

## TRAUMA DE TÓRAX FECHADO

Rafael D. Annes RS

Saulo Cócio Martins Filho RS

Trauma é a terceira maior causa de morte nos Estados Unidos da América e a primeira causa de morte em pessoas abaixo de 40 anos. Há quase 100.000 mortes por acidentes e acima de 9.000.000 de lesões incapacitantes, anualmente. Cerca de 25% das mortes por traumas fechados são devido a lesões torácicas. Apenas 15 % requerem tratamento cirúrgico extenso e 85 % são resolvidos por pequenos procedimentos.

Paralelamente, as injúrias torácicas têm um grande impacto médico-social, já que constituem causa direta de morte de aproximadamente 25% das mortes relacionadas aos traumas, bem como contribuem indiretamente por outros 25% de todas as mortes, sendo, dessa forma, a segunda maior causa de morte associada ao trauma a cada ano. A incidência de trauma torácico, nos EUA, é de 12 eventos por milhão de habitantes a cada dia, estimando-se que ocorram 100.000 de internações hospitalares, bem como 16.000 mortes por ano, neste país, devido exclusivamente às injúrias no tórax. Ainda, cerca de 60% dos pacientes, que necessitam ser transferidos para o centro cirúrgico nas primeiras 24 horas, são pacientes com trauma torácico fechado. Cabe salientar que, dos traumas torácicos, grande parte é trauma fechado (aproximadamente 90% dos traumas torácicos). A mortalidade elevada dos traumas torácicos relaciona-se intrinsecamente com a presença de órgãos vitais de extrema importância na manutenção da homeostasia, tais como os pulmões e o coração, bem como pela presença de vasos sanguíneos bastante calibrosos (artéria aorta, veias cavas, artéria pulmonar).

### FISIOPATOLOGIA

A hipóxia tecidual, a hipercapnia e a acidose são resultados freqüentes do trauma torácico. A hipóxia ocasiona uma oferta inadequada de oxigênio aos tecidos, causada pela hipovolemia, por alteração da relação ventilação/perfusão pulmonar e por alterações nas relações pressóricas intratorácicas. A hipercapnia resulta de ventilação inadequada ,

resultante das alterações nas relações pressóricas intratorácicas e de um rebaixamento do nível de consciência. A acidose metabólica é causada pela hipoperfusão dos tecidos.

Estudos recentes indicam que há uma complexa resposta celular e molecular à injúria levando a uma falência de múltiplos órgãos. Esta resposta é freqüentemente manifestada e diagnosticada nos pulmões como Síndrome de Angústia Respiratória Aguda (SARA). O parênquima pulmonar é um tecido muito delicado e implacável ao trauma. Além disto, os resultados pulmonares da injúria são facilmente identificados e quantificados pela radiografia de tórax, gasometria arterial, shunt artério-venoso, e pressão arterial e venosa pulmonar, e débito cardíaco aferidos pelo catéter de *Swan-Ganz*.

A resposta sistêmica ao trauma tem sido freqüentemente mencionada como Síndrome da Resposta Inflamatória Sistêmica (SRIS). Esta pode ocorrer no choque hipovolêmico, sepse, e lesões penetrantes ou fechadas; o processo de injúria e isquemia relativa de um órgão ou tecido seguido de reperfusão tem uma seqüela molecular conseqüente.

Os eventos torácicos fechados habitualmente envolvem uma grande área do tórax, sendo que quaisquer estruturas podem ser afetadas, incluindo as costelas, as clavículas, as escápulas, o esterno, as pleuras, os pulmões, a árvore traqueobrônquica, o esôfago, o diafragma, o coração e as estruturas vâsculo-nervosas. Não se pode esquecer também de que os traumas torácicos fechados geralmente são acompanhados de danos extratorácicos, potencializando os danos pessoais pelo trauma. Existem dois mecanismos que determinam as lesões no trauma torácico fechado: primeiramente, a transferência direta da energia cinética à parede torácica e aos órgãos internos e, em seguida, a desaceleração diferencial que ocorre nos órgãos após o impacto torácico. Dessa forma, os órgãos internos são lançados sobre a parede torácica interna, podendo ocorrer danos tanto pelo impacto direto sobre a parede, quanto por arrancamento de estruturas firmemente ligadas à parede torácica posterior. Em suma, a fisiopatologia dos traumas torácicos fechados, basicamente, envolve alterações no fluxo de ar, sangue ou ambos, bem como sepse devido à lesão de esôfago.

## TIPOS DE LESÕES E ACHADOS CLÍNICOS

### Arcos costais

As costelas estão entre as estruturas mais comumente afetadas nos traumas, ocorrendo fraturas costais em aproximadamente 10% de todos os traumas e em cerca de 60% dos torácicos fechados, sendo a porção lateral das costelas 3 a 8 as mais acometidas pelos traumas torácicos, principalmente por constituírem na porção onde se desenvolve a maior pressão originada pela compressão torácica. Além disso, as costelas envolvidas podem orientar o médico assistente sobre os tipos de lesões associadas a estas fraturas. Por exemplo, as fratura da primeira e segunda costelas indicam um trauma de extrema violência e de alta morbi-mortalidade (mortalidade em torno de 30%), porquanto esses arcos costais são protegidos anteriormente pelas clavículas e posteriormente pelas escápulas, levando o médico a pensar em graves lesões de órgãos internos.

Ainda, as fraturas de costelas contribuem diretamente para a disfunção ventilatória através de diversos mecanismos, entre os quais se destaca a dor torácica ventilatório-dependente e, conseqüentemente, os distúrbios relacionados à ventilação-perfusão. As fraturas de costelas podem gerar outras conseqüências importantes, tais como laceração pleuro-pulmonar, bem como laceração das estruturas vaso-nervosas da parede torácica, podendo, assim, produzir pneumotórax, hemotórax ou ambos, desempenhando importante alteração na ventilação. Enfim, o tórax instável, uma lesão gravíssima da parede torácica caracterizado por lesão em duas ou mais costelas, em dois ou mais locais, provoca um movimento paradoxal da parede torácica durante a ventilação, tornando-a dificultosa e dolorosa, deteriorando severamente o quadro respiratório do paciente acometido, sendo necessárias condutas imediatas. Normalmente, quando um paciente apresenta lesões desta espécie, deve-se investigar lesões em outros sítios, pois habitualmente existem danos associados.

Clinicamente, os pacientes com fraturas de costelas, geralmente, apresentam dores intensas no local da fratura, associada ao movimento respiratório ou à palpação local.

