

CAPÍTULO 4

CINEMÁTICA DO TRAUMA

1. Introdução

Trauma é uma lesão caracterizada por uma alteração estrutural ou fisiológica resultante da ação de um agente externo que resulta na exposição a uma energia (mecânica, térmica, elétrica), esta energia pode ter origens bio-físico-químicas.

As mortes ocasionadas por traumas ocupam entre a segunda ou terceira posição geral na morbidade dos países, (perdendo apenas para as doenças cardiovasculares e neoplasias). Porém entre os indivíduos das faixas etárias inferiores a 40 anos é a principal causa de morte.

Cada vítima de trauma aparenta ter suas próprias apresentações de lesões, mas na verdade muitos pacientes possuem métodos similares de traumatismos. O conhecimento destes mecanismos de lesões permitirão ao médico e socorrista um rápido diagnóstico ou pelo menos a suspeita das lesões através de métodos usuais.

No atendimento inicial do traumatizado devemos apreciar criteriosamente os mecanismos que produziram os ferimentos. Entendendo os mecanismos de trauma e mantendo um alto grau de suspeita, o socorrista ganha em aptidão para diagnosticar os ferimentos ocultos e um precioso tempo na instituição do tratamento. Todo ferimento potencialmente presente deve ser investigado, tendo em vista o mecanismo de trauma em questão.

“Saber onde procurar lesões e tão importante quanto saber o que fazer após encontrá-las”

Embora existam vários mecanismos de trauma os mais comuns relacionam-se com o movimento, respondendo pela maioria das mortes por trauma.

Cinemática do Trauma é portanto o processo de análise e avaliação da cena do acidente, com o escopo de se estabelecer um diagnóstico o mais precoce possível das lesões resultantes da energia, força e movimentos envolvidos. Através da cinemática do trauma o socorrista pode informar ao médico intervencionista e/ou regulador dados de suma importância para o tratamento mais adequado a ser dispensado na fase hospitalar, e também guiar seu próprio atendimento pré-hospitalar. Esta ciência é baseada em princípios fundamentais da física:

- Primeira Lei de Newton - "*Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar seu estado por forças impressas a ele.*" - Princípio da Inércia. (Mesmo que um carro colida e pare, as

pessoas no seu interior continuam em movimento até colidirem com o painel, direção, paradas etc.)

Mas, por que este repentino início ou parada de movimento resulta em trauma ou lesões? Esta questão é respondida por um segundo princípio da Física:

“A energia pode ser transformada de uma forma em outra em um sistema isolado, mas não pode ser criada ou destruída; a energia total do sistema sempre permanece constante”. Considerando-se o movimento de um carro como uma forma de energia (energia cinética), quando o carro colide, esta forma de energia é transformada em outras (mecânica, térmica, elétrica, química).

Considerando que $E = \frac{m \cdot V^2}{2}$, sendo **E** = energia cinética (movimento)
m = massa (peso)
V = velocidade

Conclui-se que quanto maior a velocidade, maior a troca de energia resultando assim em maiores danos aos organismos envolvidos.

Para que um objeto em movimento perca velocidade é necessário que sua energia de movimento seja transmitida a outro objeto. Esta transferência de energia ocorre quando, por exemplo um objeto em movimento colide contra o corpo humano ou quando o corpo humano em movimento é lançado contra um objeto parado, os tecidos do corpo humano são deslocados violentamente para longe do local do impacto pela transmissão de energia, criando uma cavidade, este fenômeno chama-se **cavitação**. A avaliação da extensão da lesão tecidual é mais difícil quando não existe penetração cutânea do que quando há uma lesão aberta. Por exemplo, um soco desferido no abdome pode deformar

