

**Università degli Studi di Roma  
“Sapienza”**

**Dipartimento di Chirurgia Generale, Specialità Chirurgiche  
e Trapianti d’Organo “Paride Stefanini”  
Cattedra di Chirurgia Toracica**

**Tesi di Dottorato di Ricerca  
in**

**Fisiopatologia Chirurgica Angio-Cardio-Toracica ed Imaging Funzionale  
Radioisotopico**

**TRAUMA TORACICO**

**Relatore**

Chiar.mo Prof.  
Tiziano de Giacomo

**Dottorando**

Tsagkaropoulos Sokratis  
Matricola n. 938101

***Anno Accademico 2014/2015***

# INDICE

<b>NOTE STORICHE .....</b>	<b>4</b>
<b>CENNI DI ANATOMIA TORACICA .....</b>	<b>8</b>
<b>FISIOPATOLOGIA DEL TRAUMA TORACICO.....</b>	<b>14</b>
LIVELLO FUNZIONALE.....	14
LIVELLO CELLULARE.....	16
<b>MECHANISMO DI TRAUMA TORACICO.....</b>	<b>18</b>
<b>TIPI DI TRAUMA TORACICO .....</b>	<b>19</b>
<b>LESIONI DELLA PARETE TORACICA .....</b>	<b>19</b>
<i>Ferite non penetranti.....</i>	<i>20</i>
<i>Contusioni.....</i>	<i>20</i>
<i>Fratture costali.....</i>	<i>20</i>
<i>Fratture sternali .....</i>	<i>23</i>
<b>LESIONI DEL PARENCHIMA POLMONARE.....</b>	<b>24</b>
<i>Contusione polmonare.....</i>	<i>25</i>
<i>Lacerazione polmonare .....</i>	<i>28</i>
<i>Ematoma polmonare.....</i>	<i>29</i>
<b>LESIONI TRACHEO-BRONCHIALI .....</b>	<b>29</b>
<b>LESIONI DELLA PLEURA.....</b>	<b>33</b>
<i>Pneumotorace traumatico .....</i>	<i>33</i>
<i>Emotorace traumatico .....</i>	<i>36</i>
<b>LESIONI DEL DIAFRAMMA.....</b>	<b>38</b>
<b>LESIONI DELL'ESOFAGO.....</b>	<b>42</b>
<b>ALTRE LESIONI .....</b>	<b>46</b>
<i>Lesione del dotto toracic .....</i>	<i>46</i>
<i>Soffocamento traumatico.....</i>	<i>47</i>
<i>Ernia della parete toracica.....</i>	<i>47</i>
<b>CASISTICA .....</b>	<b>49</b>
<b>RISULTATI.....</b>	<b>51</b>
<b>DISCUSSIONE.....</b>	<b>61</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>66</b>

## INTRODUZIONE

Il trauma continua ad essere un grave problema di sanità pubblica in tutto il mondo in quanto è associato ad alta morbilità e mortalità sia nei paesi sviluppati che in via di sviluppo. È anche riferito di essere la principale causa di morte, ospedalizzazione e disabilità permanente nei primi quattro decenni di vita [1]. Esso rappresenta una delle condizioni mediche più improvvise, drammatiche e spesso irreversibili.

La lesione toraca è uno degli aspetti più importanti del trauma, giocando un ruolo importante nel 25% di tutti i decessi da trauma [2] ed è direttamente responsabile del decesso di un altro 25% [3]. Negli Stati Uniti, la mortalità legata al trauma toracico isolato è di circa 4% e 8%, supera il 15% quando viene interessato un'altro sistema e può arrivare al 35% nei casi dove più di altri due sistemi sono lesionati [4,5]. Questo fenomeno epidemiologico potrebbe essere spiegato considerando che la gabbia toracica contiene organi vitali, la valutazione del danno procurato non è semplice perché i segni clinici non sono sempre sufficienti per valutare correttamente la natura e la gravità del danno intratoracico, ed il trauma contemporaneo di altri organi-strutture extratoracici potrebbero influenzare le condizioni cardio-respiratorie del paziente.

Le lesioni toraciche possono essere classificate in due tipi: chiuse o aperte (penetranti). Nelle popolazioni civili, la maggior parte dei traumi toracici sono rappresentati dai traumi contusivi. Invece, il trauma toracico aperto è il risultato degli incidenti stradali. Altre possibili cause di lesioni toraciche chiuse sono le cadute, gli infortuni sportivi e gli atti di violenza. Le ferite da arma da fuoco e da taglio sono le cause più comuni di lesioni toraciche penetranti [6]. Fortunatamente, oltre l'80% delle lesioni toraciche possono essere gestite in modo conservativo utilizzando un tubo di drenaggio, adeguata analgesia e fisioterapia respiratoria [2] e solo una piccola parte necessita l'intervento chirurgico [7]. Queste particolarità dei traumi toracici mettono in evidenza la necessità del loro studio continuo.

L'obiettivo di questo studio retrospettivo è di indagare l'incidenza del trauma toracico, il tipo di lesione toracica, la patogenesi (meccanismo di lesione) ed il trattamento scelto. Attraverso l'analisi dei dati ottenuti, si cercherà di effettuare un confronto con i dati dalla letteratura internazionale.

## NOTE STORICHE

Fino al 19° secolo, ci sono diversi riferimenti che trattano la diagnosi e la gestione del trauma toracico. Tali riferimenti riguardavano descrizioni di lesioni interne trovate dopo autopsia oppure il trattamento di lesioni della parete toracica. Nel papiro egiziano di Edwin Smith, scritto nel 3000 aC by Imhotep, si trova una delle prime descrizioni di lesione toracica. Dei 58 casi citati nel papiro, solo in tre esiste un trauma toracico: una ferita penetrante l'esofago cervicale (caso n° 28) riparata con sutura diretta e due ferite della parete toracica con frattura sternale (caso n° 40) e fratture costali (caso n° 58) trattate in modo conservativo [8].

Nella Iliade di Omero, nel capitolo dell'assedio di Troia nel 950 aC, vengono descritte una varietà di ferite al torace tra cui la morte atroce di Sarpedonte da Patroclo, che è stato dissanguato dopo la rimozione di una lancia penetrante il suo cuore. Come si legge da Omero, le lesioni del torace in tempi antichi sono state considerate spesso fatali [9]. La dea Venere, volendo proteggere suo figlio Enea dalla morte in battaglia da Diomede “...*ha coperto con le sue braccia e il suo velo il petto di Enea...*”. Al contrario Alcatoo era meno fortunato muorendo per mano di Idomeneo “...*guidando la sua lancia contro il petto dell'avversario. La lama, trapassata facilmente la corazza di Alcatoo con un secco rimbombo metallico, perforò la carne e ne trafisse il cuore... Diede fragore cadendo, l'asta restò infissa nel cuore, che palpitando faceva vibrare il piede dell'asta: il forte Ares poi ne spense la forza...*”.

Ippocrate, il padre di medicina (5° secolo aC), è stato il primo a descrivere l'emottisi come conseguenza di fratture costali. In oltre, ha descritto la relazione tra versamento pleurico ed empiema dopo trauma toracico. Secondo Ippocrate, se il paziente non presentava emottisi, la terapia implicava riposo, digiuno e il bendaggio toracico con tessuti di lino per 20 giorni. Se si presentava emottisi, si consigliava cambiare il bendaggio toracico ogni due giorni per 40 giorni [10]. Questa ha rappresentato una pratica antica che ha costituito la base di trattare le fratture costali per secoli.

Descrizioni di trauma toracico troviamo anche nel testo dello storico greco Arriano “Anabasis Alexandri” (capitolo 6) dove viene riportato il trauma toracico di Alessandro il Magno: “...*Alessandro viene ferito anche lui da una freccia che ha trafitto il torace sopra il seno. Come dice Tolomeo, aria e sangue veniva fuori dal torace. Qualcuno ha scritto che*

*Critodimo, medico da Kos, ha aperto la ferita tirando fuori la freccia, mentre altri hanno scritto che Perdika, guardia del corpo di Alessandro, in assenza di medico presente e per volere di Alessandro, ha aperto la ferita con la spada e ha estratto la freccia. Durante l'estrazione della freccia, tanto sangue uscivava, così che Alessandro è svenuto...*". In religione cristiana, è caratteristico il trauma a livello della parete toracica provocato al Cristo sulla croce dai soldati: "...uno dei soldati gli forò il costato con una lancia, e subito ne uscì sangue e acqua..." [Bibia, Giovanni 19:33].

Nel II° secolo, Galeno, nel suo settimo libro, ha descritto il drenaggio di una infezione sternale post-traumatica che richiedeva pericardiotomia e rimozione dello sterno [11].

Nei libri di Theodoric, scritti nel 13° secolo, vengono descritti i traumi aperti e chiusi del torace e viene proposto il modo in cui trattare tale patologia. L'autore ci segnala il ruolo protettivo della pleura e, per la prima volta, troveremo descritta la rottura traumatica del diaframma. [12]. Nel 14° secolo, Guy de Chauliac ha pubblicato il famoso testo "Chirurgia Magna" (1336). Nel capitolo che tratta il trauma toracico, de Chauliac evidenzia la divisione tra traumi chiusi e aperti, e descrive alcuni tipi di bendaggio toracico ("a croce") per il trattamento dei traumi chiusi [13].

Prossima tappa della traumatologia toracica sono le evidenze di Ambroise Pare durante il 16° secolo (1510-1590). Pare, medico personale di quattro re francesi, era particolarmente interessato al trattamento dei traumi da armi da fuoco. È stato il primo a descrivere la presenza di enfisema sottocutaneo dopo fratture costali ed a trattarlo con incisioni multiple a livello cutaneo e sottocutaneo. In oltre, ha trattato i traumi complessi toraco-addominali con spostamento di organi addominali nella cavità toracica [14].

Dal 18° secolo e poi, il trauma toracico viene approcciato in modo più "scientifico". Il medico militare Dominique Anel pubblicando il libro "The art of sucking wounds" (1707) rende nota l'associazione tra la toracentesi e la manifestazione di infezione o empiema pleurico post-procedura. Anel cerca di dare le prime regole nel trattamento del pneumotorace; quando è stato chiamato di trattare un trauma penetrante il torace (ferita da spada), ha posizionato un tubo di drenaggio collegato ad una siringa attraverso la quale ha aspirato l'aria [15]. Nel 1973 Jean Mery ha pubblicato il caso di un paziente di 60 anni con fratture della quarta e quinta

costa dopo caduta da carro. Il ha avuto enfisema sottocutaneo esteso a tutto il corpo ed è deceduto dopo 4 giorni [16]. Daniel Hoffman, nel 1740, descrive per la prima volta il caso di un giovane agricoltore con “volet costale” trattato in modo conservativo [17].

Prima tappa importante è il libro intitolato *De Sedibus et Causis Morborum per Anatomen Indagatis* di Giovanni Battista Morgagni, dove l'autore dedica un intero capitolo al trauma toracico [18]. Forse è il primo a descrivere la contusione polmonare facendo riferimento al danno polmonare non attribuito a fratture costali. Caratteristiche sono le descrizioni di due casi di trauma toracico senza fratture costali. Il primo caso riguarda un uomo caduto dal cavallo senza segni di trauma esterno che è deceduto dopo quindici giorni. Il secondo caso si riferisce ad un ragazzo di 10 anni investito da un carro e deceduto dopo un ora dall'evento. All'autopsia hanno osservato la presenza di fratture costali con lacerazioni del parenchima polmonare.

Ilard, nel 1803, medico dell'Università di Parigi, ha usato per la prima volta il termine pneumotorace [19]. Questo termine con il supporto scientifico di Laennec veniva approvato ed usato dalla totalità della comunità medica. Quasi trentasei anni dopo (1839), Guillaume Depuytren ha introdotto per la prima volta il termine “contusione” [20]. In particolare, ha diviso le contusioni polmonari in due categorie: le contusioni della parete toracica e le contusioni del parenchima polmonare. Le ultime venivano suddivise in leggere (si guariscono facilmente) ed in severe (danno permanente). In caso che le contusioni polmonari si associavano a perdite di sangue dalla bocca, il paziente moriva in poco tempo.

Entro la fine del 19° secolo, sono stati annunciati diversi casi di lesioni chiuse del torace dove all'autopsia le lesioni ritrovate sono state descritte con il termine di rottura polmonare. Il G. J. Guthrie (1848), chirurgo militare britannico delle guerre napoleoniche, ha descritto le complicazioni di ferite chiuse del torace (pleurite, polmonite, ascesso, ecc), mentre Paget, nel primo libro inglese di Chirurgia Toracica, scrive che le lesioni polmonari possono essere dovute non sole dalle fratture costali ma anche dall'energia dell'impatto.

Nel secolo che segue, sono stati fatti passi importanti nella traumatologia toracica, sia nel capire la fisiopatologia dei traumi toraci che nel trattarne introducendo tecniche nuove. In particolare, durante la Seconda Guerra Mondiale l'Army Medical Corps è venuto a fronte di

molteplici lesioni traumatiche della gabbia toracica. L'esperienza fatta è stata importante nel sviluppare gli standard per la gestione dell'emotorace traumatico, regole accettate ed usate fino ad oggi [21].