Também, pode-se sentir crepitações à palpação da área fraturada. Nos casos de fraturas

múltiplas, em que há um tórax instável, observa-se o movimento paradoxal do tórax, sendo que esta observação determina ação imediata devido à gravidade do trauma. Nestes casos, é imprescindível manter-se atento à frequência respiratória, para avaliar possível deterioração da função pulmonar.

#### Fraturas do Esterno

As fraturas de esterno são fraturas incomuns habitualmente causadas por trauma direto sobre o esterno. Os acidentes com veículos automotores são a principal causa deste tipo de lesão, sendo mais comum em pacientes que utilizam cinto de segurança de três pontos do que naqueles que não utilizam estes dispositivos de segurança. Os pacientes que têm fraturas esternais pós-trauma torácico fechado apresentam outras estruturas anatómicas afetadas em 55-70%, mais comumente envolvendo as costelas, ossos longos e traumas crânio-encefálicos fechados. A contusão cardíaca ocorre em menos de 20% dos traumas que geram fraturas de esterno, porém sempre deverá ser pesquisada no momento do diagnóstico da lesão esternal.

O paciente com fratura de esterno queixa-se, normalmente, de dor na área fraturada, bem como referem dor à inspiração ou uma sensação de dispnéia. Ao exame físico, os pacientes apresentam uma área de equimose, edema, crepitação à palpação e deformidade anatómica na região fraturada (os terços superiores e médio são mais afetados nos traumas torácicos).

#### Pneumotórax

O pneumotórax é uma complicação freqüente dos traumas torácicos. A incidência de pneumotórax, ajustada para a idade, é de 7,4 casos por 100.000 homens, enquanto que, para as mulheres é de 1,2 por 100.000. Os pneumotórax são mais comumente causados, nos traumas contusos, pela laceração do parênquima pulmonar por uma costela fraturada, contudo pode ser determinado por desaceleração ou barotrauma. No trauma torácico fechado, o pneumotórax simples ocorre pelo escape de ar para o espaço pleural através de uma injúria pulmonar subjacente, causando um colapso gradual do pulmão ipsilateral, sem que ocorram deslocamentos mediastinais. Este tipo de complicação leva, principalmente, a uma diminuição da capacidade vital pulmonar e, por conseguinte, a uma diminuição da pressão parcial de oxigênio. O pneumotórax simples é muito bem tolerado por pacientes

jovens, sem doenças pulmonares prévias, enquanto que os pacientes idosos e aqueles com doenças pulmonares são mais suscetíveis a complicações devido a esta diminuição da função pulmonar.

Por outro lado, o pneumotórax hipertensivo constitui-se numa situação de alto risco para a vida do paciente, necessitando de intervenção imediata. Esta patologia caracteriza-se por um fluxo aéreo para o espaço pleural e um mecanismo de válvula impedindo o retorno parcial deste ar, gerando aumento gradual da pressão intrapleural e, com isso, colapso pulmonar e deslocamento do mediastino. O desvio mediastinal leva a colapso cardiovascular e, portanto, sendo uma condição de elevada mortalidade.

Os pacientes com pneumotórax simples apresentam-se com dor torácica tipo pleurítica, associada à dispnéia e taquipnéia. Além disso, podem ocorrer alterações hemodinâmicas, especialmente, naqueles pacientes com pneumotórax hipertensivo, devido ao aumento da pressão intrapleural, o qual diminui o retorno venoso (às vezes causando colapso da veia cava inferior), bem como pelo desvio do mediastino, contralateralmente, deteriorando a função cardiorrespiratória. Os pacientes com pneumotórax hipertensivo podem apresentar, concomitantemente, ansiedade extrema, cianose, diminuição ou ausência do murmúrio vesicular ipsilateral à lesão, retração intercostal, hiperressonância torácica, distensão da veia jugular externa, taquicardia, pressão de pulso diminuída, enfisema subcutâneo e desvio traqueal. Obviamente, nem todos os sinais descritos acima precisam estar presentes para que se diagnostique o pneumotórax e se iniciem as manobras para restauração da normalidade da função cardiorrespiratória.

#### Hemotórax

O hemotórax, que se caracteriza pela presença de sangue na cavidade pleural, constitui-se em complicação bastante comum dos traumas torácicos. Não obstante, cabe lembrar que é um evento mais freqüentemente encontrado em pacientes com trauma torácico penetrante do que em pacientes com trauma torácico fechado, sendo que as causas mais comuns de hemotórax determinadas por trauma torácico fechado são as lacerações pulmonares, rompimento de artéria mamária ou lesão de vasos da parede torácica.

Paralelamente, o volume de sangue perdido para o espaço pleural depende do tempo de evolução do quadro e também dos vasos sangüíneos acometidos, pois os sangramentos

provenientes de lesão parenquimatosa pulmonar geralmente são de pequena monta, devido à baixa pressão da artéria pulmonar, enquanto que uma lesão de grandes vasos torácicos tem potencial para determinar choque hipovolêmico rapidamente, pois o volume de sangue que pode ser “armazenado” no espaço pleural chega a três litros em cada hemitórax, ou seja, cerca de 40% do volume sanguíneo total de uma pessoa de aproximadamente 70 quilogramas. Além disso, da mesma forma que no pneumotórax, o volume de sangue em cada hemitórax pode determinar aumento significativo da pressão intrapleural, gerando um hemotórax hipertensivo, embora o hemotórax hipertensivo seja incomum.

Os achados clínicos são dependentes do volume de sangue perdido para o espaço pleural e também a extensão do colapso pulmonar associado. Os pacientes podem apresentar dor torácica, dispnéia e, em caso de hipovolemia, associam-se ansiedade e confusão. Compreendem os sinais de hemotórax a taquipnéia, a diminuição ou ausência do murmúrio vesicular, a presença de macicez e, nos casos de perda sanguínea considerável, tem-se os sinais de choque hipovolêmico (extremidades frias, taquicardia, pulso filiforme e, mais tardiamente, queda importante da pressão arterial).

Por fim, não se pode esquecer de que a laceração pulmonar pode produzir um hemopneumotórax, que se caracteriza pela presença simultânea de ar e sangue no espaço pleural. Esta lesão é clinicamente semelhante tanto ao pneumo, quanto ao hemotórax.

A pleuroscopia convencional ou vídeo-assistida no manejo diagnóstico e terapêutico dos pacientes vítimas de traumatismo torácico concebe uma alternativa minimamente invasiva, eficaz no que se refere à inspeção da cavidade pleural e, definitivamente, incorporada à prática da cirurgia torácica contemporânea.