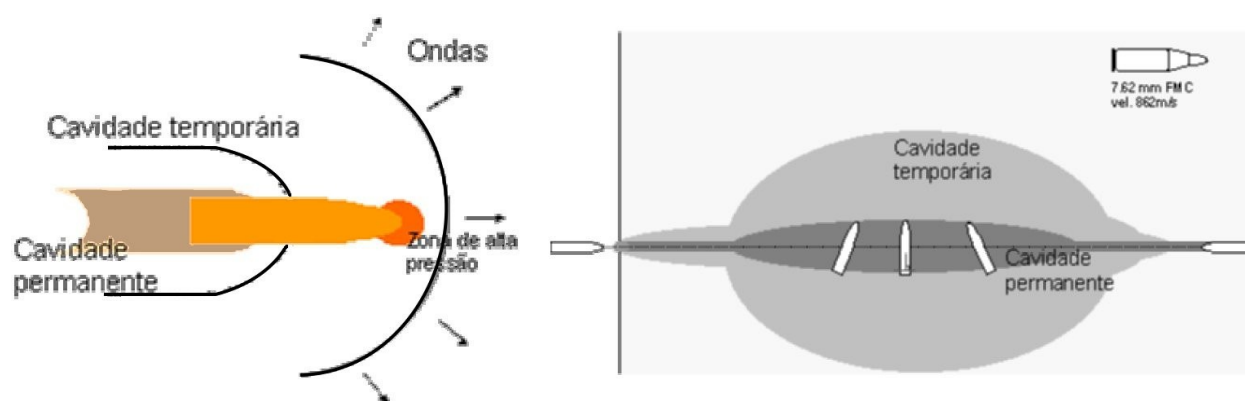


Fig 4.1 – Fenômeno da cavitação gerando cavidade temporária e definitiva nos ferimentos por projétil de arma de fogo

profundamente a parede abdominal sem deixar marcas visíveis externamente, mas com lesão de órgãos abdominais internos. Por isso é obrigatório pesquisar a história do evento traumático. Uma cavidade com deformação visível após um impacto é definida como permanente. Já uma cavidade (ou deformidade) não visualizada quando o socorrista ou médico examina a vítima é definida como temporária, na qual o tecido retorna para a sua posição normal. A diferença entre as duas está relacionada a elasticidade dos tecidos.

Analisando o mecanismo de trauma é possível ao socorrista estimar o tamanho da cavidade no momento do impacto, assim como as demais lesões decorrentes do mesmo.

2. Fases da Cinemática do Trauma

Na avaliação da cinemática do evento que possa causar traumatismos em um indivíduo podemos dividir sua evolução em 3 fases: **Pré-colisão, Colisão e Pós-colisão**. (Consideremos a colisão não apenas como acidente automobilístico mas também colisão de qualquer objeto, corpo ou forma de energia contra o corpo humano).

2.1. Pré-colisão: A história do incidente traumatizante começa com a pré-colisão com dados como ingestão de álcool ou drogas, doenças preexistentes, condições climáticas e ainda tamanho, peso, idade e sexo da vítima e/ou agressor.

2.2. Colisão: A segunda e talvez a mais importante fase na anamnese do trauma é a “fase da colisão propriamente dita”, fase esta que começa quando um objeto colide com outro e ocorre uma transmissão de energia entre eles. Os objetos podem estar em movimento ou um deles estacionado, e qualquer um dos objetos ou ambos, podem ser um corpo humano. Esta fase começa pelo início das trocas e transformações energéticas entre os corpos e termina quando a ação energética se extingue ou deixa de atuar sobre o organismo da vítima.

São considerações importantes para o atendimento:

- A direção na qual a variação de energia ocorreu.
- Quantidade de energia transmitida.
- Forma com que estas forças afetaram o paciente. (Exemplo: altura da queda, calibre da arma, tamanho da lâmina).

2.3. Pós-colisão: As informações conseguidas nas fases anteriores são usadas para melhor abordagem da vítima na fase pós-colisão, fase esta que inicia tão logo a energia se extinga ou deixe de atuar sobre o organismo da vítima.

3. Trauma Contuso x Trauma Penetrante

Está diretamente relacionado ao tamanho da superfície de contato do objeto contra o corpo no momento do impacto.

Se toda a energia do objeto está concentrada numa pequena área de contato com a superfície do corpo, se espera que a pele se rompa e o objeto penetre no corpo (trauma penetrante). Por outro

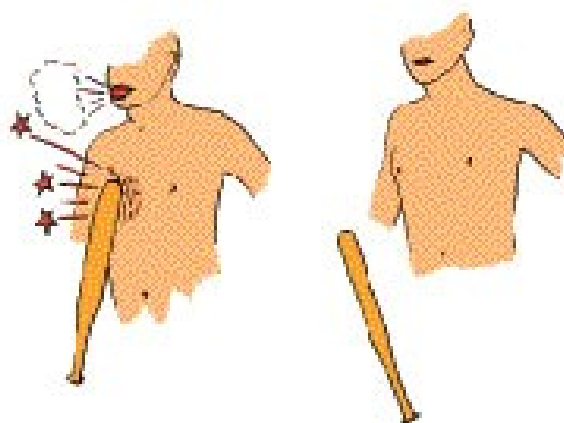


Fig 4.2 – Trauma contuso - Apenas cavidade temporária

lado, um objeto grande, a energia vai se espalhar por uma grande área da superfície corporal e a pele pode não ser rompida (trauma contuso). Da mesma forma podemos concluir que o trauma contuso cria uma cavidade temporária, já no trauma penetrante a cavidade pode ser temporária ou definitiva. Por exemplo: um projétil de arma de fogo, rompe e penetra na pele cavidade definitiva — e no seu trajeto pelo corpo pode provocar deslocamento de tecidos no sentido frontal e lateral — cavidade temporária.