## CENNI DI ANATOMIA TORACICA

Il torace è una gabbia espandibile, a forma di cono ed è costituito da:

- La gabbia (parete) toracica (coste, sterno, vertebre, strutture muscolari)
- Gli organi intratoracici (polmone e cuore)
- Le strutture del mediastino (vie aeree, esofago, nervi e grossi vasi)

Lo stretto toracico superiore si estende dalla membrana cricotiroidea al manubrio sternale e include l'ascella e il mediastino superior. Da esso passano i vasi diretti alla testa ed agli arti superiori, la trachea e l'esofago. Da davanti al indietro, le strutture che occupano l'apertura toracica superiore comprendono la parte superiore della ghiandola del timo, le vene brachiocefaliche di destra e di sinistra (che si uniscono dietro al lato destro del manubrio sternale per formare la vena cava superiore), le arteria carotid commune di destra e di sinistra (mentendosi immediatamente anteriore all'arteria succlavia e mediale alla vena succlavia), la trachea (situata nella linea mediana o leggermente verso destra o sinistra subito dietro I grossi vasi), l'esofago (situato dietro la trachea e davanti alla colonna vertebrale) e i nervi laringei ricorrenti su entrambi i lati del esofago [22].

Il tronco inferiore del plesso brachiale è situato immediatamente dietro al arteria succlavia in relatione alla prima costa. Il nervo vago e il nervo frenico entrano nel torace davanti alla arteria succlavia ad ogni lato e dietro le vene. Il dotto toracico è situato lungo il lato sinistro dell'esofago fino a formare un arco anteriore per terminare alla punto di congiunzione della vena giugulare interna sinistra e la vena succlavia di sinistra. Durante l'espiazione, la pleura si inserisce leggermente nella base del collo tramite lo stretto toracico superiore. È evidente, quindi, che queste strutture possono essere lesionate durante un trauma toracico. Inoltre, bisogna fare attenzione all'esposizione di questo livello anatomico per evitare lesioni dei vasi e nervi [23,24].

Lo stretto toracico inferiore è limitato anteriormente dal processo xifoideo dello sterno, posteriormente dalla 12<sup>a</sup> vertebra toracica insieme alla 12<sup>a</sup> costa e lateralmente dagli archi costali. Essa chiude e separa la gabbia toracica dagli organi addominali attraverso una

struttura muscolo-tendinea, il diaframma, lasciando solamente tre aperture per il passaggio verso l'addome dell'aorta, della vena cava inferiore e dell'esofago.

Le coste sono situate vicino alla cute e, quindi, sono comunemente coinvolti nei traumi toracici. Le coste sono 24; 12 per lato e uniscono in avanti la colonna vertebrale allo sterno. Sono distinte in senso cranio-caudale in coste sternali (dalla I<sup>a</sup> alla VII<sup>a</sup>), coste spurie (dalla VIII<sup>a</sup> alla X<sup>a</sup>) e coste fluttuanti (XI<sup>a</sup> e XII<sup>a</sup>). La prima, la seconda, la decima, l'undicesima e la dodicesima presentano delle particolarità anatomiche in relazione alle strutture con cui prendono rapporti che richiedono una considerazione speciale. La prima costa è la più curva e corta delle coste. La sua superficie superiore presenta due docce percosse posteriormente dall'arteria e anteriormente dalla vena succlavia e parte del plesso brachiale; in mezzo, tra le due docce, è situato il tubercolo per l'inserzione del muscolo scaleno anteriore; più avanti, in corrispondenza dell'estremità, si inserisce il legamento costo-clavicolare. Dietro il solco posteriore si inserisce il muscolo scaleno medio. La superficie inferiore è liscia. È caratteristico che la parte anteriore della prima costa è più grande e più spessa rispetto alle altre coste. Così, un forte trauma a questo livello può portare la frattura costale della prima e/o seconda costa con lesioni di vasi e nervi. La decima, undicesima e dodicesima costa sono fluttuanti e ben protette dai muscoli che le circondano. Loro "proteggono" degli importanti organi addominali (il fegato a destra e la milza a sinistra) e un forte trauma a questo livello può portare ad una lesione epatica e/o splenica [25,26].

Ogni spazio intercostale ha un fascio nevrovascolare che percorre lungo il suo margine inferiore ed interno. Il nervo intercostale fornisce rami per il muscolo intercostale, la pleura parietale e, tramite rami cutanei laterali e anteriori, innerva la cute. I nervi intercostali sono nervi misti. Posteriormente, le arterie intercostali posteriori entrano nel fascio nevrovascolare e con una direzione curvilinea e laterale raggiungono il bordo inferiore della costa. Anteriormente, una copia di piccole arterie intercostali anteriori decorre nel fascio nevrovascolare di ogni spazio intercostale. Le arterie intercostali anteriori sono rami provenienti dall'arteria toracica interna (mammaria) e si anastomizzano con le arterie intercostali posteriori che nascono dall'aorta toracica. Il primo e il secondo spazio intercostali si trovano sopra il livello dell'aorta toracica e ricevono il loro rifornimento arterioso dal tronco costo-cervicale. Così, quando è necessario inserire un tubo di drenaggio toracico si deve fare

attenzione di evitare di lesionare il fascio nervovascolare. Inoltre, conoscere il decorso del fascio nevovascolare è utile per poter eseguire il blocco intercostale [27].

La pleura è costituita da 2 strati di cellule mesoteliali con un aspetto liscio semi-trasparente. Il rivestimento interno della parete toracica è la pleura parietale. La pleura viscerale riveste i principali organi toracici. Tra la pleura viscerale e parietale esiste uno spazio virtuale che in condizioni normali contiene una piccola quantità di liquido che funge principalmente da lubrificante permettendo lo scorrimento dei due foglietti pleurici durante gli atti del respiro. Lesioni che occupano spazio, quali pneumotorace, emotorace ed emopneumotorace, interferiscono con l'ossigenazione e ventilazione polmonare perché comprimono il parenchima polmonare. Questa compressione spinge il mediastino con i suoi contenuti verso l'emitorace opposto. Quanto questo spostamento è importante da interessare anche la vena cava superiore causa la diminuzione del ritorno venoso al cuore con conseguente compromesso circolatorio e shock [21,22].

Il mediastino è lo spazio anatomico che comprende gli organi e le strutture situate tra i polmoni, il cui limite superiore corrisponde all'apertura toracica superiore e quello inferiore alla cupola diaframmatica. Esso contiene il cuore, la trachea, l'esofago e i grossi vasi toracici [26].

La trachea entra attraverso l'apertura toracica superiore e scende fino alla carina, dove si divide nei bronchi principali di destra e di sinistra. Ogni bronco principale si divide nei bronchi lobari. La sua lunghezza misurata dalla cartilagine cricoidea fino alla biforcazione è di 12 cm nell'uomo e di 11 cm nella donna, con una variabilità soggettiva legata all'elasticità di circa 3-4 cm. La struttura tracheale è costituita da una parete posteriore (pars membranacea), piatta ed aderente all'esofago, ed una parete anteriore costituita da una membrana fibroelastica nel cui spessore si trovano i segmenti cartilaginei a forma di ferro di cavallo, impropriamente detti "anelli". La trachea è fissa alla cartilagine tiroidea in modo tale che durante una rapida decelerazione si può generare una forza tagliente che risulta alla lesione della trachea. Analogamente alle forze di taglio, l'allargamento dell'angolo della carina può provocare delle lesioni a livello dei bronchi principali [26,28].

I polmoni sono organi pari ed occupano la maggior parte del volume di ogni emitorace. Essi sono deputati agli scambi gassosi tra aria e sangue. Il polmone destro è costituito da 3 lobi ed il polmone di sinistra da 2 lobi. Ogni lobo è ulteriormente suddiviso in aree più piccole definite lobuli. I lobi polmonari sono separati tra di loro dalle scissure interlobari, dove la pleura viscerale si inflette per rivestirle fino all'ilo polmonare. L'ilo polmonare si trova vicino al centro della superficie mediale del polmone, contiene il bronco principale, l'arteria polmonare, le due vene polmonari (superiore ed inferiore), linfonodi, i vasi bronchiali ed i rami del nervo vago. La circolazione polmonare è garantita da due sistemi vascolari i cui vasi costituiscono l'uno, un distretto funzionale rappresentato dai vasi polmonari della piccola circolazione e l'altro, con finalità trofiche, costituito dai vasi bronchiali a derivazione dal grande circolo. L'arteria polmonare origina dal ventricolo destro e si divide in ramo destro e sinistro che si distribuiscono, a livello dell'ilo, ai rispettivi polmoni seguendo costantemente i rami bronchiali, all'estremità dei quali le arteriole terminali formano una fitta rete capillare nella parete alveolare. Le venule ricevono il sangue della rete capillare e attraverso ulteriori rami venosi, seguendo le diramazioni bronchiali del lato opposto alle arterie, confluiscono in due vene polmonari per ogni polmone portandosi dall'ilo nell'atrio sinistro. Le arterie bronchiali originano dall'aorta toracica e si suddividono in due rami a sinistra ed un ramo a destra, seguendo le varie suddivisioni bronchiali fino a quelle estreme dei bronchi intralobulari di cui garantiscono la vascolarizzazione. a livello delle ramificazioni lobulari, le arterie bronchiali formano una rete capillare con numerose anastomosi che le collegano con la rete capillare delle arterie polmonari. Le vene che ricevono il sangue capillare, quando originate dai bronchi più piccoli, sboccano nelle vene polmonari mentre se originano dai bronchi di più grosso calibro confluiscono nelle vene bronchiali e portano il sangue nelle vene azigos ed emiazigos. La comprensione dell'anatomia lobare e segmentale del polmone è utile per decidere la tecnica chirurgica per la gestione delle lacerazioni polmonari dopo trauma toracico, che include la pneumonectomia, la lobectomia, la segmentectomia o piccole resezioni/riparazioni [26,29].

Il polmone sinistro è a contatto con l'arco aortico e l'aorta discendente, mentre la sua superficie mediale è a contatto con la superficie anteriore e sinistra del ventricolo sinistro e dell'auricola e con la parte anteriore del ventricolo destro. La superficie postero-mediale può essere a contatto con l'esofago e il dotto toracico. Il polmone destro è a contatto con l'arteria

succlavia destra, la vena cava superiore mentre la sua superficie mediale è a contatto con l'auricola di destra, l'atrio destro e parte del ventricolo destro. La vena azygos e l'esofago passano posteriormente dall'ilo polmonare. La base del polmone destro è profondamente concava a causa della posizione alta del diaframma di destra per la presenza del fegato. Lesioni di queste strutture devono essere sospettate in seguito a lesioni polmonari e dovrebbero essere escluse [23,26].

Il pericardio è un sacco fibro-sieroso conico, in cui sono contenute il cuore e le radici dei grandi vasi. Esso è collocato dietro lo sterno e le cartilagini della terza, quarta, quinta, sesta e settima costa del lato sinistro, nella cavità mediastinica. Dietro il pericardio si trovano i bronchi, l'esofago, l'aorta toracica discendente e la parte posteriore della superficie mediastinica di ciascun polmone. Lateralmente, è coperto dalla pleura ed è in relazione con le superficie mediastiniche dei polmoni. Il nervo frenico, con le sue nervi di accompagnamento, discende tra il pericardio e la pleura su entrambi i lati. Il pericardio parietale è duro ma può ingrandire per accogliere il liquido pericardico lentamente accumulato. Al contrario, quando il fluido si accumula rapidamente (per esempio in caso di emopericardio dopo lesione cardiaca), il pericardio perde la sua abilità di dilatarsi, il gradiente pressorio aumenta e la pressione di riempimento diastolico è compromessa dopo trauma/tamponamento pericardico. Il sistema di conduzione del cuore di arteria coronaria di destra è irrorato dall'arteria coronaria di destra, così, lesioni di questo all'arteria può deteriorare la funzione di condurre il sistema [23,24,26].

Il cuore ha due atri e due ventricoli. L'apice cardiaca è diretta verso il basso, in avanti ed a sinistra dove si sovrappongono il polmone sinistro e la pleura. L'atrio sinistro è piuttosto più piccolo del destro ma la sua parete è più spessa. Il ventricolo sinistro è più lungo e più conico, forma una piccola parte della superficie sternocostale ed una parte considerevole della superficie diaframmatica del cuore. I suoi pareti sono circa tre volte più spessi di quelli del ventricolo destro. La valvola aortica è più grande, più spessa e più forte della valvola polmonare. Così, i traumi diretti del ventricolo sinistro e della valvola aortica sono raramente interessati nel semplice trauma toracico, ma necessitano un forte trauma [23,26].

I grossi vasi che comunemente sono lesionati dopo traumi includono traumi dell'arteria anonima, le vene polmonari, le vene cave e, frequentemente, l'aorta toracica discendente. Il

punto di attacco delle vene polmonare e delle vene cave e l'immobilità dell'aorta toracica discende sono le cause di aumentata suscettibilità di lesione dopo trauma a torace chiuso. Per motivi anatomici, le ferite da arma bianca interessano di più l'aorta toracica ascendente, mentre le ferite da arma da fuoco coinvolgono l'aorta toracica discendente [30].