Exceção aos pacientes com instabilidade hemodinâmica e sangramento que represente risco eminente de vida, alargamento do mediastino, escape aéreo de grande monta, ou naqueles em que a opção por drenagem pleural fechada foi suficiente para correção das lesões decorrentes do trauma, a indicação de pleuroscopia deve ser seguramente considerada. Quatro situações sustentam esta posição: persistência de sangramento pelo dreno pleural com estabilidade hemodinâmica, hemotórax coletado e/ou coagulado, empiema pós-traumático e o diagnóstico da hérnia diafragmática traumática.

### Contusão Pulmonar

É o mais comum dos traumatismos de tórax potencialmente letais. Esta lesão é mais comumente vista em associação com trauma torácico, podendo ocorrer em 30 – 75% dos pacientes com trauma torácico. Ocorre tanto em ferimentos abertos quanto fechados mas, mais comumente, ocorre após acidentes automobilísticos, quando o tórax do paciente se choca contra o volante ou a porta do automóvel. É também visto após queda de altura e feridas por arma de fogo. Contusão pulmonar isolada é muito menos comum.

Os achados patológicos da contusão pulmonar parecem ser o resultado de lesões nas paredes alvéolo-capilares. Traumas leves demonstram edema intersticial e hemorragia intra-alveolar enquanto traumas mais severos demonstram edema intersticial mais extenso e hemorragias, tanto intra-alveolares quanto nos espaços intersticiais. Estes achados patológicos demonstram ser mais severos em áreas limitando a parede torácica, diafragma e mediastino. Em áreas adjacentes do parênquima não lesado, podem desenvolver atelectasias e consolidações devido ao aumento da produção de muco, sangramento e edema enchendo a árvore brônquica, e diminuição da concentração de surfactante acompanhado pelo aumento da capilaridade pulmonar.

Foram encontradas elevações da resistência arterial nas contusões pulmonares, diminuição da complacência, do surfactante e fluxo sanguíneo. A diminuição da complacência, aumento da resistência vascular pulmonar e diferença na oxigenação alveolar-arterial tem demonstrado ser um bom indicador da extensão da lesão pulmonar. Alguns estudos sugerem que a hipóxia afeta diretamente a musculatura lisa da vasculatura pulmonar, enquanto outros estudos sugerem que a hipóxia cause liberação de substâncias mediadoras como leucotrienos, prostaglandinas e prostaciclina.

Trauma fechado do tórax, quedas, explosões e feridas por projétil de alta-velocidade no tórax devem sugerir que pode haver possibilidade de desenvolvimento de contusão pulmonar. Dispnéia, taquipnéia, hemoptise, cianose e hipotensão são achados frequentes. O exame físico no entanto, pode não revelar a presença de uma contusão severa. Pode haver diminuição de sons cardíacos. Ausência de sons cardíacos pode indicar a presença de pneumotórax ou hemotórax associados. Infiltrados alveolares devido à hemorragia intra-alveolar são vistos na radiografia. Estes infiltrados podem coalescer em infiltrados

homogêneos envolvendo um lobo ou todo o pulmão. Infiltrados perihilares, devido ao sangramento no septo interlobar e espaço peribrônquico, são ocasionalmente vistos em associação com infiltrados alveolares. O sangramento intrapulmonar alcança sua máxima extensão em aproximadamente 6 horas. Tomografias computadorizadas tem demonstrado ser muito mais sensíveis em demonstrar as alterações nas contusões pulmonares do que as radiografias de tórax de rotina.

A progressão de uma contusão pulmonar, radiograficamente, após 48 horas, deve levantar a suspeita de desenvolvimento de aspiração, pneumonia bacteriana ou SARA. Uma radiografia de tórax de um paciente com contusão pulmonar geralmente retorna ao normal entre 4 – 6 dias. Na TC entretanto, anormalidades ainda podem permanecer evidentes.

Pacientes com contusão pulmonar podem se tornar criticamente doentes rapidamente, portanto, eles devem ser hospitalizados para monitorização cuidadosa. Deve ser administrado oxigênio suplementar para manter uma  $PaO_2$  acima de 60 mmHg. Analgésicos intravenosos devem ser usados para controle da dor. Fisioterapia torácica vigorosa é importante para manter limpas as vias aéreas e ajudar a prevenir o desenvolvimento de atelectasias. Qualquer complicação pleural deve ser manuseada através de uma apropriada drenagem. Se a ventilação é inadequada, a intubação e suporte ventilatório mecânico estão indicados.

A insuficiência respiratória pode ser pouco evidente e desenvolver-se progressivamente. Deve-se evitar a intubação desnecessária; ventilação espontânea evita uma série de complicações. À hipóxia significativa ( $PaO_2 < 65$  mmHg em ar ambiente,  $SaO_2 < 90\%$ ) devem ser intubados e ventilados na primeira hora após a lesão.

As contusões pulmonares não são inócuas. Em um estudo, 11 % dos pacientes com graves contusões pulmonares isoladas morreram, enquanto que a mortalidade foi muito mais alta (22%) em pacientes com lesões associadas. A SARA se desenvolveu em 17% dos pacientes com contusões pulmonares isoladas e em 78% daqueles com 2 ou mais lesões simultâneas associadas.

O emprego da radiologia torácica convencional continua sendo um excelente método diagnóstico e de acompanhamento. Porém, a tomografia computadorizada de tórax permite confirmação de lesão pulmonar, sua quantificação, avaliação de estruturas vizinhas e espaço pleural oferecendo importante orientação diagnóstica, terapêutica e prognóstica.



Wagner estabeleceu uma classificação tomográfica descrevendo quatro tipos de lacerações pulmonares e contusão.

TIPO I: Lesões decorrentes da compressão da parede torácica e conseqüente explosão alveolar. A lesão mais freqüente.

TIPO II: Compressões intensas da parede torácica inferior, levando a compressão do lobo inferior junto à coluna vertebral, provocando laceração em tecido adjacente. A segunda colocada em termos de incidência.

TIPO III: Lacerações pequenas nas adjacências de fraturas costais, sendo provocadas por estas.

TIPO IV: Lacerações provocadas por compressão da parede costal e ruptura parenquimatosa em proximidades a aderências pleuro-pulmonares.

#### Trauma Traqueal e Brônquico

As injúrias traqueo-brônquicas, devido ao trauma torácico fechado, ocorrem através de fraturas, lacerações ou arrancamento, sendo que o trauma contuso gera, especialmente, as fraturas traqueais. Os mecanismos traumáticos mais importantes envolvidos nas lesões traqueo-brônquicas são a desaceleração brusca e as compressões diretas sobre a traquéia ou sobre o brônquio. Na maioria das vezes (aproximadamente 85% dos casos), a ruptura traqueobrônquica ocorre 2,5 centímetros acima da carina traqueal. As lesões traqueo-brônquicas são bastante incomuns (0,8 a 2% dos pacientes traumatizados), porém são altamente letais, pois muitas vítimas deste tipo de lesão não conseguem chegar vivas ao hospital devido à insuficiência respiratória aguda. Simultaneamente, ocorrem injúrias a outras áreas do organismo, proporcionando piora do prognóstico desses pacientes. Dessa forma, os pacientes com laceração traqueobrônquica devem sempre ser considerados em alto risco de morte.