De acordo com o exposto, podemos deduzir que o efeito do conjunto de forças que resulta em lesões corporais está diretamente relacionado ao conhecimento da anatomia do corpo humano e das diversas formas de energia.

Considerando-se portanto, a relevância do movimento nos mecanismos de trauma, é obrigatória a análise clínica da vítima focada nos aspectos relacionados a cinemática dos corpos envolvidos na cena do acidente.

O conhecimento da ocorrência de permuta de energia e de suas variáveis pela equipe de resgate, tem grande importância prática. Isto pode ser evidenciado quando se compara duas equipes que atendem um motorista que se chocou violentamente contra o volante. A que conhece cinemática do trauma, mesmo não reconhecendo lesões externas, saberá que ocorreu uma cavitação temporária e uma grande desaceleração suspeiando de lesões de órgãos intratorácicos. Com isso, a conduta será mais agressiva, minimizando a morbi-mortalidade dos pacientes. Já a que não tem estes conhecimentos, não suspeitará de lesões de órgãos intratorácicos, retardando o diagnóstico e conduta das mesmas, influenciando diretamente na sobrevivência dos pacientes.

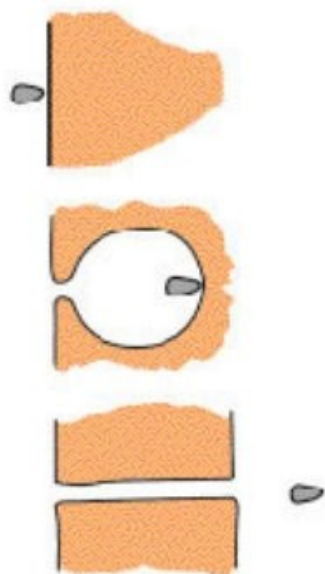


Fig 4.3 – Trauma penetrante cavidade temporária e definitiva

4. Mecanismos de Lesão

4.1. Acidente Automobilístico – Colisão Frontal

4.1.1. Cabeça e Pescoço: Quando a cabeça colide contra o para-brisa geralmente ocorrem ferimentos corto-contusos em crânio e face, com possíveis lesões nos olhos, o crânio pode ser ainda comprimido e fraturado ocorrendo a penetração de fragmentos ósseos no cérebro. A coluna cervical sofre uma violenta compressão podendo ser angulada além de seus limites anatômicos, podendo sofrer luxações e/ou rupturas de vértebras com consequentes lesões aos tecidos moles do pescoço e medula espinhal.

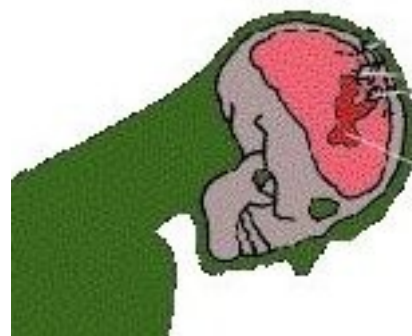


Fig 4.4 – Colisão frontal em crânio

4.1.2. Tórax e Abdômen: Durante uma colisão, o movimento do corpo é suspenso, mas os órgãos da cavidade torácica e abdominal tendem a continuar o movimento para frente, estando sujeitos a se romperem no ponto onde estão ligados à