L'esofago rappresenta la continuazione del faringe in direzione longitudinale. La sua funzione è quella di convogliare gli alimenti verso lo stomaco. Nel torace, l'esofago passa dietro l'arco aortico e il bronco principale di sinistra ed entra in addome attraverso lo iato esofageo diaframmatico. L'esofago è ben protetto dalla gabbia toracica, ma può essere coinvolto nel trauma chiuso (per esempio negli incidenti automobilistici) o nel trauma penetrante (ad esempio, negli spari o ferite da coltello). Spesso l'attenzione del chirurgo è diretto verso più letali danni al cuore, polmoni o vasi sanguigni, ma una lesione esofagea non può essere trascurata perché può essere seguita da mediastinite [31,32].

Il diaframma, il muscolo più importante della respirazione, separa la cavità toracica e addominale. Esso ha due componenti; il tendine centrale non contrattile e la parte muscolare. Il diaframma arriva più in alto al livello del capezzolo e copre la parte superiore dell'addome compreso fegato, milza, stomaco, pancreas distale e reni. Si sovrappone dalle sei delle dieci coste anteriori e le ultime quattro coste posteriori. Questi fatti anatomici sono importanti nella gestione dei pazienti con trauma penetrante. Le lacerazioni di solito si verificano nella parte tendinea, più spesso sul lato sinistro. Il fegato fornisce protezione per lesione diaframmatica a destra tranne in caso di traumi penetranti [21,25].

## FISIOPATOLOGIA DEL TRAUMA TORACICO

Il trauma, insieme con l'importante ipovolemia e lo shock, è considerato la causa principale di mortalità e morbosità nelle persone al di sotto dei 45 anni [33,34]. Nella persona politraumatizzata, l'inadeguata perfusione ed ossigenazione tissutale porta al rapido deterioramento delle sue condizioni cliniche. Secondo la gravità della lesione toracica si possono distinguere tre categorie [35]:

- Traumi delle strutture vitali con pericolo di vita.
- Traumi senza immediato pericolo di vita.
- Traumi con danni "nascosti".

Nella prima categoria, si includono i traumi che portano alla perdita della pervietà della via aerea ed all'emorragia massiva con conseguente inadeguata perfusione/ossigenazione dei tessuti. I pazienti delle altre due categorie sono emodinamicamente stabili e sono quelli con la miglior prognosi dopo un accurato esame clinico e dopo un periodo di attenta osservazione. La pressione arteriosa e la saturazione non cambiano, però il trauma tissutale e la progressiva perdita di sangue porteranno all'instaurarsi dei meccanismi compensatori con la successiva perdita dell'ossigenazione tissutale fino alla morte cellulare (quando l'ipossigenazione dei tessuti non viene corretta in breve tempo). Il trasporto dell'ossigeno ed il suo utilizzo a livello tissutale si mantengono in equilibrio anche durante la riduzione del flusso ematico finché la diffusione dell'ossigeno non è più sufficiente. Questo effetto porta all'inizio del metabolismo anaerobico, all'acidosi tissutale, alla riduzione della funzionalità dell'organo ed, alla fine, all'insufficienza multiorgano.

### LIVELLO FUNZIONALE

I traumi del torace possono provocare una insufficienza respiratoria tramite insufficienza della "pompa ventilatoria" oppure insufficienza dell'ossigenazione oppure con la presenza di entrambi i tipi di insufficienza. L'insufficienza respiratoria dopo trauma si instaura immediatamente dopo l'evento lesivo oppure, in secondo tempo, come il risultato delle complicazioni legate al trauma [36].

Nel primo caso, l'insufficienza respiratoria potrebbe essere letale perchè è difficile trattarla subito, come succede in caso di pneumotorace, fratture costali, contusione polmonare, emotorace, rottura del diaframma, ostruzione della via aerea e rottura bronchiale/tracheale. Nella patofisiologia, l'insufficienza di "pompa ventilatoria" è dovuta alla riduzione della compliance del sistema respiratorio, all'aumento delle resistenze respiratorie ed alla riduzione della funzionalità dei muscoli respiratori. Invece, l'insufficienza dell'ossigenazione è dovuta all'ipoventilazione, a disturbi del rapporto ventilazione/perfusione ed allo shunt destro-sinistro. I pazienti presentano respiro corto e tachipnea. Il respiro corto è dovuto al dolore toracico durante la respirazione ed alla fatica muscolare (muscoli inspiratori). La tachipnea è legata alla stimolazione neurologica di alcuni recettori periferici, alla stimolazione del centro del respiro da ipercapnia/ipossiemia ed alla stimolazione di zone cerebrali dovuta alle condizioni emotive del paziente.

Nel secondo caso, l'insufficienza respiratoria è di solito dovuta a disturbi del rapporto ventilazione/perfusione e, raramente, a shunt destro-sinistro. L'atelectasia basale da ridotta espansione della gabbia toracica e da insufficiente tosse (risultato di una insufficiente terapia analgica) porta ad importante ipossiemia. In oltre, la presenza di contusioni paranchimali, che inizialmente non influiscono allo scambio gassoso, può portare entro poche ore oppure giorni a danno polmonare acuto (ALI, acute lung injury) e distress respiratorio (ARDS, acute respiratory distress syndrome). La zona di contusione polmonare attiva i granulociti che a loro volta aumentano la produzione di sostanze infiammatorie danneggiando la membrana alveolo-capillare ed instaurando un edema polmonare non-cardiogeno. Il paziente è in grado di gestire il carico respiratorio fino a un certo livello, dopodichè inizia la fase di insufficienza di "pompa ventilatoria" [37]. Di solito, l'insufficienza dell'ossigenazione dovuta a ALI oppure ARDS è considerata indicazione di ricovero in terapia intensiva e di utilizzo della ventilazione meccanica.

Un importante aspetto della fisiopatologia del trauma toracico è l'ipovolemia dovuta da una perdita di sangue evidente oppure da perdita "nascosta" di liquidi dovuta alla permeabilità generalizzata a livello dei capillari. Cuthbertson [38] ha identificato due fasi della risposta metabolica dell'organismo al trauma: la fase di "riflusso" (ebb phase) e la fase di "flusso" (flow phase). Moore [39] ha ulteriormente suddiviso la fase di "flusso" in due categorie: *anabolica*

e *catabolica*. La fase di “*riflusso*” si osserva nelle prime ore dal trauma ed è caratterizzata dall'ipovolemia, dal basso flusso sanguigno e dalle prime risposte metaboliche al trauma ed allo shock. Dopo che si ripristina un normale flusso ematico, inizia la fase di “flusso” che si caratterizza da una risposta iperdinamica allo stress con ritenzione idrica, edema, catabolismo ed ipermetabolismo. Quando la perdita di volume verrà corretta, le ferite traumatiche si sono cicatrizzate e l'infiammazione è stata controllata, inizia la fase anabolica che può durare settimane.

## LIVELLO CELLULARE

Durante la fase di riposo cellulare, l'energia cellulare viene usata per il passaggio di sostanze attraverso le membrane cellulari oppure per accelerare il loro trasporto passivo che altrimenti necessita più tempo [40]. quando si instaura un danno a livello della membrana che risulta in aumento della sua permeabilità, servirà di spendere un maggior carico energetico (ossigeno) per mantenere la struttura cellulare inalterata. Se l'apporto di ossigeno non è sufficiente (ipossia), si porterà ad ulteriore danno cellulare. Le interleuchine, i prodotti del complemento ed i metaboliti del acido arachidonico, che si liberano dopo un trauma, aumentano le necessità cellulari per ossigeno. Nel politraumatizzato, l'ossigenoterapia è inoltre necessaria per superare l'aumentato fabbisogno metabolico, dovuto principalmente alla necessità di stabilizzare il rapporto ionico a livello della membrana cellulare (integrità). Si osserva un aumento della concentrazione cellulare di ADP e AMP e perdita dell'autoregolazione a livello del microcircolo che porta alla necessità di aumentare la pressione dell'ossigeno a livello tissutale per mantenere una adeguata ossigenazione.

In condizioni normali, soltanto il 25% dell'ossigeno viene utilizzato a livello tissutale. Una riduzione del suo trasporto porta a meccanismi compensatori che includono la stimolazione dell'asse simpatico-surrenale con conseguente liberazione di catecolamine che aumentano la perfusione degli organi vitali, il rilascio dell'ossigeno e riducono la forza di legame con l'emoglobina. Quando questi meccanismi compensatori non sono sufficienti, si osserva il deterioramento della funzione mitocondriale e l'aumento della produzione dei lattati.

La rapida riperfusione ed ossigenazione dei tessuti evitando o correggendo lo shock da trauma può portare al ripristino del corretto funzionamento cellulare. Il ripristino del volume

circolante, l'ossigenazione e la correzione dello scambio gassoso evitano di entrare in un circolo vizioso di danno cellulare che può portare ad ulteriore produzione dei metaboliti tossici aumentando il danno di organo e la morbidità e mortalità dei pazienti traumatizzati.

## MECHANISMO DI TRAUMA TORACICO

Il trauma toracico viene diviso in due categorie: *chiuso* ed *aperto*. In entrambe le categorie, il trauma è dovuto al trasferimento di energia cinetica. In caso di trauma toracico isolato, la mortalità intra-ospedaliera raggiunge il 4-8% [24,32,41]. Una categoria separata, ma con la stessa fisiopatologia, sono i traumi iatrogeni.

In 80% dei casi di trauma chiuso, la causa è l'incidente stradale. Le forze che si creano negli incidenti automobilistici sono forze di accelerazione e decelerazione. La decelerazione è una diminuzione nella velocità di un oggetto in movimento, mentre l'accelerazione è l'aumento della velocità di spostamento di un oggetto. Le forze di decelerazione creano un trauma quando un veicolo in movimento si sottopone in un brusco arresto a seguito di un incidente. L'oggetto in movimento, come una macchina o un corpo, decelera rapidamente e l'energia di impatto viene dissipata e assorbita dalla macchina ed il corpo con conseguente lesione dei tessuti. Le forze di accelerazione vengono applicate ad un corpo od un oggetto quando un corpo o oggetto fermo o in lento movimento è colpito da un oggetto in movimento più veloce come una macchina. L'energia dall'oggetto in movimento più veloce viene trasferita al corpo od oggetto (persona) creando una forza di accelerazione più lenta. Le forze di taglio si verificano attraverso un piano, con strutture che scivolano l'una rispetto a altro [42].

Nelle ferite penetranti, le lesioni sono procurate da gli stessi agenti taglienti (cioè coltello o proiettile), nonché dal trasferimento di energia al tessuto che è sostanzialmente legata alla velocità dell'agente di ferimento. I traumi da arma da fuoco ad alta velocità possono causare lesioni devastanti dei tessuti molli legati alla cavitazione, un effetto "d'onda d'urto". Le ferite da bassa velocità (pistola o coltello) provocano lesioni localizzate e limitate al percorso dell'agente di ferimento. Le ferite penetranti del torace da arma bianca o da fuoco frequentemente provocano pneumotorace o emo-pneumotorace, anche se l'effetto bruciante della cenere del proiettile che si genera quando il proiettile passa attraverso la pleura può cauterizzare sufficiente tessuto per evitare la fuoriuscita di aria nello spazio pleurico [28,43].

## TIPI DI TRAUMA TORACICO

Il trauma toracico viene classificato rispetto alla zona anatomica coinvolta in lesioni di:

1. Parete toracica
2. Tracheo-bronchiali
3. Parenchima polmonare
4. Spazio pleurico
5. Diaframma
6. Esofago
7. Cuore e grossi vasi (non trattati qui)
8. Altro

## LESIONI DELLA PARETE TORACICA

Il tipo più comune di trauma toracico è la lesione della parete toracica (circa il 50%). Lo spettro delle lesioni della parete toracica varia da traumi minori (10%), traumi maggiori (35%), fino al lembo parietale mobile (5%). Una significativa lesione della parete toracica è presente in circa un terzo dei pazienti ammessi dopo trauma grave. Queste lesioni non sono sempre evidenti e possono essere facilmente trascurate [29,44]. Si distinguono in ferite aperte e chiuse, rispetto all'interessamento dello spazio pleurico o no. Le lesioni della parete possono interessare i tessuti molli (contusione oppure ferite non penetranti lo spazio pleurico) oppure lo scheletro della gabbia toracica (fratture oppure lussazioni).

Le fratture costali semplici sono la forma più comune di trauma di parete toracica. Questo avviene perché le coste sono molto vicine alla superficie cutanea senza l'interposizione di strutture che le possono proteggere come succede con altre strutture ossee del corpo. Le contusioni della parete toracica sono molto comuni e possono essere accompagnate a disarticolazione costo-condrale. Un trauma sufficientemente forte da provocare lesioni ossee e dei tessuti molli della parete toracica aumenta la mortalità e morbosità del paziente [45,46].

### *Ferite non penetranti*

Le ferite non penetranti del torace (non interessanti la pleura) sono abbastanza frequenti in occasione di eventi bellici. Possono essere legate a lesione da arma da taglio (spada, coltello, pugnale, ascia, ecc) oppure da arma da fuoco (proiettili con traiettoria tangenziale al torace oppure dotati di forza limitata che si arrestano nelle parti molli o contro i piani ossei della gabbia toracica).