Clinicamente, estes pacientes apresentam-se com dispnéia ou insuficiência respiratória grave, muitas vezes, associadas a alterações de voz (freqüentemente não conseguem falar), tosse com expectoração sanguinolenta e estridor. Além disso, as rupturas traqueo-brônquicas produzem, rapidamente, um pneumotórax hipertensivo (cujo controle é difícilimo apesar de drenagem torácica adequada) e, com isso, uma diminuição do

murmúrio vesicular e uma hiperressonância ipsilateral, bem como desenvolvendo instabilidade hemodinâmica (gerada pelo pneumotórax hipertensivo ou pela perda sangüínea geralmente associada) e enfisema subcutâneo normalmente extenso.

#### Pneumomediastino

O pneumomediastino é uma condição relativamente freqüente em pacientes traumatizados, sendo relatado em cerca de 10% dos pacientes com trauma torácico contuso grave. O pneumomediastino ocorre em aproximadamente 1/10 000 internações nos EUA. Existem diversas etiologias para a formação do enfisema mediastinal, dentre as quais, estão a ruptura traqueobrônquica (ocorrendo em menos de 2% dos casos), a ruptura traumática do esôfago (raramente), através da extensão de enfisema subcutâneo proveniente da região cervicotorácica, pela passagem de ar para o mediastino devido a rompimento de víscera oca abdominal, o efeito Macklin (causa mais freqüente), além das causas não estabelecidas. Os mecanismos de trauma que levam à formação do pneumomediastino, através do efeito Macklin, constituem-se de um aumento excessivo da pressão alveolar perivascular (devido à inspiração profunda e ao fechamento da glote, que são mecanismos instintivos de defesa, bem como pela compressão torácica exercida pelo impacto do trauma), fazendo com que os alvéolos afetados sofram ruptura e, com isso, o ar escape para o tecido conjuntivo perivascular, levando a uma dissecação das camadas do tecido broncovascular, disseminando o enfisema pulmonar intersticial até o mediastino, provocando o pneumomediastino. Cabe lembrar, que o pneumomediastino está associado a trauma torácico severo, forçando o médico assistente a procurar por lesões graves em outras áreas do paciente traumatizado.

Clinicamente, o paciente apresenta-se com enfisema subcutâneo extensamente distribuído, devido à comunicação do subcutâneo da região cervical com o resto do corpo. Ainda, o ar mediastinal pode passar para o retroperitônio e outros compartimentos extraperitoniais. Além disso, dependendo da pressão exercida pelo ar mediastinal, pode ocorrer a ruptura da pleura visceral mediastinal e, conseqüentemente, determinará a formação de um pneumotórax fechado (10-18% dos pacientes), apresentando todo o quadro clínico relacionado a esta patologia.

## Ruptura de Esôfago

Estima-se que as lesões de esôfago ocorram em aproximadamente 1% dos pacientes com trauma torácico fechado, sendo mais comuns nos traumas penetrantes e por trauma iatrogênico. Esta baixa incidência de lesões resulta, em parte, da posição mediastinal posterior deste órgão. Apesar disso, as lesões traumáticas do esôfago são altamente letais se não reconhecidas e tratadas em até 24 horas, pois há o rápido desenvolvimento de mediastinite, bem como devido a lesões em outras regiões corporais. Normalmente, o rompimento do esôfago é devido a um impacto violento sobre o abdome superior, especialmente sobre o epigástrico, impelindo o volume gástrico, com extrema força, em direção cranial e, conseqüentemente, elevando dramaticamente a pressão intraluminal esofágica, levando a ruptura esofágica. As lesões ocorrem na porção cervical ou torácica alta do esôfago, porém também são muito comuns as lacerações lineares do esôfago distal, logo acima da junção esofagogástrica (freqüentemente à esquerda), tal como ocorre na síndrome de Boerhaave.

O quadro clínico do paciente é variável, dependendo do tempo de evolução do trauma. Habitualmente, há uma queixa de dor abdominal ou torácica desproporcional aos achados do exame físico do paciente, associada à taquicardia e a taquipnéia. Enfisema subcutâneo pode estar presente. Além disso, os pacientes podem ter hemo ou pneumotórax, com material gástrico associado. Por outro lado, os pacientes que buscam atendimento muito tardiamente (após 24 horas de evolução) manifestam sinais e sintomas de sepse.

## Trauma Diafragmático

As injúrias diafragmáticas são relativamente comuns nos traumas tóraco-abdominais, estimando-se que aconteçam em 0,5 a 8,8% dos casos. Os mecanismos de trauma contuso são responsáveis por aproximadamente 33% das lesões diafragmáticas, sendo o lado esquerdo mais freqüentemente diagnosticado, já que o hemidiafragma direito é “protegido” pela presença do fígado, que impede a herniação de estruturas abdominais para o tórax, embora estudos, incluindo a tomografia de tórax e autópsias, sugiram que a incidência é igual entre os hemidiafragmas. As lesões diafragmáticas, devido a trauma contuso, ocorrem principalmente através de trauma importante na região abdominal, causando elevação abrupta da pressão intra-abdominal e rompimento do diafragma. Já as

lesões diafragmáticas por trauma penetrante dependem do tipo de instrumento ou do projétil que a causa. Além disso, as lesões por trauma contuso geram uma laceração relativamente extensa, enquanto que as lesões penetrantes normalmente produzem uma lesão menor. Por fim, cabe lembrar que as injúrias ao diafragma estão associadas a lesões em outros órgãos, entre eles o baço e o fígado no abdômen, bem como pulmões e caixa torácica no tórax.

As manifestações clínicas dos pacientes com lesão diafragmática vão depender da instalação, ou não, de herniação abdominal e das lesões associadas. No caso de herniação, os pacientes apresentarão sinais e sintomas de pneumotórax, de hemotórax (mais comumente por passagem de sangue da cavidade abdominal), bem como da compressão pulmonar, com evolução para hipoxemia. Ainda, os pacientes podem ter queixas abdominais. Enfim, como o trauma diafragmático associa-se, muitas vezes, com lesões esplênicas e hepáticas, o paciente pode apresentar-se em choque hipovolêmico.

#### Asfixia Traumática

A asfixia traumática é o resultado de lesões por esmagamento ou de traumas contusos, torácicos ou abdominais, de extrema violência. Conseqüentemente, ocorrem lesões concomitantes em outras áreas corporais, tais como trauma crânio-encefálico, contusões pulmonares e trauma abdominal.