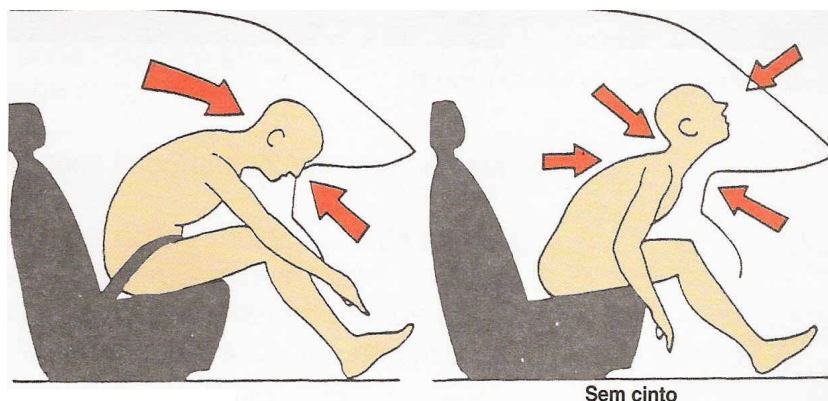


Fig 4.5 – Ações em crânio e pescoço

parede torácica e abdominal, como no pedículo vascular de órgãos (aorta ascendente, rins, baço, intestino delgado e grosso). Outra situação em consequência da desaceleração é a laceração do fígado, geralmente pela compressão do abdômen contra o volante. Com o aumento de pressão no abdômen, pode haver ruptura do diafragma.

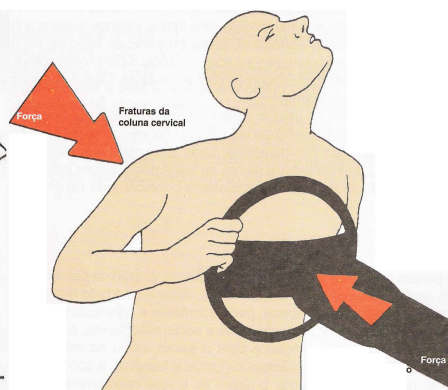


Fig 4.6 – Colisão frontal em tórax

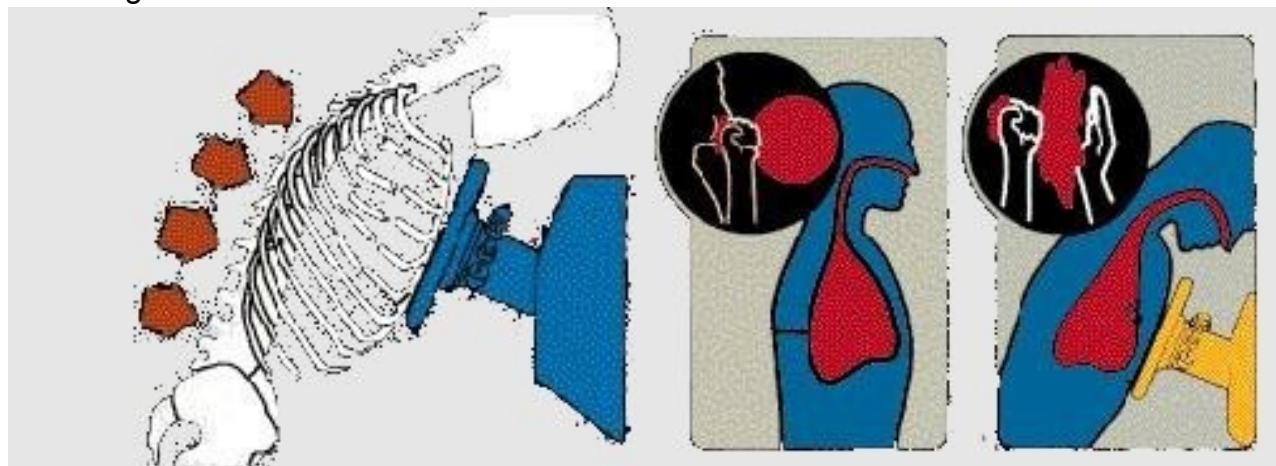


Fig 4.7 – Lesões produzidas pelo impacto de tórax em colisão frontal

4.1.3. Joelho:

Quando o ocupante do veículo continua o movimento para a frente e para baixo depois que o carro para, o impacto do joelho contra o painel do veículo resulta em sua fratura ou luxação, com lesão de vasos