La risoluzione del quadro clinico avviene con la toilette delle ferite, la loro eventuale sutura, la profilassi antitetanica, il trattamento antibiotico profilattico e la terapia antalgica.

### *Contusioni*

Le contusioni della parete toracica sono legate ad eventi traumatici di scarsa entità che agiscono con meccanismo diretto, determinando percussione e/o compressione del torace. Dal punto di vista clinico, raramente rappresenta un problema significativo. L'unico sintomo clinico è rappresentato dal dolore acuto, d'intensità variabile, che si esacerba durante le profonde inspirazioni, con la tosse, lo starnuto ed i movimenti del tronco. La diagnosi si pone attraverso l'attenta osservazione della regione toracica interessata per lesioni anatomiche indotte dal trauma ed attraverso la palpazione di sospette zone tumefatte. La terapia è conservativa e prevede il solo impiego di terapia antalgica. Nei casi in cui non si risolve spontaneamente, si può ricorrere ad intervento evacuativo dell'ematoma ed eventualmente all'embolizzazione del vaso interessato.

### *Fratture costali*

Le fratture costali sono più frequenti nei soggetti anziani per la progressiva riduzione dell'elasticità della gabbia toracica e per la maggiore fragilità ossea da osteoporosi. Nel 32% delle fratture costali si incontrano nelle persone con più di 60 anni ed interessano le coste dalla terza alla decima [47]. La causa più comune è rappresentata dagli incidenti stradali ed i traumi diretti alla gabbia toracica da compressione (per esempio risse).

Le fratture costali possono essere suddivise in singole o multiple, complete o incomplete, mono o bilaterali e da evento traumatico diretto o indiretto. Le fratture multiple hanno un

indice di gravità di trauma elevato. Nel trauma diretto, la forza traumatica tende a diminuire la normale curvatura delle coste provocando una frattura al punto di applicazione della forza lesiva con rottura iniziale a livello della corticale interna. Al contrario, nel trauma indiretto, la forza traumatica tende ad aumentare la normale curvatura costale provocando frattura a distanza del punto di applicazione della forza lesiva con rottura iniziale della corticale esterna.

Fratture a livello delle prime due coste sono legate a traumi con forza elevata. Questo è dovuto all'anatomia della zona. La frattura di queste coste è associata a lesioni dei grossi vasi endotoracici e/o frattura della clavicola e/o a traumatismo della spalla.

Le fratture delle coste intermedie (dalla quarta alla decima) possono essere legate a trauma diretto od indiretto, interessare la loro porzione anteriore, laterale o posteriore e possono essere associate a lesioni polmonari, pleuriche, bronchiali o cardiache. Sono le fratture che si associano spesso a turbe della meccanica ventilatoria. In caso di fratture doppie o multiple su più archi costali consecutivi, con o senza diastasi dei monconi costali, si determina la separazione funzionale della regione toracica lesa dal resto della gabbia toracica creando un difetto di meccanica respiratoria. In questo modo si realizza un lembo parietale mobile oppure volet costale (flail chest) che causa l'insorgenza di un respiro paradossale nella zona interessata dalle fratture. Da punto di vista fisiopatologico, durante il respiro, il lembo mobile si muove in direzione opposta dal resto della gabbia toracica e questo movimento determina un aumento del lavoro respiratorio che, in associazione alla stasi di secrezione dal dolore ed allo sbandieramento degli organi mediastinici dovuto all'alterazione della pressione endotoracica, risulta ad una insufficienza respiratoria, spesso di grado severo.

Le fratture delle ultime coste (undicesima e dodicesima) sono rare causa la loro mobilità, sono imputabili solo a meccanismo traumatico indiretto e possono associarsi a lesioni renali, spleniche ed epatiche. In questi casi, il trattamento delle lesioni associate è di prima importanza.

La diagnosi di frattura costale può essere sospettata clinicamente. Di solito, la manifestazione clinica della frattura corrisponde al dolore locale che aumenta con gli atti del respiro. Altri segni clinici associati a fratture costali includono dolore alla palpazione o pressione, ecchimosi e spasmo muscolare. Inoltre, la compressione della costa coinvolta lontano dal sito

della lesione solitamente produce dolore al sito di frattura [29,48]. La diagnosi definitiva avviene con la radiografia del torace in proiezione obliqua (proiezione per visualizzare le coste). Tuttavia, la presenza o l'assenza di fratture costali di per sé è di limitata importanza clinica perché il valore principale della radiografia è di individuare l'associazione di eventuali lesioni pleuriche oppure polmonari [49,50].

La terapia delle fratture costali deve essere focalizzata su tre aspetti fondamentali: il controllo del dolore, la profilassi e la terapia delle secrezioni bronchiali e il trattamento del lembo parietale mobile e delle sue complicazioni.

Il trattamento analgesico è importante indipendentemente il numero ed il tipo di fratture ed è proporzionale all'entità delle lesioni. In questo modo il traumatizzato può effettuare respiri profondi ed eliminare le secrezioni bronchiali attraverso la tosse. Nella maggioranza delle fratture, la terapia antalgica può essere prescritta e somministrata per via domiciliare. Al contrario, nei pazienti con fratture più gravi, il ricovero ospedaliero può essere necessario per poter essere sottoposto a tecniche analgesiche invasive, ossigenoterapia, ventilazione e fisioterapia respiratoria [48].

La presenza di secrezioni bronchiali post traumatiche è correlata ad una inadeguata espettorazione dovuta all'incapacità del paziente a tossire per la presenza di dolore. Pertanto, la terapia antalgica è considerata una valida profilassi nei confronti di questa problematica. L'inadeguata espettorazione e l'accumulo di secrezioni nell'albero bronchiale favorisce i fenomeni di atelectasia con ipoventilazione regionale e costituisce un ottimo terreno per la crescita di batteri con possibile sviluppo di infezioni polmonari. La terapia contro il ristagno di secrezioni bronchiali include la somministrazione di farmaci mucolitici, la fisioterapia respiratoria e, quando necessario, l'aspirazione delle secrezioni mediante fibrobroncoscopia. In alcuni casi può essere utile aggiungere la somministrazione preventiva di antibiotici di largo spettro (per esempio, in pazienti ricoverati in terapia intensiva/rianimazione) e l'uso di ossigenoterapia per trattare oppure prevenire l'ipossiemia.

Una categoria particolare, da punto di vista terapeutico, è costituita dai i pazienti con diagnosi di volet costale. In questi casi, al trattamento antalgico ed alla toilette della via aerea si deve aggiungere la stabilizzazione mediante medicazione compressiva, la ventilazione meccanica

non-invasiva oppure invasiva e la stabilizzazione chirurgica mediante trazione esterna oppure fissazione interna attraverso il posizionamento delle agrafes di Judet. Nella stabilizzazione mediante medicazione compressiva è importante di evitare il bendaggio stretto del torace perchè peggiora la meccanica ventilatori non permettendo al paziente di eseguire respiri profondi (immobilità della gabbia toracica) e favorendo, in secondo momento, il ristagno di secrezioni bronchiali e l'atelectasia del parenchima polmonare.

Nelle fratture semplici, la stabilizzazione chirurgica è possibile ma viene raramente eseguita in quanto il quadro clinico si risolve con il riposo e la medicazione compressiva. Nel lembo parietale mobile, la stabilizzazione chirurgica è indicata nei pazienti che non rispondono alla terapia antalgica, che hanno bisogno di ventilazione meccanica prolungata ed, in caso, che l'intervento chirurgico si renda necessario per la presenza contemporanea di lesioni parenchimali [46,51].

### *Fratture sternali*

Le fratture dello sterno rappresentano l'8% dei ricoveri per trauma toracico. Le cause principali sono gli incidenti automobilistici, le cadute o i colpi diretti. Le fratture sternali negli incidenti automobilistici sono in aumento da quando la cintura di sicurezza è diventata obbligatoria dalla legge; la causa della frattura si riconosce al meccanismo di accelerazione e rapida decelerazione, particolarmente nei casi di assenza oppure malfunzionamento degli airbag [52], oppure nei casi di colpo diretto sul volante in assenza di cintura di sicurezza (si accompagnano altri traumi). L'ammissione in ospedale e l'eventuale ricovero sono giustificate per la gestione del dolore sternale ed il trattamento delle complicazioni e lesioni concomitanti [53,54]. Il traumatizzato può provare dolore associato o no a dispnea, edema oppure ematoma locale e deformità sternale (segno dello scalino).

Utile nella diagnosi definitiva è la radiografia latero-laterale (sternale) del torace con la quale si evidenzia il tipo (dislocazione o no dei monconi sternali) ed il punto della frattura sternale. È importante ricordarsi che le fratture sternali, anche se hanno una buona prognosi, possono essere associate ad traumi di altri organi o sistemi pericolosi per la vita. La presenza di una frattura sternale implica un trauma significativo al torace anteriore con trasferimento di alta energia e questo meccanismo è la base delle eventuali lesioni intratoraciche. Queste lesioni

sono principalmente la contusione miocardica, la rottura del miocardio, la perforazione esofagea, le lesioni delle vie aeree e la rottura dell' aorta toracica; possibile l'instaurarsi di ematoma retrosternale oppure altre fratture delle strutture ossee viciniori (scapola, clavicola, vertebre dorsali). Le lesioni mediastiniche associate sono meglio diagnosticate con la tomografia computerizzata del torace [49,51]. L'ecordiogramma può avere un ruolo importante per escludere in tempo precoce una lesione cardiaca ed identificare la presenza di versamento pericardico ed eventualmente trattare un tamponamento cardiaco imminente.

Le fratture isolate dello sterno hanno bassa morbilità e mortalità e non richiedono alcun trattamento chirurgico. Alcuni autori suggeriscono che in caso di frattura isolata dello sterno con normale ecordiogramma e senza alterazione degli enzimi miocardio-specifici, la prognosi è buona e che questi pazienti devono essere ricoverati sotto osservazione per 24 ore prima della dimissione dall'ospedale [55]. Il trattamento principale è una adeguata analgesia che può essere praticata a domicilio, secondo necessità. Di solito, la guarigione completa della frattura sternale richiede settimane per cui è altamente raccomandata una buona analgesia durante questo periodo [56]. L'indicazione al trattamento chirurgico è rara ed è posta per ottenere una adeguata analgesia oppure per miglioramento cosmetico quando la deformità ossea persiste. Nella fase acuta del trauma, la stabilizzazione chirurgica è giustificata quando si associa lo spostamento anteriore o posteriore di un frammento sternale oppure quando causa una insufficienza respiratoria. La stabilizzazione chirurgica avviene mediante posizionamento di placchette metalliche con o senza interposizione di frammento osseo autologo che favoriscono la corretta ossificazione del piastrone sternale [57].

## LESIONI DEL PARENCHIMA POLMONARE

La frequenza delle lesioni parenchimali varia rispetto il tipo di trauma; nei traumi chiusi è stimata al 17-35%, mentre nei traumi aperti raggiunge il 70-95% [58]. Lo spettro delle lesioni parenchimali dopo trauma toracico varia dalla contusione polmonare, alla lacerazione parenchimale ed all'ematoma intra-parenchimale. La contusione polmonare rappresenta la lesione più comune (10-20% degli adulti ricoverati per trauma toracico) ed è caratterizzata dall'emorragia interstiziale e alveolare accompagnata da edema. Le cause traumatiche più

comuni sono gli incidenti stradali con impatto diretto al petto che facilmente causa danni ai polmoni. Traumi da arma da fuoco o bianca possono provocare lesioni polmonari significative [24,59]. Il meccanismo di trauma si può riassumere in traumatismo diretto da fratture costali e traumatismo indiretto dovuto al cambiamento veloce della pressione endotoracica da compressione esterna della gabbia toracica oppure alla lesione parenchimale al punto opposto del parenchima che ha ricevuto la forza traumatica (tipo “contraccolpo”). Generalmente, questo tipo di lesioni non hanno un quadro clinico caratteristico, ma possono andare da pneumotorace e/o emotorace all’insufficienza respiratoria acuta.

### *Contusione polmonare*

La contusione polmonare è la lesione più comune nel trauma toracico. La frequenza riportata in letteratura varia dal 30% al 75% dei pazienti con significativo trauma toracico chiuso senza fratture costali, mentre raggiunge il 75% dei traumatizzati con volet costale. Inoltre, rappresenta la lesione più comune nell’età pediatrica [29,32].

