ее пути? Сейчас, когда все чаще отказываются от обязательной ревизии брюшной полости при огнестрельных ранениях живота, особенно важно правильно распознавать входное и выходное отверстия пули. Обычно это несложно сделать по внешнему виду отверстий.

Входное отверстие пули прижато к подлежащим тканям. Дефект тканей здесь имеет конусовидную форму с вершиной, обращенной внутрь тела, а в области выходного отверстия — с вершиной, обращенной наружу. Форма входного отверстия пули круглая или овальная, выходно-

го — неправильная или звездчатая. Вращающаяся пуля трется о кожу и оставляет на ней узкий, шириной 1—2 мм, поясок осаднения (розового цвета) или обтирания (черного цвета), отсутствующий вокруг выходного отверстия. От выстрела в упор пороховые газы попадают под кожу в области входного отверстия, что проявляется крепитацией. При выстреле с расстояния 5—7 см раскаленные пороховые газы опалают кожу вокруг входного отверстия, при выстреле с расстояния 5—15 см к коже пристает копоть, а при выстреле с расстояния до 25 см на ней оседают горящие частицы пороха, оставляя после себя маленькие (диаметром 1—2 мм) ожоги.

ЛИТЕРАТУРА

Barnes FC: Cartridge nomenclature, in Bussard M (ed): *Cartridges of the World*, 7th ed. Northbrook, IL, DBI Books, 1993, pp 8—12.

Bellamy RF, Zajtchuk R: The physics and biophysics of wound ballistics, in Bellamy RF, Zajtchuk R (eds): *Conventional Warfare: Ballistic, Blast and Burn Injuries*. Washington, Office of the Surgeon General, Department of the Army, 1990, pp 107—162.

McSwain NE Jr: Mechanisms of injury in blunt trauma, in McSwain NE Jr, Kerstein MD (eds): *Evaluation and Management of Trauma*. Norwalk, CT, Appleton-Century-Crofts, 1985.

Nahum AM, Melvin J (eds): *The Biomechanics of Trauma*. Norwalk, CT, Appleton-Century-Crofts, 1985.

National Safety Council: *Injury Facts*, 1999. Chicago, National Safety Council, 1999.