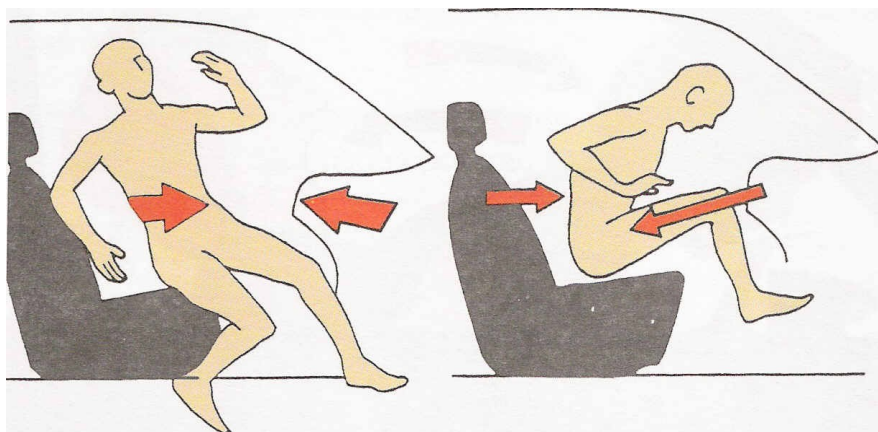


Fig 4.8 – Ações em abdome e membros inferiores

que, se não detectada, pode levar até à amputação da perna.

A energia do impacto do joelho contra o painel, se transmitida, causa fratura de fêmur e/ou fratura e luxação de quadril. Esse tipo de fratura costuma provocar forte hemorragia, pondo em risco a vida da vítima.

4.2. Acidente Automobilístico – Colisão Traseira

Se o veículo parado ou que se desloca lentamente sofre colisão na parte traseira, a energia do impacto provoca aceleração rápida e o lança à frente, assim como tudo o que está em contato com ela. Se não houver apoio para a cabeça, pode acontecer a hiperextensão do pescoço e o risco de lesão na medula espinhal. Geralmente, após a aceleração rápida, o veículo é obrigado a parar subitamente e seus ocupantes lançados para a frente, como no mecanismo de colisão frontal. Como o veículo sofre dois tipos de impacto (frontal e traseiro), o socorrista ficará atento a essa possibilidade e, na cena do acidente, buscará as lesões relacionadas aos dois tipos de situação.

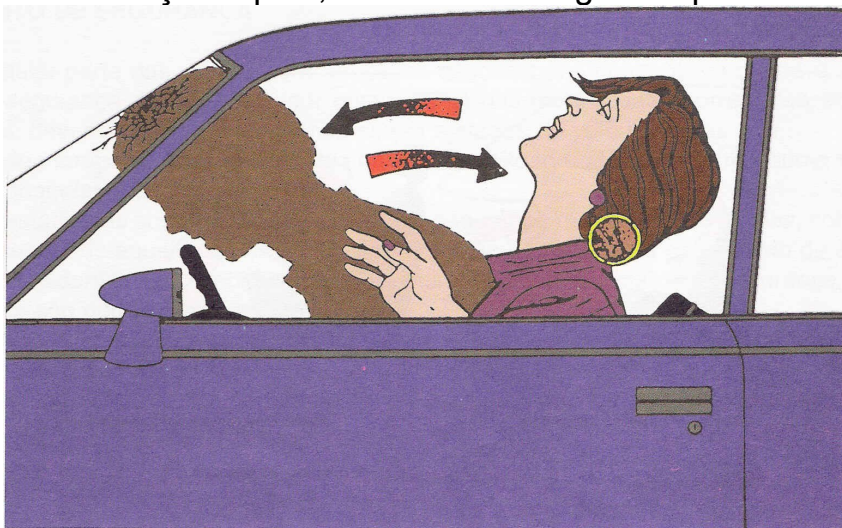


Fig 4.9 – Colisão traseira - risco de trauma cervical

4.3. Acidente Automobilístico – Colisão Lateral

O veículo sofre colisão na sua lateral, causando deslocamento no sentido do impacto. Toda a lataria do veículo é lançada sobre o lado do ocupante, que sofrerá lesões por duas maneiras:

Pelo movimento do carro - lesão bem-discreta se o passageiro estiver com o cinto de segurança.

Pela projeção da porta para o interior, comprimindo o passageiro.



Fig 4.10 – Colisão lateral

Recebendo o impacto no tórax, haveria fratura de costelas pelo lado da colisão, além de contusão pulmonar, tórax instável, ruptura de fígado ou baço. A compressão

do ombro contra a clavícula causaria fratura desse osso.

A força lateral aplicada pela porta do veículo sobre a cabeça do fêmur, forçando-o medialmente, resultaria em sua fratura e em fratura da pelve.

A coluna cervical está sujeita a flexão lateral e rotação pelo impacto lateral, e a combinação desses dois movimentos é responsável por lesões graves de coluna cervical.

O socorrista também deve estar atento à possibilidade de colisão dos ocupantes do veículo entre si, principalmente entre cabeças e ombros.