Il meccanismo della lesione è solitamente rappresentato dall’improvvisa decelerazione come avviene in un incidente automobilistico con il petto che colpisce il volante, oppure in una lesione da esplosione oppure dopo una caduta da altezza. Nonostante le contusioni polmonari sono generalmente associate a danno della gabbia toracica, possono essere isolate e senza evidenza di fratture costali. I meccanismi attraverso i quali si sviluppa si possono riassumere in compressione della parete toracica sul sottostante parenchima polmonare, compressione dei lobi inferiori sulla colonna vertebrale, lacerazioni parenchimali periferiche dovute a fratture costali e dislocamento del polmone con rottura di aderenze pleuro-parenchimali. Il trauma genera lesioni in rapporto al rapido trasferimento di energia cinetica alla gabbia toracica ed agli organi endotoracici, i quali vengono sottoposti a brusche variazioni di pressione. Questo meccanismo giustifica l’affermazione che la gravità della contusione polmonare è direttamente proporzionale alla variazione di pressione endotoracica e pertanto è funzione della forza traumatica e della deformazione che questa imprime alla gabbia toracica. È evidente che la contusione polmonare è più frequente e grave nei soggetti giovani causa la parete toracica elastica rispetto agli anziani con parete toracica rigida.

Wagner e colleghi hanno suggerito che la fisiopatologia di una contusione polmonare si basa all'emorragia degli spazi alveolari adiacenti, piuttosto che alle lesioni della parete capillare degli alveoli stessi [60]. Fondamentalmente, una contusione polmonare è lo stravasamento traumatico di sangue nel parenchima del polmone non accompagnato dalla rottura del tessuto adiacente. L'impatto diretto provoca rottura di piccoli vasi e di alveoli, che conduce all'emorragia interstiziale e alveolare, e l'edema. Presto dopo l'infortunio interviene una reazione flogistica, responsabile dell'edema lesionale che inizialmente interessa le regioni traumatizzate ma può estendersi anche al polmone controlaterale. Ciò altera la compliance regionale e la resistenza delle vie aeree regionali, che risulterà in un importante mismatch locale di ventilazione-perfusione che progredisce oltre le 24-48 ore [51,61]. La riparazione del danno parenchimale può necessitare dai tre giorni a settimane in funzione dalla gravità del quadro anatomico e del fatto che il parenchima polmonare ha una scarsa capacità di granulazione dovuto alla struttura spugnosa che esso ha.

Le contusioni polmonari si possono dividere in due tipi: le contusioni polmonari semplici e le contusioni polmonari con insufficienza respiratoria. Le prime presentano singoli focolai emorragici in zone ben localizzate del parenchima polmonare, solitamente al punto della forza esercitata oppure al punto completamente opposto. La sintomatologia clinica è scarsa e, di solito, viene mascherata dalla presenza di sintomatologia di altre lesioni concomitanti. Alla radiografia del torace si può evidenziare una zona ben circoscritta di infiltrazione parenchimale che può interessare anche un lobo intero. In questo caso, la prognosi è favorevole e la guarigione completa può avvenire entro alcuni giorni con la sola terapia di supporto (ossigenoterapia). Importante è il monitoraggio dei gas ematici perché si può evolvere in insufficienza respiratoria. Le contusioni polmonari con insufficienza respiratoria sono il risultato di un trauma toracico importante. La sintomatologia è caratteristica dell'evoluzione peggiorativa a livello della funzione respiratoria e cardiocircolatoria. Sono evidenti striature ematiche nell'espettorato (emottisi), tachipnea, dispnea e tachicardia con ipotensione, ma anche il quadro di ARDS oppure dello shock (pallore cutaneo, sudorazione algida profusa, ecc).

Clinicamente, l'ipossia e l'insufficienza ventilatoria si sviluppano entro 24-48 ore, anche se i cambiamenti funzionali possono verificarsi in tempi molto più brevi in base all'estensione

della lesione che aggrava il processo [62]. I sintomi possono essere completamente assenti o possono essere mascherati da altre lesioni. Il dolore non è un sintomo caratteristico prominente, tranne in relazione alle altre lesioni. L'emottisi si verifica nel 50% dei casi e può essere presente febbre lieve. La sensazione di mancanza di respiro può svilupparsi in presenza di grave contusione. La radiografia standard del torace, inizialmente, può essere normale oppure mostrare la presenza di infiltrati alveolari causati dall'emorragia intralveolare che alla TC sono evidenziati come addensamenti polmonari. Esiste una notevole differenza tra lesioni anatomiche polmonari ed immagine radiografica, poiché quest'ultima fornisce una stima inferiore dell'entità delle lesioni. Il reperto radiografico può essere normale finché la lesione non interessa il 30% del parenchima polmonare. Attualmente, la TC rappresenta l'indagine strumentale che permette la migliore valutazione quantitativa e qualitativa del danno contusivo polmonare.

Il trattamento è di tipo conservativo [63] con somministrazione di ossigeno al fine di ottenere una saturazione arteriosa superiore del 90%. Un'altro aspetto importante riguarda la terapia analgica e la fisioterapia respiratoria che permettono di mobilizzare ed eliminare le secrezioni bronchiali. Inoltre, si può ricorrere alla somministrazione profilattica di antibiotici, ma anche di steroidi per ridurre l'edema perilesionale che, però, non esiste abbastanza evidenza per il beneficio di questo trattamento in caso di lesioni massive è necessario ricorrere alla ventilazione non invasiva oppure meccanica. Secondo il protocollo dell'ATLS, i pazienti con insufficienza respiratoria importante ( $PaO_2 < 65$  mm Hg,  $SaO_2 < 90\%$ ) dovrebbero essere intubati e ventilati meccanicamente entro la prima ora dal trauma.

La prognosi delle contusioni polmonari isolate e non complicate è in genere favorevole. La presenza di una contusione polmonare insieme con un punteggio di "severity score" maggiore del 65 è stata identificata come il fattore di rischio più importante per lo sviluppo di ARDS [64]. La mortalità dopo una contusione polmonare isolata è bassa, ma sale a raggiungere il 50% quando viene combinata con altre lesioni gravi [65]. I fattori clinici che predispongono alla mortalità dopo una contusione polmonare includono l'età del paziente, il volume infuso durante la rianimazione e la severità della ferita del parenchima polmonare, misurata dal rapporto di  $PaO_2$  alla frazione di ossigeno inspirato ( $F_{iO_2}$ ) a 24 e 48 ore dopo il trauma toracico [66].

### *Lacerazione polmonare*

Le lacerazioni polmonari sono di solito il risultato di un trauma aperto nel 6% dei casi e di un trauma chiuso (soprattutto in presenza di incidenti stradali da alta velocità) nel 2% dei casi [67]. Loro sono delle soluzioni di continuo del parenchima polmonare che interessa anche la pleura viscerale con la formazione di pneumotorace oppure di emo-pneumotorace in caso di sanguinamento importante. La lacerazione polmonare dopo trauma toracico aperto è dovuta al traumatismo diretto da colpo d'arma da fuoco oppure da arma bianca. Al contrario, nei traumi toracici chiusi, l'alta forza di colpo sulla gabbia toracica determina la frattura di una o più coste i cui monconi possono lacerare le pleure ed il parenchima polmonare sottostante. Raramente, l'elevata energia trasmessa sulla gabbia toracica esercita un effetto di violenta compressione che di conseguenza innalza la pressione endopolmonare (senza fratture costali); in questo modo si crea un'ematoma intrapleurico che a volte interoppe la continuità della pleura viscerale liberando aria e/o sangue nello spazio interpleurico. I soggetti predisposti a questo meccanismo di lesione toracica sono i giovani per l'elasticità del loro scheletro toracico.

Le lacerazioni polmonari presentano una sintomatologia più o meno specifica rispetto all'estensione del danno. Le lacerazioni isolate oppure di scarsa consistenza anatomica sono asintomatiche oppure presentano sintomi poco significativi come il dolore puntorio localizzato e la tosse accompagnata da emoftoe. In caso di danno importante oppure esteso, la sintomatologia è caratteristica delle complicazioni come pneumotorace, emotorace con anemia acuta (che può risultare allo shock emorragico), enfisema mediastinico e subcutaneo e/o emorragia delle vie respiratorie con emottisi [61].

La diagnosi è solo anatomica e si può ipotizzare dopo la conoscenza del meccanismo del trauma toracico. Le indagini strumentali non mostrano lesioni dirette del parenchima polmonare ma le conseguenze della lacerazione. La certezza si può avere solo mediante l'esplorazione toracica mediante videotoroscopia oppure toracotomia.

Nei casi che la lacerazione polmonare è minima senza complicazioni, la terapia adeguata è solo di supporto e nessun intervento chirurgico è richiesto. Quando sono presenti delle conseguenze dovute alla lacerazione del parenchima, il trattamento di scelta è inizialmente il

posizionamento di un tubo di drenaggio per evacuare l'aria e/o sangue dall'emitorace. In caso di pneumotorace permanente oppure di sanguinamento importante, l'intervento chirurgico è mandatorio e consiste nella toilette del cavo pleurico oppure nella resezione del parenchima polmonare con tecniche di preservazione di parenchima polmonare. Le resezioni anatomiche (lobectomia oppure pneumonectomia) si devono evitare e si devono usare solo in caso che sono state esaurite tutte le altre misure per salvare il parenchima polmonare.

### *Ematoma polmonare*

L'ematoma polmonare compare nel circa il 10-14% dei soggetti con trauma toracico chiuso e rappresenta l'esito di una lacerazione intraparenchimale ed in particolare, della rottura di vasi intraparenchimali di piccolo calibro. Il trauma toracico aperto è sempre accompagnato dall'ematoma polmonare, che a volta è la conseguenza di una semplice rottura di un'arteria bronchiale o di un suo ramo.

Alla radiografia del torace si evidenzia inizialmente una lesione sfumata e livello polmonare che dopo pochi giorni si trasformerà in una opacità rotonda e omogenea ("coin lesion") che si può confondere ad una lesione neoplastica. La terapia è solitamente conservativa e l'ematoma regredisce nell'arco di 2 settimane a 3 mesi. L'intervento chirurgico è riservato a quei casi in cui siano presenti complicazioni in grado di compromettere i parametri vitali del paziente oppure quando si deve fare diagnosi differenziale con un processo neoplastico.

## LESIONI TRACHEO-BRONCHIALI

Le lesioni tracheo-bronchiali sono rare, ma quando presenti sono potenzialmente pericolose per la vita causando la morte per asfissia. La vera incidenza di rottura tracheale e bronchiale è difficile da stabilire. Si stima che solo il 0,5% di tutti i pazienti con lesioni multiple presenta lesioni tracheo-bronchiali [68,69], mentre loro rappresentano il 0.5 – 2% di tutti i traumi del torace [70]. Di solito, si verificano dopo impatto ad alta energia e sono associati con traumatismo di altri organi vitali [71]. La loro incidenza è uguale nei traumi chiusi e nei traumi aperti del torace. Nel più dell'80% delle lesioni tracheobronchiali da trauma chiuso, la lesione si verifica a carico di uno dei due bronchi principali a breve distanza dalla carena (a distanza

inferiore di 2,5 cm dalla carena) [72], possono coinvolgere la trachea intratoracica oppure i bronchi principali e solo il 4% coinvolge la trachea cervicale [73]. Al contrario, le lesioni cervicali penetranti coinvolgono le vie respiratorie dal 3% all'8%. Le lesioni penetranti del torace coinvolgono prevalentemente la trachea cervicale, con solo il 25% delle ferite penetranti che coinvolge le vie aeree intratoraciche [74].

È importante sottolineare che la struttura anatomica della via aerea è correlata con la presenza ed il tipo di lesione provocata. La struttura elastica e sufficientemente mobile della trachea e dei bronchi principali, associate all'effetto protettivo della mandibola a livello cervicale e dello sterno a livello toracico, fanno sì che solo traumi di notevole entità possono alterarne l'integrità. Questa caratteristica relazione tra anatomia della via aerea e trauma si riconosce nei traumi dei bambini.

L'evento traumatico può causare lesioni con meccanismo patogenetico diretto e/o indiretto. Quando la lesione è il risultato di un trauma chiuso, il meccanismo d'azione della lesione può essere di tre tipi [75,76]:

- Aumento improvviso della pressione all'interno della via aerea con la glottide chiusa al momento dell'impatto, causa della forte compressione esterna del polmone, trachea e bronchi principali tra lo sterno e la colonna vertebrale durante il trauma. Quando la pressione endoluminale supera l'elasticità della membranosa trachea e bronchi, e con l'associazione dello spasmo diaframmatico, si può verificarsi la rottura di piccoli bronchioli, dei bronchi oppure della trachea. La rottura sotto queste circostanze si verifica più comunemente al punto di incontro della pars membranacea con la pars cartilaginea oppure tra anelli cartilaginei. Questo è il tipo di meccanismo più comune.
- Violenta decelerazione che crea forze di taglio ai punti di fissazione della via aerea ed, in particolare, a livello della cartilagine cricoidea ed a livello della carina, simile alle lesioni traumatiche da decelerazione dell'aorta toracica. Negli incidenti stradali, le brusche decelerazioni possono essere associate ad iperestensione del collo (colpo di frusta cervicale) dove la trachea cervicale subisce forze di trazione oppure si schiaccia contro il volante od il cruscotto del veicolo, che possono risultare a sua

rottura. Quest'ultimo meccanismo lesivo della trachea cervicale è tipico negli incidenti automobilistici dove la persona traumatizzata non porta la cintura di sicurezza.