A síndrome caracteriza-se pela súbita obstrução das vias aéreas e pela elevação dramática da pressão da veia cava superior. Dessa forma, os pacientes apresentam-se com distensão vascular cervical, cianose da cabeça e do pescoço, hemorragia subconjuntival, equimose peri-orbital e petéquias na cabeça e no pescoço, bem como se associa com isquemia neurológica, perda de consciência, cegueira e convulsões, embora os sintomas neurológicos normalmente sejam transitórios. Paralelamente, os pacientes freqüentemente apresentam uma face edemaciada, semelhante à lua. Alia-se a isso, a possível presença de epistaxe e hemotímpano. Entretanto, apesar da aparência alarmante, o prognóstico é favorável.

#### Trauma Cardíaco

Os acidentes com veículos automotores são a causa mais comum de danos cardíacos fechados. Outras causas são as quedas de altura, esmagamentos, agressão física e injúrias relacionadas às atividades esportivas. A prevalência de traumas torácicos associados à

injúria cardíaca é bastante variável, dependendo dos critérios diagnósticos adotados, ficando em torno dos 15% dos traumas contusos. Paralelamente, a injúria cardíaca está relacionada a 20% das mortes que ocorrem devido a acidentes automobilísticos. Diversos mecanismos podem levar à lesão do coração, entre as quais, a compressão cardíaca entre coluna vertebral e esterno, o trauma direto por fratura de esterno, afetando principalmente o ventrículo direito, as trações ou torções do coração e concomitantemente dos grandes vasos, determinando danos por arrancamento, além das lesões valvulares devido ao aumento exorbitante das pressões cavitárias (podendo chegar até a 800 mmHg, numa compressão severa durante a sístole). Por último, a contusão miocárdica constitui-se numa injúria comum ao coração, e está associada não só a uma diminuição da função contrátil do miocárdio, mas também pode determinar arritmias cardíacas. Ainda, a contusão miocárdica, a qual se caracteriza por lesões isquêmico-necróticas e infiltrados hemorrágicos, tem seu diagnóstico definitivo somente através da visualização direta destas alterações e, portanto, não há nenhum exame de imagem ou laboratorial que diagnostique essa lesão. As rupturas miocárdicas são altamente letais, com uma taxa de mortalidade em torno de 60% para rompimento de uma cavidade e, praticamente, de 100% com laceração de duas cavidades do coração.

Clinicamente, os pacientes apresentam-se sob um amplo espectro de manifestações, variando de ausência de sintomas até colapso cardiovascular. Na contusão miocárdica leve, os pacientes, na maioria das vezes, não apresentam nenhuma queixa. Porém, podem referir angina pectoris (pode ser confundida com a dor torácica esternal pelo impacto sobre este) ou dispnéia progressiva, suscitando o diagnóstico presuntivo de contusão miocárdica. Quando ocorrem alterações da condutividade elétrica, muitos pacientes queixam-se de palpitações. As alterações elétricas mais comuns do trauma cardíaco são a taquicardia desproporcional ao quadro clínico, seguido das extra-sístoles e da fibrilação atrial. Em alguns pacientes, a lesão cardíaca pode ser refletida por arritmias complexas, frêmitos precordiais e/ou sopros cardíacos, embora esses achados raramente estejam presentes. O trauma envolvendo o septo interventricular geralmente causa alterações da condução através de bloqueio de ramo direito, avaliado no eletrocardiograma.

Em traumas cardíacos mais graves, o estado hemodinâmico do paciente orientará o médico assistente na elucidação diagnóstica da injúria miocárdica e suas conseqüências.

Muitos pacientes podem apresentar-se em choque cardiogênico, com hipotensão arterial e elevação da pressão venosa. Contudo, a distensão das veias jugulares pode não ser aparente devido à associação do choque cardiogênico, com perdas sangüíneas importantes. Nos casos de ruptura de parede cardíaca, o paciente desenvolve, rapidamente, tamponamento cardíaco, o qual se não reconhecido imediatamente é altamente letal. Por fim, a ruptura de artérias coronárias gera, tardiamente, infarto agudo do miocárdio, conduzindo o paciente a um péssimo prognóstico.

#### Trauma da Aorta Torácica e dos Grandes Vasos Torácicos

Os acidentes em alta velocidade com veículos automotores constituem a principal causa de injúrias da aorta torácica e dos grandes vasos. Outras causas incluem as quedas de grandes alturas e os atropelamentos. O mecanismo gerador da lesão aórtica, quando o trauma é no sentido horizontal como, por exemplo, nos acidentes automobilísticos, deve-se ao movimento súbito da aorta e do coração ântero-lateralmente, levando a um arrancamento da aorta descendente da sua porção fixa à coluna espinhal. Por outro lado, quando o trauma dá-se por movimento no sentido vertical (queda de altura), ocorre, também, um arrancamento, porém em nível de artéria inonimada, pelo movimento para baixo e para a esquerda do coração e da própria aorta. Ainda, a extensão abrupta do pescoço ou a tração do ombro podem causar estiramento da íntima, ruptura da média ou o rompimento de toda a parede arterial. Essas injúrias podem, conseqüentemente, levar à dissecação, trombose, formação de pseudo-aneurismas e hemorragias importantes.

As lesões menores da parede arterial têm um curso benigno, com resolução espontânea na maioria das vezes. Contrariamente, os pseudo-aneurismas são lesões com uma evolução insidiosa, mesmo nos casos de pequenos danos parietais, tendendo a romper, formar êmbolos ou fístulas com órgãos adjacentes.

As rupturas da parede aórtica total têm uma altíssima mortalidade, sendo que dos pacientes com este tipo de lesão 75 a 90% terão morte súbita. Dos poucos sobreviventes que conseguem chegar até um hospital, 30% morrerão dentro de 24 horas e outros 50% morrerão em uma semana.

Os sangramentos originados por lacerações dos grandes vasos geralmente são contidos pelos tecidos circunjacentes. Entretanto, a avulsão das artérias causa hemorragia intensa, produzindo hemotórax ou hemopericárdio. Por outro lado, também podem ocorrer

oclusões arteriais súbitas e, no caso das artérias carótidas, podem originar isquemia cerebral e, por conseguinte, determinar o aparecimento de sinais focais neurológicos.