4.4. Acidente Automobilístico – Capotamento

Num capotamento, o carro sofre uma série de impactos em diferentes ângulos, assim como os ocupantes do veículo e seus órgãos internos. Assim, todos os tipos de ferimentos mencionados anteriormente podem ser esperados, além da probabilidade de trauma de coluna vertebral. Se as vítimas forem ejetadas do veículo (por estarem sem cinto de segurança), a situação geralmente é grave.



Fig 4.10 – Capotamento

4.5. Cinto de Segurança

A maior parte das vítimas com as lesões descritas anteriormente não estava utilizando o cinto de segurança. Vinte e sete por cento (27%) das mortes que ocorrem nos acidentes de trânsito se devem ao fato de as vítimas serem ejetadas do veículo. Estas têm seis vezes mais chances de morrer. Entre as vítimas que não vão a óbito, grande parte sofre trauma de coluna e fica com seqüelas graves.



Fig 4.11 – Uso do cinto de 3 pontos

As estatísticas comprovam que o cinto de segurança realmente salva vidas, considerando-se mais adequado aquele que cruza tórax e abdômen e atravessa a pelve (cinto de 3 pontos).

Nos acidentes automobilísticos cujas vítimas utilizam o cinto de segurança, as lesões geralmente são poucas e de menor gravidade.

Quando o cinto utilizado apóia somente a pelve, a energia do impacto é absorvida pelos tecidos moles da cavidade abdominal, em retroperitônio, predispondo a lesões de órgãos abdominais internos.

Ainda assim, seguramente, as lesões são menos graves do que as de quem não usa qualquer cinto de segurança.

Para crianças até 10 anos de idade é obrigatória a permanência no banco traseiro do veículo, e ainda existem cuidados especiais conforme a tabela abaixo:

Tabela 4.1 Tabela de fixação de segurança em veículos para bebês e crianças		
Peso & Idade	Posição	Equipamento
Até 13 Kg ou 1 ano de idade	Voltada para a traseira do veículo, com leve inclinação das costas	Bebê conforto  Fig 4.12 – Bebê conforto
De 13 a 18 Kg ou até 4 anos de idade.	Voltada para frente na posição vertical	Cadeirinha de segurança  Fig 4.13 – Cadeirinha de segurança
De 18 a 36 Kg ou até 10 anos de idade se altura inferior a 1,45 m	No banco traseiro com cinto de 3 pontos	Assento de elevação  Fig 4.14 – Assento de elevação
Obs: – Para garantir a segurança a cadeirinha deve estar corretamente instalada. – O cinto de segurança do carro deve passar pelos locais indicados no equipamento, e não deve mover mais que 2 cm para os lados após a fixação. – Leia atentamente as instruções do equipamento e o manual do veículo. – Só compre cadeirinha que tenha o selo de certificação do INMETRO Fonte: DETRAN-PR		

4.6. "Airbag"

Bastante útil na colisão frontal, o air bag absorve a energia lentamente, aumentando a distância de parada do corpo na desaceleração rápida, o que amortece o impacto do corpo contra o interior do veículo.

Não registra grande benefício na colisão lateral, na colisão traseira, no capotamento e tampouco numa segunda colisão, visto que ele desinsufla rapidamente após o impacto.



Fig 4.15 – Ação do Airbag

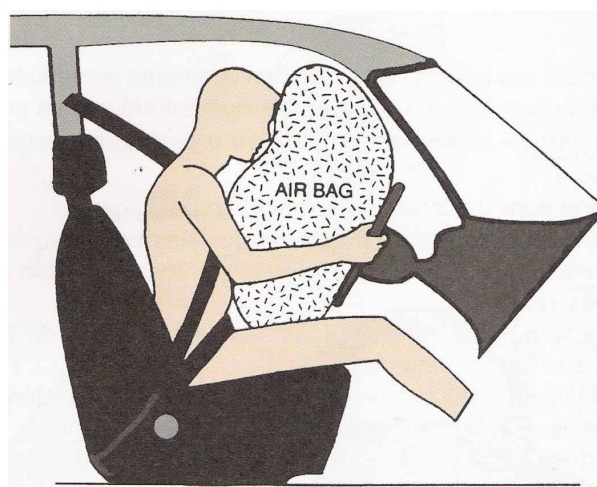


Fig 4.16 – Cinto de três pontos e Airbag

O air bag deve associar-se ao uso do cinto de segurança.

4.7. Acidente Automobilístico – Acidente de Motocicleta

Os acidentes de motocicleta são responsáveis por grande número de mortes todos os anos. O mecanismo de trauma é o mesmo da colisão de veículo e segue as leis da Física.