- Improvvisa diminuzione del diametro antero-posteriore della gabbia toracica con aumento del diametro latero-laterale dovuti a forze compressive al torace. Poichè i polmoni rimangono a contatto con la parete toracica a causa della pressione negativa intrapleurica, loro si appiatiscono e la loro dislocazione laterale produce tensione sulla trachea a livello della carena. Se questa forza laterale supera l'elasticità tracheobronchiale, si verifica l'interuzione della via aerea. Questo meccanismo di lesione si riscontra ai bambini dove l'elevata elasticità della gabbia toracica ne favorisce la rottura.

Un meccanismo lesivo diverso è costituito dai traumi iatrogeni durante anovre terapeutiche e/o diagnostiche come la broncoscopia rigida e l'intubazione oro-tracheale che provocano lesioni a livello della giunzione tra pars membranacea e pars cartilaginea.

Indipendente del meccanismo lesivo oppure la localizzazione anatomica delle lesioni, la diagnosi precoce è il singolo fattore più importante che influenza il risultato. Questo, necessita un alto indice di sospetto quando sono presenti possibili meccanismi lesivi. Nel trauma, le lesioni respiratorie sono la prima priorità nella valutazione iniziale del paziente, come è descritto dal tradizionale ABC della rianimazione delineato da American College of Surgeons [77]. La sintomatologia sospetta per rottura della via aerea ha un ampio spettro e si manifesta in diversa combinazione. La dispnea e l'insufficienza respiratoria sono sintomi frequenti, che si verificano nel 76% al 100% dei pazienti [78,79,80]. Sintomo comune è la raucedine o disfonia che si riscontra in più del 45% secondo alcuni studi [80]. Segni comuni possono essere l'enfisema sottocutaneo (35%-85%), l'emottisi (14%-25%) ed il pneumotorace (20%-50%), che difficilmente è controllabile con il posizionamento di un tubo di drenaggio [70,78,79,80,81]. In caso di lesione penetrante al collo, la perdita di aria dal trauma costituisce un segno tipico di lacerazione della via aerea che si presenta nel 60% dei paziente con rottura della trachea cervicale [82].

La radiografia standard del torace è utile per documentare alcuni dei segni di lesione della via aerea (per esempio il pneumotorace persistente oppure il pneumomediastino). L'atelectasia, l'assenza della visualizzazione dell'ilo polmonare e il collasso parenchimale lontano dall'ilo polmonare e verso il diaframma sono segni indiretti di rottura completa di un bronco principale (segno di Kumpe) [83,84]. La diagnosi definitiva deve essere posta solamente dopo visualizzazione diretta della lacerazione tramite controllo broncoscopico a fibre ottiche [85]. In questo modo, si può avere una valutazione accurata e complessiva rispetto a livello della lesione, la dimensione ed il tipo di lesione che sarà utile per pianificare il metodo terapeutico da seguire.

La gravità clinica varia in relazione all'entità della lesione, alle condizioni cardio-respiratorie ed alla possibile coesistenza di altre lesioni organiche. Lesioni di piccola entità è possibile trattarle in modo conservativo, mentre ampie lacerazione possono risultare in insufficienza respiratoria acuta, medistinite, empiema pleurico, fistola esofago-bronchiale o fistola bronco-pleurica. Questo significa che il trattamento tempestivo risulterà alla guarigione completa [85].

La chirurgia è sicuramente il trattamento di scelta e, nella maggior parte dei casi, ha una indicazione d'urgenza [76]. In questo aspetto è importante prestare attenzione al trattamento iniziale che riguarda il mantenimento della via aerea, cioè l'intubazione. Con l'intubazione oro-tracheale, si cercherà di escludere il punto di lesione della via aerea per mantenere una ventilazione effettiva. Attenzione si deve prestare al posizionamento del tubo endotracheale di non passare attraverso la lesione oppure un lume falso ai tessuti molli [29]. Le vie d'accesso per la riparazione delle lacerazioni isolate sono diverse e dipendono dal livello della lesione. A volte è necessario combinare più approcci chirurgici per poter ottenere un'esposizione adeguata. L'approccio migliore per i primi due terzi della trachea è mediante una cervicotomia a collare che permette di avere un'ottima esposizione della trachea cervicale, i vasi del collo e l'esofago cervicale, in caso di lesioni associate a queste strutture. L'estensione dell'incisione cervicotomica in basso (a forma di T) dividendo il manubrio sternale (split sternale) permette di visualizzare l'apertura toracica superiore, avere una migliore esposizione del terzo medio tracheale e poter controllare l'arteria e la vena anonima. Lesioni del bronco principale di sinistra sono meglio approcciati mediante una toracotomia sinistra. La toracotomia destra è utile per raggiungere il terzo distale della trachea, la carena, il bronco principale di

destra e l'esofago toracico. L'uso della sternotomia mediana non è utile perchè la via aerea è difficilmente esposta a causa degli organi mediastinici (arco aortico, cuore e grossi vasi epiaortici). La riparazione chirurgica deve avere lo scopo di riparare la lesione, ripristinare la continuità della via aerea e preservare il più parenchima polmonare possibile. È consigliabile che la sutura tracheale o bronchiale viene protetta dall'interposizione di un lembo di pleura parietale, pericardio, tessuto adiposo pericardico oppure muscolo intercostale inizialmente preparato.

## LESIONI DELLA PLEURA

### *Pneumotorace traumatico*

Il termine pneumotorace traumatico è stato usato per la prima volta da Itard nel 1803 per descrivere cinque casi che presentavano aria tra i foglietti pleurici dopo trauma [86]. Si tratta di una patologia che deve essere sempre sospettata nei pazienti con trauma toracico, sia aperto che chiuso.

Causa del pneumotorace è la rottura diretta oppure indiretta di organi e/o strutture che contengono aria (parenchima polmonare, trachea, esofago) e della pleura viscerale o mediastinica con conseguente liberazione di aria nel cavo pleurico. Il meccanismo lesivo responsabile può essere multiplo:

- lacerazione parenchimale dall'esterno oppure dai monconi di coste fratturate,
- lacerazione di aderenze pleuro-parenchimali dopo rapida decelerazione con dislocamento del polmone,
- aumento improvviso della pressione endoalveolare e/o endobronchiale a glottide chiusa che supera il limite di elasticità e resistenza della pleura viscerale, con rottura a scoppio di una "blebs" subpleurica oppure di una vera e propria bolla di enfisema. Lo stesso meccanismo lesivo si ha in caso di pneumotorace da rottura di trachea, bronchi e/o esofago,
- lesione della parete toracica aperta, che include la pleura parietale e senza danno parenchimale.

Il pneumotorace traumatico può essere unilaterale oppure bilaterale con una leggermente maggiore incidenza a sinistra [87]. Dal punto di vista fisiopatologico e clinico si divide in pneumotorace *aperto*, *chiuso* ed *iperteso*.

- Il *pneumotorace aperto* (oppure normoteso) è dovuto ad una comunicazione diretta del cavo pleurico con l'esterno con oppure senza lesione di organi e/o strutture intratoraciche. Questo tipo di trauma toracico è tipico durante la guerra, mentre si presenta raramente nei periodi di pace. Il meccanismo traumatico responsabile è generalmente rappresentato dalle lesioni da arma bianca oppure da fuoco, ma anche da incidenti gravi come l'espulsione da un autoveicolo, la caduta su un oggetto appuntito e da lesioni trafittive da machina agricola od industriale. In questo tipo di pneumotorace, aria entra ed esce ad ogni atto respiratorio mantenendo in equilibrio la pressione intrapleurica con la pressione atmosferica. La dinamica respiratoria non sarà sottoposta a squilibri notevoli ed il mediastino e le sue strutture saranno sottoposte a continuo movimento da un lato all'altro (movimento paradossale) in relazione alla quantità di aria che passa attraverso la soluzione di continuo.
- Il *pneumotorace chiuso* è quando non esiste una comunicazione del cavo pleurico con l'esterno. È dovuto ad una piccola lacerazione del parenchima polmonare, solitamente il risultato di una frattura costale anche non scomposta od evidente oppure dell'aumento della pressione intralveolare. Non ha i caratteri del collasso polmonare totale, poichè si determina la chiusura spontanea della comunicazione. Pertanto il rifornimento di aria è limitato nel tempo e la pressione endopleurica è sempre al di sotto di quella atmosferica. In queste condizioni, si verifica una limitata alterazione della funzionalità respiratoria con cambiamento dei parametri emodinamici poco significativo. In caso che il pneumotorace è associato ad atelectasie importanti (anche da altre cause come l'ostruzione bronchiale da secrezioni) si possono avere delle gravi ripercussioni sulla funzionalità cardiorespiratoria.
- Il *pneumotorace iperteso* (oppure a valvola) rappresenta la condizione fisiopatologica più grave dovuta all'accumulo continuo e progressivo di aria nel cavo pleurico. Ad ogni atto respiratorio, l'aria entra durante l'inspirazione in quantità maggiore di quanto ne esca durante l'espirazione creando un meccanismo a valvola.

La causa di questo tipo di pneumotorace è rappresentata dalla lacerazione polmonare oppure dalla rottura dell'albero bronchiale (trachea o bronchi) oppure dalla rottura esofagea oppure dalla lesione di parete toracica con meccanismo a valvola. Dal punto di vista fisiopatologico, la aria che entra e si accumula nel cavo pleurico provoca un progressivo aumento della pressione intrapleurica con collasso totale del parenchima polmonare e grave ripercussioni cardiorespiratorie. Il mediastino si sposta verso il lato opposto con compressione delle vene cave, riduzione del ritorno venoso cardiaco, aumento delle resistenze polmonari e riduzione della capacità vitale del polmone indenne.

Tutti i tre tipi di pneumotorace possono presentarsi in modo lieve, ma aggravarsi in seguito. Causa di questa evoluzione può essere la tosse, che aumenta la pressione endotoracica, e l'intubazione oppure la ventilazione a pressione positiva, che può aumentare le perdite di aria dal parenchima polmonare.

Il quadro clinico del pneumotorace traumatico varia in relazione del tipo di pneumotorace. I sintomi possono essere assenti oppure mascherati dalle condizioni generali del traumatizzato. Il dolore toracico d'intensità variabile, spesso irradiato alla spalla ed al dorso omolaterale, è il sintomo comune. Solitamente, il collasso del parenchima polmonare è accompagnato da dispnea, segno di insufficienza respiratoria. La dispnea è anche legata alla sintomatologia algica. Segni importanti della gravità del pneumotorace sono l'enfisema sottocutaneo, il turgore delle giugulari e la riduzione oppure assenza totale di muemure vescicolari. Questi segni indicano la presenza di un pneumotorace iperteso con sbandieramento del mediastino che comporterà un quadro clinico di insufficienza respiratoria acuta caratterizzata da cianosi, tachicardia ed ipotensione arteriosa fino allo shock e l'exitus del paziente (se il pneumotorace non viene trattato tempestivamente).

La diagnosi iniziale avviene con l'esame obiettivo del torace. La radiografia del torace è l'esame strumentale che confermerà il sospetto semeiologico. In caso di pneumotorace aperto, la diagnosi è facilitata dalla fuoriuscita di aria attraverso la ferita toracica. Il trattamento di scelta consiste nel posizionamento di un tubo di drenaggio pleurico. Questa procedura è mandatoria in caso di pneumotorace aperto, mentre deve essere accompagnata dalla chiusura della ferita toracica aperta in caso di pneumotorace chiuso. L'intervento chirurgico è

consigliato in caso di perdite aeree prolungate, contemporanea presenza di emotorace oppure trattamento di altra lesioni legate al trauma toracico.

### *Emotorace traumatico*

Emotorace traumatico si definisce la presenza di sangue nella cavità pleurica dopo trauma toracico, aperto oppure chiuso. Secondo la quantità di sangue presente, l'emotorace si classifica in **minimo** (<350 ml), **medio** (350 – 1500 ml) e **massivo** (>1500 ml).

L'emotorace è il risultato della rottura di un vaso intercostale (arterioso o venoso) o mammario, della lacerazione del parenchima polmonare, della rottura di un grosso vaso del torace (aorta, vena cava) oppure del cuore e di una frattura costale. La quantità di sangue extravasato dipende dal tipo di vaso leso e dalla sua posizione. In caso di emotorace lieve o moderato, il sanguinamento si auto-limita dopo il drenaggio pleurico e la completa riespansione del parenchima polmonare. Nei traumi aperti, la causa dell'emorragia può essere dedotta dall'oggetto traumatizzante, dalla direzione del colpo, dalla localizzazione della ferita di entrata e di uscita e dal colore del sangue. In caso di lacerazione vasale, si deve tener presente che quando esso si trova nella parete toracica, diaframma o mediastino, l'emorragia tende ad aumentare nonostante la quantità di sangue presente. Al contrario, quando l'emorragia è di origine polmonare (la causa più comune), essa è auto-limitata dall'espansione del parenchima polmonare (tamponamento vascolare contro la parete toracica) a meno che non vi è una lacerazione importante [29,88].

L'emotorace traumatico può essere difficile da rilevare. I pazienti possono perdere rapidamente il 30 – 40% del loro volume di sangue nella cavità pleurica interessata. Questo evento può risultare nello shock ipovolemico della vittima. Lo shock può essere presente anche da tamponamento cardiaco da rottura di cuore oppure di un grosso vaso endopericardico e si differenzia dallo shock ipovolemico dall'assenza di turgore delle vene giugulari [25,89].