Na avaliação clínica dos pacientes traumatizados, a história de acidente automobilístico de alta velocidade, com expulsão de passageiro para fora do veículo, morte de outras pessoas durante o episódio, bem como a queda de grandes altitudes, são todos indicativos de possível lesão de aorta ou de grandes vasos. Além disso, alguns sinais clínicos podem guiar o diagnóstico, tais como fratura de primeira e/ou segunda costelas, da escápula ou do esterno, hipotensão, diferenças nas medidas de pressão entre os braços ou a perda ou a diminuição de pulsos periféricos e fraturas da coluna torácica. Porém, os sinais indicativos de lesão aórtica são muito raros, já que apenas 5% dos pacientes com injúria da aorta torácica apresentam pseudocoarctação ou diminuição da pressão arterial no braço esquerdo, após ruptura do istmo aórtico.

#### LABORATÓRIO

- a. Hemograma Completo: o hemograma auxilia no cálculo de perda sangüínea, embora a acurácia desses achados para determinar o volume de hemorragia é baixa. Outras informações importantes são o número de plaquetas e o leucograma, este último, normalmente não se altera abruptamente, porém, em casos de ruptura de esôfago sem tratamento precoce, por exemplo, apresentará modificação da contagem de leucócitos e do número de bastões.
- b. Gasometria Arterial: a gasometria arterial é um importante meio de averiguar, objetivamente, a ventilação, oxigenação e o estado ácido-básico, servindo como guia para decisões terapêuticas imprescindíveis para o paciente traumatizado. Dessa forma, é uma ferramenta importantíssima, principalmente nos pacientes com trauma torácico.
- c. Bioquímica do Sangue: é bastante útil nos pacientes traumatizados, já que estes necessitam, habitualmente, de reposição hidro-eletrolítica, bem como de controle ostensivo das suas alterações. Este exame visa não somente evitar o aparecimento de distúrbios de eletrólitos, mas também diagnosticá-los precocemente, com o intuito de corrigi-los o mais breve possível.
- d. Coagulograma: os testes de coagulação, incluindo o tempo de protrombina, o tempo da tromboplastina parcial ativada, fibrinogênio, produtos da degradação

da fibrina e análise do D-dímero, deve ser orientado naqueles pacientes que recebem grande quantidade de transfusões, ou seja, dez ou mais concentrados de hemácias. Outra indicação para a solicitação de coagulograma é sangramento ativo sem que haja um fator predisponente claro.

e. Troponina Sérica: a troponina é uma proteína específica das células musculares cardíacas. Portanto, níveis elevados de troponina correlacionam-se positivamente com alterações ecocardiográficas, nos pacientes com trauma cardíaco contuso. Entretanto, este exame não auxilia na predição de complicações cardíacas e, dessa maneira, seu uso na prática clínica é controverso.

f. Isoenzimas Cardíacas: a mensuração dos níveis séricos da isoenzima cardíaca creatinoquinase-MB é freqüentemente utilizada em pacientes com trauma cardíaco fechado, pois é um exame rápido e barato. Contudo, esse exame apresenta baixa sensibilidade, especificidade e valor preditivo positivo em relação a injúrias miocárdicas clinicamente significativas.

g. Lactato Sérico: o lactato sérico é uma medida indireta da perfusão tecidual, porquanto tecidos bem perfundidos mantêm a via aeróbica para a glicólise. Além disso, níveis persistentemente altos de lactato sérico têm sido associados com pior prognóstico; por outro lado, pacientes com níveis de lactato aumentados inicialmente, mas que apresentam melhora com a instituição do tratamento, oferecem prognósticos melhores.

h. Tipagem Sangüínea: todos os pacientes com trauma grave devem realizar a tipagem sangüínea, especialmente aqueles com possibilidade de intervenções cirúrgicas.



## EXAMES DE IMAGEM

Os exames de imagem são de fundamental importância no diagnóstico de lesões orgânicas, principalmente, naqueles pacientes com traumas fechados. Todavia, esses exames não devem retardar o tratamento de lesões com alto risco de morte, detectada

clinicamente. Cabe lembrar que os pacientes hemodinamicamente instáveis também devem ser estabilizados antes de realizar os exames de imagem.

Nos traumas envolvendo o tórax, pode-se utilizar diversos exames imaginológicos para detectar alterações orgânicas, quais sejam a radiologia, a ultra-sonografia, a tomografia computadorizada e a ressonância nuclear magnética.

- a. Raios-X de Tórax: a radiografia do tórax é indicada em, virtualmente, todos os pacientes traumatizados, impondo-se como o exame inicial de escolha, na avaliação dos pacientes com trauma torácico. Além disso, exames radiológicos em série são, geralmente, obtidos para a avaliação da evolução e/ou das complicações do trauma e para averiguar a posição de drenos e catéteres utilizados.

Os achados radiológicos incluem lesões traumáticas da parede torácica (fraturas de costelas, escápulas, esterno e clavículas), coluna espinhal, pneumotórax, o qual são difíceis de enxergar pela posição supina, pneumomediastino, hemotórax, consolidação pulmonar na contusão dos pulmões, alargamento de mediastino nas lesões cardíacas e de grandes vasos, hemo e pneumopericárdio e ruptura diafragmática (cujas presença de vísceras no hemitórax afetado é patognomônica).

Entretanto, as radiografias de tórax têm diversas limitações, principalmente, devido ao uso de aparelhos portáteis, bem como decorrentes da posição do paciente. Um exemplo comum disso é a associação do efeito de magnificação pela proximidade do aparelho com uma expiração no momento da realização do exame, proporcionando uma imagem sugestiva de alargamento do mediastino. Cerca de 80% dos pacientes com alargamento mediastinal nos raios-X de tórax, tinham a tomografia computadorizada normal e 80% não tinham lesão aórtica na aortografia. Não se pode esquecer também, que os achados

radiológicos de ruptura aórtica são inespecíficos, aparecendo sob a forma de outras lesões comumente associadas, tais como as lesões vasculares não aórticas, as fraturas de esterno, fraturas vertebrais e a ruptura de esôfago. Ainda, as injúrias envolvendo o diafragma são freqüentemente não diagnosticadas e, por outro lado, eventrações pré-existentes ou uma elevação diafragmática prévia podem simular lesão diafragmática. Da mesma forma, o exame radiológico do tórax constitui-se num método inaccurado para predizer a presença de hemorragia mediastinal. Por fim, as fraturas de coluna torácica são geralmente difíceis de diagnosticar através do uso da radiologia simples, sendo que apenas 51% das fraturas de coluna são diagnosticadas.