O uso do capacete previne lesões de face e crânio.

Numa colisão frontal contra um objeto, a moto inclina-se para a frente e o motociclista é jogado contra o guidom, esperando-se trauma de cabeça, tórax e abdômen. Caso pés e pernas permaneçam fixos no pedal e a coxa colida contra o guidom, pode ocorrer fratura bilateral de fêmur.

Na colisão lateral do motociclista, geralmente há compressão de membros inferiores provocando fraturas de tíbia e fíbula.



Fig 4.17 – Acidentes com motocicletas.



Nos casos de colisão com ejeção do motociclista, o ponto de impacto determina

a lesão, irradiando-se a energia para o resto do corpo. Como nos automobilísticos, geralmente as lesões são muito graves nesse tipo de acidente.

4.8. Acidente Automobilístico – Atropelamento

Na abordagem de vítima de atropelamento, é importante conhecer sua idade, pois existem mecanismos distintos de trauma entre adultos e crianças. Quando o adulto percebe estar prestes a ser atropelado, ele se vira de costas para o veículo, na tentativa de se proteger; logo, as lesões se localizam nas regiões posterior e lateral do corpo. Por outro lado, as crianças encaram o veículo atropelador de frente.

Existem três fases no atropelamento:

- Impacto inicial nas pernas, às vezes atingindo coxa e quadril;
- Tronco lançado contra o capô do veículo;
- Vítima caída no asfalto – geralmente o primeiro impacto na cabeça, com possibilidade de trauma de coluna cervical.

Concluimos que se espera grande número de lesões em vítima de atropelamento, conforme análise de cada fase: fraturas de tíbia e fíbula, de pelve e terço superior de fêmur, trauma de tórax, abdômen e coluna vertebral, traumatismo craniano.

Na avaliação da cena do acidente, o socorrista deve determinar se, após o atropelamento a vítima não foi atropelada uma segunda vez por veículo que trafegava próximo.



Fig 4.18 – Atropelamento.

Na criança, pelo fato de ser menor em altura, o fêmur ou pelve pode sofrer o primeiro impacto e fraturar já na primeira fase. Seguem trauma de tórax, cabeça e face. Lesões intratorácicas em crianças inicialmente seriam assintomáticas, devendo o socorrista estar atento a essa possibilidade.

4.9. Quedas

A queda se caracteriza por uma desaceleração vertical rápida.

No atendimento às vítimas de queda, o socorrista deve conhecer:

- altura da queda;
- tipo de superfície com que a vítima colidiu. Exemplos: gramado, concreto etc.;
- parte do corpo que sofreu o primeiro impacto.

Como a velocidade na queda aumenta com a altura, grandes alturas

predispoem a lesões mais graves.

Como referência, considera-se grave a queda de altura três vezes maior que a altura da vítima.

Chamamos de "síndrome de Don Juan" a queda de altura com aterrissagem pelos pés. Conforme a altura, acontece fratura bilateral de calcâneos. Após os pés, as pernas são as próximas partes a absorver a energia - fratura de tornozelos, ossos longos e quadril. No terceiro momento, verificar fratura com compressão de coluna torácica e lombar.

Se a vítima apóia as mãos na queda, espera-se fratura de punho.

Assim, cabe-nos determinar a parte do corpo que sofreu o primeiro impacto e, conseqüentemente, deduzir as lesões relacionadas.

4.10. LESÕES POR EXPLOSÃO

Essas lesões, antes relacionadas somente aos períodos de guerra, estão tornando-se cada vez mais comuns no mundo civilizado, visto acontecerem em refinarias, lojas de fogos de artifício, estaleiros, indústrias, minas e também em domicílios, pela explosão de botijões de gás.

A explosão tem três fases:

- Causada pela onda de pressão proveniente da explosão, atinge particularmente órgãos ocos ou contendo ar, como pulmões e aparelho gastrointestinal. Podem ocorrer sangramento pulmonar, pneumotórax, perfuração de órgãos do aparelho digestivo. A onda de pressão rompe a parede de pequenos vasos sangüíneos e também lesa o sistema nervoso central. A vítima morre sem que se observem lesões externas. O socorrista, sempre atento a essas possibilidades, pesquisa sinais de queimadura nas áreas descobertas do corpo.
- Em vítima atingida por estilhaços e outros materiais provenientes da explosão, é possível encontrar lacerações, fraturas, queimaduras e perfurações.
- Se a vítima é lançada contra um objeto, haverá lesões no ponto do impacto e a força da explosão se transfere a órgãos do corpo. Elas são aparentes e muito similares àsquelas das vítimas ejetadas de veículos ou que sofrem queda de grandes alturas.