La sintomatologia dell'emotorace traumatico dipende dalla quantità di sangue perso. In caso di emorragia lieve può essere completamente assintomatico oppure nascosto dalla sintomatologia generale del traumatizzato oppure, in casi gravi, può determinare variazioni emodinamiche (dall'anemia ed ipovolemia), ematologiche e respiratorie (dall'anemia e dalla

compressione parenchimale). Sintomi come il dolore toracico, l'anemia, l'ipotensione arteriosa, la tachicardia, lo shock, la dispnea, la tachipnea e l'insufficienza respiratoria si manifestano con raccolte ematiche superiori a 500 ml.

Tutti i traumi aperti oppure chiusi ma severi sono sospetti di un emotorace. All'esame obiettivo, i reperti simili alla presenza di versamento pleurico sono caratteristici. La diagnosi si conferma con la radiografia standard del torace tenendo presente che in presenza di minima quantità di sangue, essa può essere negativa. La tomografia computerizzata del torace è utile per identificare piccole quantità di sangue nel cavo pleurico, ma il suo ruolo importante è nel identificare la causa del sanguinamento oppure la presenza di lesioni associate all'emotorace. La diagnosi di natura avviene solo dopo il posizionamento di un tubo di drenaggio pleurico.

Il trattamento dell'emotorace traumatico è duplice (medico e chirurgico). Il trattamento medico consiste nella terapia dell'insufficienza respiratoria e dello shock. Pertanto, è possibile l'uso di ossigeno per trattare il deficit ventilatorio, la somministrazione di emoderivati per contrastare l'ipovolemia dell'emorragia massiva, ed eventualmente la somministrazione di farmaci inotropi positivi per evitare l'insorgenza dello stato di shock. La terapia chirurgica dipende dalla quantità di sangue presente nel cavo pleurico e consiste nel:

- Posizionamento di un tubo di drenaggio pleurico. È il trattamento di scelta nella maggioranza di casi che permette di individuare la natura e la quantità del versamento pleurico. Nel circa 85% dei casi, l'emorragia si auto-limiterà, ma nel circa 20% dei pazienti, sangue coagulato rimarrà nel cavo pleurico. In caso di coaguli oppure emorragia non risolta, l'intervento chirurgico è mandatorio [51].
- Intervento chirurgico di toracotomia oppure toracosopia. L'intervento chirurgico è necessario nel circa 15% - 20% dei pazienti con emotorace traumatico. Di questi pazienti il trattamento chirurgico può essere immediato oppure avvenire in secondo tempo. La quantità di sangue drenata è fondamentale nella decisione. La toracotomia esplorativa è consigliata in caso di emotorace superiore a 1500 ml oppure di perdite ematiche superiori a 150 - 200 ml a ora per più di 10 ore indipendentemente dal tipo e/o causa di trauma toracico. Al contrario, la toracotomia di emergenza ha delle precise indicazioni, anche se il suo uso è in aumento negli ultimi anni. Si consiglia

procedere a questa tecnica nei primi 15 minuti dall'arrivo del traumatizzato al dipartimento di emergenze con l'obiettivo di risolvere un tamponamento cardiaco e controllare un'emorragia intratoracica massiva. Inoltre, si usa come manovra rianimatoria nei pazienti con arresto cardiaco (per mantenere una pressione arteriosa adeguata per la perfusione degli organi vitali) oppure con deterioramento rapido dello stato emodinamico. Si segnala che i risultati migliori si ottengono in caso di tamponamento cardiaco, mentre non esiste evidenza per il suo uso nella scena dell'evento traumatico. In riassunto, la toracotomia d'emergenza è indicata nelle seguenti condizioni [29]:

- ✓ Arresto cardiaco
- ✓ Emotorace massivo (perdita di più di 1500 ml di sangue oppure più di 200 ml a ora dopo il drenaggio pleurico)
- ✓ Ferite penetranti della parete anteriore del torace con tamponamento cardiaco
- ✓ Traumi aperti del torace di ampie dimensioni
- ✓ Traumi dei grossi vasi endotoracici
- ✓ Ferite tracheo-bronchiali importanti
- ✓ Segni di rottura esofagea

La toracosopia (VATS) rappresenta una metodica affidabile per la valutazione di lesioni diaframmatiche, il controllo di emorragie di lieve – media entità, la toilette del cavo pleurico dai coaguli e il controllo delle perdite aeree prolungate. Il suo uso è limitato ai pazienti emodinamicamente stabili [90,91,92].

## LESIONI DEL DIAFRAMMA

Le lesioni traumatiche del diaframma (trauma toracico, addominale oppure toraco-addominale) sono un'evenienza relativamente frequente nel paziente politraumatizzato [93].

Anche se queste lesioni sono più frequenti dopo traumi aperti (colpi d'arma da fuoco oppure da taglio), ultimamente si osserva un aumento della loro incidenza dopo traumi chiusi che varia dal 0.8% al 8%. Tuttavia, la loro reale incidenza è difficile da calcolare visto che, in molti casi, la rottura diaframmatica è misconosciuta, ma diventerà evidente in secondo tempo, spesso come reperto occasionale oppure dalle possibili complicanze a distanza. È evidente che il sospetto clinico ha un ruolo importante nella loro diagnosi precoce e nell'evitare di avere lesioni potenzialmente pericolose ma misconosciute [94].

La presenza di rottura diaframmatica dopo trauma chiuso è un indice di elevata forza traumatica ed un fattore predittivo per importanti lesioni associate. Le lesioni del diaframma possono essere divise rispetto al meccanismo di lesione, la sede traumatizzata, la sequenza clinica della loro manifestazione e il loro grado di severità. Quest'ultimo ha un uso pratico importante perchè permette di predire la prognosi e l'eventuale associazione con lesioni ad altri organi o sistemi.

Il meccanismo lesivo si basa su due caratteristiche fisiopatologiche del diaframma: la scarsa compliance al gradiente pressorio non uniforme e l'instensibilità del centro tendineo. Si segnala che, nella norma, il gradiente pressorio tra le due cavità è di circa 7 – 10 cm H<sub>2</sub>O, può raggiungere i 100 cm H<sub>2</sub>O durante i massimi sforzi respiratori ed arrivare a valori dieci volte superiori dopo trauma toraco-addominale. Negli incidenti automobilistici ad alta velocità, la brusca decelerazione provoca un aumento della pressione endoaddominale che si trasmette in modo non uniforme sulla superficie inestensibile del centro tendineo [96,97]. In particolare, un impatto laterale determina una lesione diaframmatica tre volte superiore rispetto all'impatto frontale. Un'altro aspetto riguarda la sede della lesione, cioè l'emidiaframma coinvolto. Sembra che la rottura diaframmatica post-traumatica è più frequente all'emidiaframma di sinistra rispetto a quello di destra (95% a sinistra, 3% a destra e circa 2% a entrambi gli emidiaframmi). Questo è dovuto all'effetto protettivo del fegato a destra che assorbe la maggior parte dell'energia d'impatto e viene lesa per primo [97]. Questo dato suggerisce che quando si ha la rottura dell'emidiaframma di destra, la forza lesiva è molto elevata e questo significherà una maggiore gravità fisiopatologica e clinica ed una più alta mortalità. Altri fattori che favoriscono la rottura del diaframma sono il temporaneo cambiamento della forma della gabbia toracica, la differenza di pressione tra la cavità pleurica e quella addominale, e la

posizione inspiratoria del diaframma e lo stomaco pieno (distensione gastrica) al momento dell'impatto.

La sede di lesione diaframmatica è variabile ma interessa più frequentemente la cupola diaframmatica ad orientamento radiale ed origine postero-laterale, in prossimità della colonna vertebrale. Raramente, la lacerazione può interessare i pilastri diaframmatici con disinserzione freno-costale posteriore (commune dopo traumi chiusi) oppure avere un decorso trasversale senza interessamento del centro tendineo. I margini della lesione possono essere netti o sfrangiati, ma che ne permettono la ricostruzione chirurgica immediata. Quando la rottura diaframmatica è ampia, è possibile la migrazione degli organi addominali (potenzialmente tutti gli organi) nella cavità toracica durante l'inspirazione, evento dovuto alla differenza pressoria tra le due caviat'a, addominale e toracica.

In base a questo evento, le lesioni traumatiche del diaframma si possono dividere in lesioni di tre fasi: *acuta*, *latente* e *ostruttiva*. La prima fase, la *fase acuta*, inizia al momento dell'evento traumatico e finisce con il ricovero delle lesioni associate. In questa fase, le lesioni diaframmatiche sono misconosciute per l'assenza di danno a tutto spessore oppure per la copertura da altri organi (esempio il fegato a destra) e solo nel 22% dei casi viene posta la diagnosi precoce di rottura traumatica del diaframma. La sintomatologia è spesso aspecifica e caratterizzata dal dolore diffuso dei quadranti addominali superiori od a livello della base emitoracica od irradiato alle spalle, e dalla tosse. Nei casi severi, la sintomatologia è più tipica e dovuta alla migrazione e compressione del parenchima polmonare oppure delle strutture mediastiniche dagli organi addominali migrati in torace. La dispnea, la cianosi oppure l'ipotensione arteriosa sono i sintomi tipici. Quando la lesione diaframmatica non viene riparata e rimane misconosciuta, si passerà alla seconda fase, la *fase latente* del trauma. In questa fase rientra circa il 18% dei traumi chiusi ed il 32% dei traumi aperti che interessano il diaframma. Il quadro clinico è variabile ed ancora non specifica perchè i pazienti riescono a compensare effettivamente le complicanze dovute alla migrazione degli organi addominali. I sintomi di distress addominale si aggravano dopo i pasti oppure nella posizione di decubito laterale causa l'intermittente ostruzione intestinale o gastrica attraverso il difetto diaframmatico. Il rilievo della sintomatologia avviene con il vomito. La *fase ostruttiva* si può verificare in ogni momento successivo del trauma ed è caratterizzata dalla compromissione

vascolare oppure la necrosi degli organi erniati nel torace. Durante questa fase, tutti gli organi addominali, reni inclusi, potenzialmente possono erniare nella cavità toracica attraverso il difetto diaframmatico. L'inizio della fase ostruttivo varia in letteratura e può presentarsi dopo la 20<sup>ma</sup> giornata post-traumatica oppure dopo anni dal trauma. I sintomi possono essere nausea, vomito, dolore addominale, costipazione e, alla fine, distress respiratorio, shock, e segni di perforazione viscerale. Gli organi che frequentemente possono erniare nell'emitorace sinistro sono lo stomaco, il colon e la milza, mentre a destra è il fegato [7,29].

La diagnosi delle lesioni diaframmatiche risulta spesso difficile, sia per la presenza di lesioni associate che per la mancanza di segni e sintomi specifici, e necessita un elevato indice di sospetto. Fratture delle ultime coste, distensione addominale e contusioni addominali oppure toraco-addominali sono sospetti di lacerazione diaframmatica. Di solito, la diagnosi è intraoperatoria durante una laparotomia esplorativa, tramite la quale si procederà anche alla riparazione del difetto diaframmatico. Dal punto di vista clinico, la diminuzione od assenza di murmure vescicolare e la presenza di borborigmi all'auscultazione toracica sono sospetti di ernia diaframmatica post-traumatica. La radiografia standard del torace, esame diagnostico di primo livello, è sufficiente per formulare una diagnosi in circa 25% dei casi. La percentuale diventa più bassa in caso di rottura dell'emidiaframma di destra oppure nei pazienti intubati ed in ventilazione meccanica con PEEP > 5cm H<sub>2</sub>O che previene l'erniazione dei visceri addominali; nell'ultimo caso, l'esecuzione di esami radiografici sequenziali a distanza di breve tempo permette di migliorare l'affidabilità dell'esame [98]. Segni radiografici suggestivi di lesione post-traumatica del diaframma sono: il sollevamento di un emidiaframma, la deviazione controlaterale del mediastino, la presenza della bolla gastrica e di livelli idroarei al di sopra del margine diaframmatico e la distorsione oppure la scomparsa del profilo diaframmatico [99]. Al contrario, la presenza di emo- e/o pneumotorace, di contusione polmonare, di atelettasia oppure, raramente, di eventratio congenita potrebbero nascondere oppure simulare la rottura diaframmatica con erniazione viscerale. Il posizionamento del sondino nasogastrico prima dell'esecuzione dell'esame radiografico oppure la somministrazione del mezzo di contrasto per os (gastrografin) durante l'esame possono aiutare nella diagnosi osservando il posizionamento anomalo dello stomaco oppure delle anse intestinali nel torace [99]. Negli ultimi anni, l'uso della tomografia computerizzata è utile per osservare la presenza di ernie viscerali intratoraciche, ma fino ad oggi non esiste abbastanza

evidenza per il suo uso nell'evidenziare la presenza di soluzioni di continuo diaframmatiche [100]. L'introduzione della videotoracosopia (VATS), a volte in combinazione con la laparotomia, permette la visualizzazione diretta dei due emidiaframmi e quindi di avere una diagnosi di certezza, evitando la morbidità associata all'approccio chirurgico aperto. L'uso della VATS esplorativa è raccomandato in tutti i traumi penetranti toraco-addominali nei pazienti emodinamicamente stabili [101].