b. Tomografia Computadorizada: a tomografia computadorizada (TC) do tórax é um método de imagem mais sensível do que a radiologia simples do tórax para todos os tipos de lesão, exceto para fratura de costelas, já que reduz dramaticamente a presença de artefatos, bem como melhora significativamente a resolução espacial da imagem adquirida. É indicada para esclarecer possíveis lesões traumáticas pulmonares, de parede torácica, pleurais, mediastinais, cardíaca e dos grandes vasos e do diafragma. Atualmente, a TC helicoidal tem determinado uma alteração nas indicações deste método, pois é um exame de fácil realização, sem aumento da demanda de tempo necessário, em comparação com a radiologia simples, por meio do uso de protocolos de estudo, sendo indicado como método de escolha para os pacientes politraumatizados, por alguns autores. Contudo, o fator limitante deste tipo de metodologia é o recrudescimento do custo associado à realização do exame, bem como da disponibilidade do tomógrafo helicoidal. A TC helicoidal do tórax define mais precisamente a extensão e a gravidade das lesões mediastinais do que o raio-X de tórax. As lesões traumáticas do esôfago, por exemplo, podem ser avaliadas pela esofagografia por TC helicoidal, pois é uma técnica sensível para avaliação de perfuração esofagiana em pacientes graves, não sendo necessário realizar a esofagografia fluoroscópica. Além disso, a TC helicoidal tem sido sugerida como método confiável de rastreamento e de diagnóstico da ruptura aórtica, apresentando alta sensibilidade (100%), especificidade (89%) e alto valor preditivo negativo (100%), comparáveis à aortografia. Paralelamente, o uso da TC helicoidal no rastreamento das lesões aórticas produz uma economia exorbitante, porque a aortografia, considerada o padrão áureo para o diagnóstico de injúria aórtica, constitui-se em exame caro para o sistema de saúde.

Diversos estudos têm avaliado a utilidade da TC convencional e helicoidal nos pacientes com suspeita de lesão diafragmática, com sensibilidade e especificidade variando de 42 a 90% e de 76 a 99%, respectivamente.

c. Ressonância Nuclear Magnética: a ressonância nuclear magnética (RNM) é um exame de alto custo e não facilmente disponível para uso em pacientes traumatizados. Concomitantemente, a RNM depende da imobilidade do paciente, o que, numa situação de estresse pode ser muito difícil conseguir. Associam-se a isso, as dificuldades de monitorar o paciente durante o exame, o qual pode ser prolongado.

Entretanto, a RNM é um exame de alta acurácia para o diagnóstico de lesões da coluna torácica, dos discos intervertebrais, medula oblonga e ligamentos vertebrais. Além disso, caso o paciente possa seguir a orientação de parar a ventilação, a RNM apresenta-se como um excelente método diagnóstico para as rupturas diafragmáticas, bem como para as lesões vasculares. Porém, a RNM é reservada para aqueles pacientes estáveis hemodinamicamente, que não tem diagnóstico de lesão do diafragma firmado pela CT de tórax.

Dessa maneira, a RNM é raramente indicada nas situações de politrauma, pois é um exame de elevado custo, com algumas dificuldades técnicas para sua melhor realização, com poucas vantagens sobre a TC (nas lesões diafragmáticas e da coluna torácica).

d. Ultra-Sonografia (US) Torácica: o exame ultrassonográfico do pericárdio, coração e cavidades pleurais, é um exame rápido, fidedigno e não invasivo, que pode detectar alterações ameaçadoras à vida do paciente, tal como o tamponamento cardíaco. A sensibilidade, especificidade e acurácia geral do ultra-som, para detectar alterações nesses sítios, são maiores do que 90%. Simultaneamente, o exame ecográfico é bastante útil na detecção de contusão pulmonar, hemo e pneumotórax, bem como injúria do diafragma, tendo a favor a rapidez em que pode ser empregado. A detecção de pneumotórax através do uso de US tem resultados mais acurados do que aqueles oferecidos pela radiologia simples do tórax, e Rowan e cols. mostram resultados semelhantes aqueles alcançados pela CT do tórax, apresentando uma sensibilidade e um valor preditivo negativo de 100%, enquanto a especificidade é de 94%. A acurácia do exame é de 96% para diagnóstico de pneumotórax.

A ecocardiografia é um excelente método de avaliação dos traumas contusos cardíacos, já que estes se apresentam por alterações da contratilidade cardíaca e das

arritmias, podendo ser facilmente visualizados pela ecografia cardíaca. Ainda, cabe lembrar, que em alguns casos de trauma cardíaco ocorre ruptura de válvulas cardíacas, o que também pode ser avaliado durante o exame ecográfico. A ecocardiografia transesofágica também pode orientar sobre a presença de lesões das paredes vasculares dos grandes vasos.

Todavia, o exame de ultra-som pode ser inadequado, naqueles pacientes com enfisema subcutâneo, devido ao meio aéreo, que é inadequado para este método de imagem.

#### CUIDADOS PRÉ-OPERATÓRIOS

Pacientes com risco iminente de vida, e que requerem cirurgia, não dispõem de uma avaliação demorada. A princípio, deve haver via aérea prévia, cuidados com a respiração e circulação (*Airway, Breathing, Circulation*) estabelecidos. Frequentemente, esforços de ressurreição nestes pacientes têm que continuar a caminho do bloco cirúrgico.

Os pacientes com indicações para cirurgia, mas que não estão *in extremis* também devem ter o *ABC* estabelecido. Baseados no mecanismo de dano, história clínica, e achados físicos, a investigação diagnóstica é conduzida a fim de excluir danos associados. Os procedimentos diagnósticos são concluídos, se o tempo e as condições clínicas permitem.

#### CUIDADOS INTRA-OPERATÓRIOS

Uma via aérea adequada e segura é necessária, bem como acesso venoso. Dispositivos que permitam um monitoramento, *i.e.* catéter urinário, monitor de pressão venosa central, ou catéter de pressão da artéria pulmonar devem ser considerados, baseados na severidade do trauma, estado funcional pré-operatório e previsão da duração da cirurgia. Algumas lesões requerem o uso de técnicas de ventilação monopulmonar. Isto deve ser discutido antecipadamente com o anestesiológico.

Posicionamento do paciente e escolha da incisão são muito importantes. Esternotomia mediana é usada para ter acesso ao coração, reparos da porção intrapericárdica dos vasos pulmonares, aorta ascendente e arco aórtico, veia cava e artéria inominada. A toracotomia posterolateral esquerda no quarto espaço de intercostal é usada para abordagem da aorta torácica descendente. A artéria de subclávia direita pode ser exposta através de uma esternotomia mediana com extensão ao pescoço. Controle proximal da artéria de subclávia

esquerda é exequível por uma toracotomia de esquerda ântero-lateral no terceiro espaço intercostal.

Controle distal deste vaso é obtido por uma incisão supraclavicular. O esôfago distal pode ser exposto por uma toracotomia posterolatera esquerda; danos mais proximais requerem uma toracotomia direita. Danos pulmonares ou vasos pulmonares mais periféricos são abordados por uma toracotomia posterolateral.