5. Traumas Penetrantes

5.1. Ferimentos Por Arma Branca

A gravidade dos ferimentos por arma branca depende das regiões anatômicas atingidas, da extensão da lâmina e do ângulo de penetração, lembrando que o ferimento no abdômen superior pode atingir o tórax, e ferimentos abaixo do quarto espaço intercostal, podem penetrar o abdômen.

É fundamental, no atendimento pré-hospitalar de ferimentos por arma branca, cuja lâmina ainda se encontre alojada no corpo, não remover o objeto e, sim, imobilizá-lo junto ao corpo e transportar rapidamente a vítima ao hospital.

A lâmina pode estar promovendo compressão das extremidades vasculares, o que contém hemorragias, só devendo ser removida em ambiente hospitalar.



Fig 4.19 – Lesão por arma branca.

5.2. Ferimentos Por Arma de Fogo

No atendimento a vítimas de acidentes por arma de fogo, o socorrista tenta informar-se sobre o tipo da arma, seu calibre e a distância de onde foi disparada.

Calibre - diâmetro interno do tambor, que corresponde ao calibre da munição usada por aquela arma em particular.

Munição - usualmente projéteis construídos em liga de chumbo sólido que apresentam ou não uma jaqueta parcial de aço ou cobre; formato arredondado, chato, cônico ou pontiagudo; extremidade anterior do projétil macio ou côncavo para favorecer expansão e fragmentação.



Fig 4.20 – Revolver calibre .38.

Armas de alta e de baixa velocidade - as que aceleram os projéteis a velocidades mais baixas são menos letais, incluindo-se aqui todas as armas de mão e alguns rifles. Ferimentos com essas armas são menos destrutivos que os produzidos por projéteis que alcançam altas velocidades, embora também causem ferimentos letais, dependendo da área de impacto.



Fig 4.21 – Rifles altamente letais que disparam projéteis em alta velocidade.

Fatores que contribuem para o dano tecidual.

Tamanho do projétil - quanto maior o projétil, maior a resistência oferecida pelos tecidos e maior a lesão produzida por sua penetração.

Deformidade do projétil - projéteis de "extremidade anterior macia" achatam-se na ocasião do impacto, resultando no comprometimento de superfície maior.

Projétil com jaqueta - a jaqueta se expande e amplia a superfície do projétil.

Giro - o giro do projétil amplia seu poder de destruição.

Desvio - o projétil pode oscilar vertical e horizontalmente ao redor do seu eixo, ampliando a área de destruição.

Distância do tiro - quanto mais próximo o disparo, maior a lesão produzida.

Densidade dos tecidos atingidos - o dano produzido é proporcional à densidade do tecido.

Órgãos altamente densos, como ossos, músculos e fígado, sofrem mais danos do que os menos densos, lembrando que, ao percorrer o corpo, a trajetória da bala nem sempre será retilínea, sofrendo desvios e atingindo órgãos insuspeitados, considerando os orifícios de entrada e saída.

Ferida de entrada;
Geralmente óbvia, pode não ser identificada se a vítima não for completamente despida e examinada.

Ferida de saída; Nem sempre existe (se o projétil não abandonar o corpo) e pode ser múltipla para um único projétil, devido à sua fragmentação ou à de ossos. Geralmente a ferida de saída é mais



Fig 4.22 – FAF em tórax com orifício de entrada anterior e orifício de saída posterior.

larga que a de entrada e apresenta bordos lacerados.

Feridas internas; Projéteis em baixa velocidade danificam principalmente os tecidos com os quais entram em contato. A alta velocidade produz prejuízos a distância, lesando tanto os tecidos com que o projétil faz contato, como transferindo energia cinética aos tecidos em redor. Nesse caso, a lesão é produzida por ondas de choque e pela formação de uma cavidade temporária ao redor da bala, com diâmetro trinta a quarenta vezes maior que o dela própria, criando imensa pressão nos tecidos.

Com relação ao atendimento de paciente com ferimento por arma de fogo, transportá-lo rapidamente ao hospital, principalmente se o ferimento atingir cabeça, tórax e abdômen. Mesmo pessoas atingidas enquanto usavam coletes à prova de bala podem apresentar contusões orgânicas graves, sendo mais sérias a miocárdica e a pulmonar.