### CUIDADOS PÓS-OPERATÓRIOS

Pacientes devem ser extubados assim que possível no período posoperatório. Dispositivos de monitoramento são mantidos enquanto necessários, mas removidos o mais cedo possível.

Fluídos intravenosos são fornecidos até que o paciente apresente o retorno da função gastrointestinal. Pacientes com lesões graves associadas, especialmente em coma, podem requerer sondas enterais de demora para alimentação.

O controle da dor é importante nestes pacientes, pois facilita a respiração e ajuda a prevenir complicações pulmonares como atelectasias e pneumonia. Fisioterapia respiratória e motora, incentivo aos exercícios respiratórios e, assim que possível, deambulação deve ser encorajada.

Drenos de tórax devem ser mantidos, enquanto há uma drenagem excessiva de fluídos, o pulmão não apresenta reexpansão completa e ainda há escape de ar. Na maioria das vezes, a drenagem em selo d'água é suficiente. Havendo resolução dos achados supracitados, o(s) dreno(s) de tórax devem ser removidos.

Referências:

1. Basic and Advanced Prehospital Trauma Life Support – PHTLS. Prehospital Trauma Life Support Committee of The National Association of Emergency Medical Technicians in Cooperation with The Committee on Trauma of the American College of Surgeons. 4<sup>th</sup> edition 1999.
2. Advanced Trauma Life Support for Doctors – ATLS. Colégio Americano de Cirurgiões – Comitê de Trauma. 6<sup>a</sup> edição – 1997.
3. Wintermark M, Schnyder. The Macklin Effect: A Frequent Etiology for Pneumomediastinum in Severe Blunt Chest Trauma. *Chest* 2001;120; 543-547.
4. Weissbeg D, Refaely Y. Pneumothorax. *Chest* 2000; 117; 1279-1285.
5. Prêtre R, Chilcott M. Blunt Trauma to the Heart and Great Vessels. *N Engl J Med* 1997;336(9);626-632.
6. Desai SR, Wells AU, Suntharalingam G, Rubens MB, Evans TW, Hansell DM. Acute Respiratory Distress Syndrome Caused by Pulmonary and Extrapulmonary Injury: A Comparative CT Study. *Radiology* 2001;218;689-693.
7. Peytel E, Menegaux F, Cluzel P, Langeron O, Coriat P, Riou B. Initial Imaging Assessment of Severe Blunt Trauma. *Intensive Care Med* 2001; 27;1756-1761.
8. Leidner B, Adiels M, Aspelin P, Gullstrand P, Wallén S. Standardized CT Examination of the Multitraumatized Patient. *Eur. Radiol.* 1998;8; 1630-1638.
9. Rowan KR, Kirkpatrick AW, Liu D, Forkheim KE, Mayo JR, Nicolaou S. Traumatic Pneumothorax Detection with Thoracic US: Correlation with Chest Radiography and CT – Initial Experience. *Radiology* 2002; 225;210-214.
10. Fadoo F, Ruiz DE, Dawn SK, Webb WR, Gotway MB. Helical CT Esophagography for the Evaluation of Suspected Esophageal Perforation or Rupture. *AJR* 2004;182;1177-1179.
11. Chen JD, Shanmuganathan K, Mirvis SE, Killeen KL, Dutton RP. Using CT to Diagnose Tracheal Rupture. *AJR* 2001;176;1273-1280.

12. de Melo ASA, Moreira LBM, Marchiori E. Lesões Traumáticas do Mediastino: Aspectos na Tomografia Computadorizada. *Radiol Bras* 2003;36(5);283-286.
13. Demetriades D, Gomez H, Velmahos GC, Asensio JA, Murray J, Cornwell III EE, Alo K, Berne TV. Routine Helical Computed Tomographic Evaluation of the Mediastinum in High-Risk Blunt Trauma Patients. *Arch Surg.* 1998;133;1084-1088
14. Nagy K, Fabian T, Rodman G, Fulda G, Rodriguez A, Mirvis S. Guidelines for Diagnosis and Management of Blunt Aortic Injury. Eastern Association for the Surgery of Trauma 2000.
15. Parker MS, Matheson TL, Rao AV, Sherbourne CD, Jordan KG, Landay MJ, Miller GL, Summa JA. Making the Transition: The Role of Helical CT in the Evaluation of Potentially Acute Aortic Injuries. *AJR* 2001; 176;1267-1272.
16. Dyer DS, Moore EE, Mestek MF, Bernstein SM, Iklé DN, Durham JD, Heinig MJ, Russ PD, Symonds DL, Kumpe DA, Roe EJ, Honigman B, McIntyre Jr RC, Eule Jr J. Can Chest CT Be Used to Exclude Aortic Injury? *Radiology* 1999;213;195-202.
17. Nchimi A, Szapiro D, Ghaye B, Willems V, Khamis J, Haquet L, Noukoua C, Dondelinger RF. Helical CT of Blunt Diaphragmatic Rupture. *AJR* 2005;184;24-30.
18. Larici AR, Gotway MB, Litt HI, Reddy GP, Webb WR, Gotway CA, Dawn SK, Marder SR, Storto ML. Helical CT with Sagittal and Coronal Reconstructions: Accuracy for Detection of Diaphragmatic Injury. *AJR* 2002;179;451-457.
19. Rubikas R. Diaphragmatic Injuries. *Eur J Cardio-thorac Surg* 2001;20; 53-57.
20. Jones RK, Jurkovich GJ, Nathens AB, Shatz DV, Brundage S, Wall MJ, Engelhardt S, Hoyt DB, Holcroft J, Knudson M. Timing of Urgent Thoracotomy for Hemorrhage After Trauma. *Arch Surg.* 2001;136;513-518.
21. Kabon B, Walzl B, Leitgeb J, Kapral S, Zimpfer M. First Experience with Fiberoptically Directed Wire-Guided Endobronchial Blockade in Severe Pulmonary Bleeding in an Emergency Setting. *Chest* 2001;120; 1399-1402.
22. Ho AMH. Is Emergency Thoracotomy Always the Most Appropriate Immediate Intervention for Systemic Air Embolism After Lung Trauma? *Chest* 1999;116;234-237.
23. Sawyer MAJ, Sawyer EM. Blunt Chest Trauma. *eMedicine* (<http://www.emedicine.com/med/topic3658.htm>)

24. Khan AN, Macdonald S. Thorax, Trauma. eMedicine 2005.  
(<http://www.emedicine.com/radio/topic400.htm>).
25. Wagner RB, Jamieson PM. Pulmonary contusion. Evaluation and classification by computed tomography. Surg Clin North Am. 1989 Feb; 69(1):31-40.