Il trattamento delle lacerazioni diaframmatiche post-traumatiche è chirurgico e dipende dal meccanismo di lesione ed dal momento della diagnosi. L'obiettivo è di riparare il difetto e ridurre in addome i visceri erniati. Nella fase acuta del trauma, è preferibile intervenire con un approccio addominale (laparotomia) perchè circa nel 89% dei casi la lacerazione diaframmatica è associata dalla presenza di lesioni di altri organi intra-addominali. Al contrario, nella fase latente del trauma dove i visceri erniati hanno creato delle aderenze con il parenchima polmonare, è consigliabile eseguire un'approccio toracotomico [91,93,102]. Il trattamento di queste lesioni avviene sempre dopo che il paziente viene stabilizzato emodinamicamente. Al momento dell'esplorazione chirurgica, attenzione si deve fare di esplorare tutto il diaframma per eventuali lesioni. Dopo la riduzione dei visceri erniati, il difetto diaframmatico si deve suturare con punti staccati oppure sutura continua utilizzando un materiale non assorbibile. Raramente, quando il difetto è ampio, è opportuno utilizzare del materiale protesico che può essere la fascia lata, un materiale biologico come il pericardio bovino oppure un materiale sintetico come il "goretex". Le recidive dopo riparazione dell'ernia sono rare.

La prognosi delle lesioni riparate è buona, ma diversa rispetto al momento della presentazione. Le lesioni della fase acuta, che di solito presentano delle lesioni associate di altri organi e/o sistemi, costituiscono un indicatore di gravità del trauma e sono associate ad una significativa mortalità che varia dal 20% al 80% in relazione alla gravità delle lesioni associate [103].

## LESIONI DELL'ESOFAGO

Le lesioni traumatiche dell'esofago non sono frequenti e questo è dovuto a diversi fattori come la sua posizione nel mediastino posteriore dove viene protetto dalla colonna vertebrale

(posteriormente) e dagli organi mediastinici (anteriormente), la sua comunicazione con l'esterno (aria atmosferica) e lo stomaco, la sua elasticità e la sua mobilità relativa [104]. Pertanto, è evidente che i traumi penetranti sono maggiormente responsabili del traumatismo esofageo rispetto ai traumi chiusi [7].

Le lesioni dell'esofago dopo trauma chiuso rappresentano un evento raro e, quando presenti, sono il risultato di un colpo diretto alla zona cervicale come può avvenire durante un incidente automobilistico (colpo diretto sul volante) oppure durante una rissa, delle compressioni toraciche durante la rianimazione cardiopolmonare oppure di un manovra di Heimlich. Il sospetto clinico avviene quando il trauma chiuso è associato a versamento pleurico senza fratture costali, a pneumomediastino senza evidente causa, ad enfisema sottocutaneo ed a contenuto gastrico nel tubo di drenaggio toracico. Il meccanismo d'azione è relativo all'aumento improvviso della pressione all'interno del lume esofageo dopo che una forza importante viene esercitata all'addome a glottide chiusa oppure dopo introduzione di gas od aria ad alta pressione [105]. Questo meccanismo è simile alle lesioni provocate dal sindromo di Boerhaave e provoca lesioni a livello della giunzione esofagogastrica verso l'emitorace sinistro. Un altro meccanismo di lesione è rappresentato dalla necrosi ischemica secondaria a lesioni dei vasi dell'esofago per trazione-decelerazione. In generale, le lesioni esofagee da traumi chiusi possono interessare soggetti di qualsiasi età e qualsiasi tratto esofageo.

Le lesioni esofagee da trauma penetrante sono il risultato delle ferite da taglio o da proiettili. Pertanto, tutte le ferite penetranti che passano vicino al mediastino devono essere sospette per danno esofageo. Il meccanismo di lesione è il danno diretto della parete esofagea. Queste lesioni possono interessare tutti i livelli dell'esofago, ma sono più frequenti a livello cervicale. Spesso si associano a lesioni di altri organi del mediastino come il cuore e i grassi vasi.

Le lesioni iatrogeni rappresentano una categoria separata. Le cause più frequenti sono la dilatazione endoscopica dell'esofago ed il posizionamento di sondini naso-gastrici. Le sedi di lesione sono tutti i punti di restringimento fisiologico, ma anche i punti di stenosi da neoplasie oppure da infiammazione locale.

Il quadro clinico è spesso aspecifico e dipende dalla sede e dall'estensione della lesione.

- Le lesioni dell'esofago cervicale interessano più frequentemente la parete posteriore dove la parete è sottile. In caso di ritardo al trattamento, l'infiammazione raggiunge lo spazio retroesofageo e si estende in basso contaminando il mediastino. L'aderenza dell'esofago alla fascia prevertebrale ne limita la diffusione laterale. La sintomatologia è caratteristica di questo fattore anatomico. Il sintomo più costante è il *dolore*, sordo all'inizio, localizzato alla base del collo che si aggrava con il cambio di posizione (da supino a seduto od eretto). Spesso si associa ad *enfisema sottocutaneo* con l'aspetto di classico crepitio che si apprezza inizialmente a livello della fossetta giugulare prima di estendersi sul volto. Nella fase tardiva, l'infiammazione interessa anche i tessuti molli del collo e diventa evidente come tumefazione cervicale, maggiormente a sinistra. Altri sintomi sono la *disfagia*, quasi costante durante la deglutizione, la *febbre* continua e la *tachicardia*. A volte l'unico segno sospetto è *il cambiamento del timbro della voce* che diviene roca e nasale. Se l'intervento terapeutico non avviene in tempo, si può aggiungere la dispnea, lo shock e tutti i segni della mediastinite acuta.
- Le lesioni dell'esofago toracico provocano un quadro clinico più evidente e severo con segni di shock settico. È presente dolore retrosternale, disfagia, febbre elevata, marcata dispnea come risultato di insufficienza respiratoria secondaria, e crepitio cervicale. Il mediastino si contamina immediatamente con rapido sviluppo di mediastinite e pneumomediastino. In caso che viene interessata la pleura mediastinica, il contenuto gastrico si riversa nel cavo pleurico con conseguente comparsa di pneumotorace e versamento pleurico, ma anche di tachicardia e sepsi.
- Le lesioni dell'esofago addominale si manifestano con sintomatologia addominale oppure, a volte, con segni clinici compatibili con interessamento dell'emidiaframma sinistro. Caratteristico è il senso di peso retrosternale che si associa a dolore epigastrico irradiato alle spalle. L'esame obiettivo indica un interessamento peritoneale con i tipici segni di dolorabilità e difesa alla palpazione dell'epigastrio. Segni clinici sistemici (tachicardia, tachipnea, febbre) accompagnano il quadro clinico con evoluzione verso la sepsi e lo shock. Questo tipo di lesioni sono di solito responsabili per la formazione di ascessi sottodiaframmatici.

La diagnosi precoce di una lesione traumatica dell'esofago è importante poichè l'aumento del tempo trascorso tra il momento dell'evento traumatico e l'inizio terapeutico corrisponde all'aumento di complicazioni e mortalità. Dall'altra parte, la mancanza di sintomi e segni patognomonicici non aiutano alla diagnosi. Pertanto, la valutazione adeguata di questi pazienti comprende il rilievo di un'anamnesi accurata, l'esame clinico attento e soprattutto il sospetto. La fuoriuscita di saliva e/o aria da un trauma cervicale oppure dal drenaggio pleurico ed il pneumotorace persistente sono caratteristici di una lacerazione traumatica dell'esofago. La radiografia standard del torace è di prima istanza. I segni radiografici suggestivi di lesione esofagea sono: slargamento mediastinico, pneumomediastino, pneumotorace, versamento pleurico e spostamento della trachea oppure del sondino naso-gastrico a destra. Si segnala che il pneumomdiastino si manifesta a distanza di circa un ora dall'eveno traumatico. L'esofagoscopia non sembra di avere un ruolo importante nell'itter diagnostico tranne nei casi di presenza di un corpo estraneo. Esame fondale, dopo che si ha il sospetto di lacerazione esofagea dalla radiografia del torace, è considerato l'esofagogramma con "gastrografin". Tramite l'esofagogramma si può individuare una lesione esofagea, anche se piccola, ed il livello della perforazione. I dati ottenuti da questo esame sono importanti per pianificare l'approccio chirurgico adeguato. La tomografia computerizzata consente di evidenziare la presenza di aria nei tessuti lassi del mediastino e del collo e piccole comunicazioni tra esofago e raccolte paraesofagee [106].

Il trattamento delle lesioni traumatiche dell'esofago potrebbe essere conservativo oppure chirurgico. La scelta dipende dall'etiologia, la sede della perforazione, l'estensione del danno, il tempo trascorso dall'evento, l'età e le condizioni cliniche generali del paziente [107].

- Il trattamento conservativo si usa in casi altamente selezionati ed, in particolare, quando la perforazione è recente, minima, contenuta all'interno del mediastino, senza spandimento del mezzo di contrasto all'interno della cavità pleurica, il paziente è a digiuno al momento del trauma ed i sintomi clinici sono di scarsa significatività. Per i pazienti che si opta il trattamento conservativo è indispensabile mettere a riposo l'esofago con divieto all'alimentazione orale, inizio di nutrizione parenterale, antibioticoteraapia profilattica ad ampio spettro ed eventualmente posizionamento di drenaggio pleurico. Il tempo di guarizione varia dai due a tre settimane.

- Il trattamento chirurgico deve essere seguito in tempi brevi dal momento del trauma. L'obiettivo della chirurgia è di esplorare la zona di lesione, eliminare il tessuto necrotico, allineare i margini della ferita e ricostruire e ripristinare la continuità esofagogastrica. La sutura esofagea deve avvenire in uno o due strati con filamenti a lento assorbimento e, quando possibile, deve essere rinforzata e ricoperta da tessuto circostante rispetto alla sede (pleura, muscolo, omento, pericardio, diaframma). Nei casi che l'intervento chirurgico risolutivo non è possibile, si procede all'esclusione esofagea e la sua ricostruzione in secondo tempo con l'uso dello stomaco oppure del colon. L'approccio chirurgico dipende dalla sede della lesione. Per le lesioni cervicali è utile la cervicotomia parallela al muscolo sternocleidomastoideo sinistro, anteriormente all'arteria carotide ed alla vena giugulare interna. Quando la lesione interessa il terzo superiore esofageo e l'esofago medio si preferisce eseguire una incisione toracotomica destra (postero-laterale), mentre per le lesioni del terzo inferiore, sopra la giunzione esofago-gastrica, l'incisione miglior è la toracotomia sinistra a livello del 6°-7° spazio intercostale (postero-laterale). La laparotomia mediana sopraombelicale è consigliata per il controllo dell'esofago addominale. Il drenaggio della zona di lesione, l'uso di antibiotici ad ampio spettro e la nutrizione parenterale seguono l'intervento chirurgico.

In generale, la prognosi è severa e dipende da diversi fattori prognostici negativi: il ritardo diagnostico, l'età avanzata ed il quadro clinico di sepsi. Il trattamento entro le prime 24 ore dalla lesione ha un'indice di complicazioni e mortalità basso con aumento significativo quando il ritardo supera le 24 ore. Si segnala che le lesioni traumatiche dell'esofago a livello cervicale hanno la miglior prognosi se trattate in tempo perché la particolare strutturazione dei piani anatomici tissutali del collo formano barriere che prevengono la rapida diffusione dell'infezione.

## ALTRE LESIONI

### *Lesione del dotto toracico*

Le lesioni del dotto toracico sono rare dopo trauma. La causa della lesione è attribuita all'iperflessione ed iperestensione della colonna vertebrale con lacerazione dei vasi linfatici

dopo cadute da altezza oppure dopo schiacciamento della gabbia toracica in senso antero-posteriore o latero-laterale. In rari casi sono dovute a fratture con spostamento delle vertebre dorsali, coste e clavicola di sinistra. Frequente è il trauma lesivo del dotto toracico di carattere iatrogeno durante gli interventi chirurgici della colonna vertebrale e del torace [108]. Rotture alte sono responsabili di versamento pleurico sinistro, mentre lesioni del basso torace sono caratterizzate da chilotorace destro.

Il sospetto clinico viene con la radiografia del torace che indica la presenza di versamento pleurico. La diagnosi di certezza si ha con il drenaggio toracico e l'analisi chimico-fisica del liquido drenato. Il trattamento del chilotorace traumatico è conservativo e consiste nel posizionamento di drenaggio pleurico e interruzione dell'alimentazione orale dei cibi grassi. In caso di chilotorace persistente, si ricorre all'intervento chirurgico, cioè la legatura del dotto toracico al di sopra ed al di sotto il punto della lesione. L'intervento chirurgico è mandatorio solo nei traumi aperti del torace, che provocano lacerazione diretta del dotto.

#### *Soffocamento traumatico (oppure Sindrome di Perthes)*

Il soffocamento traumatico rappresenta una sindrome rara che accade solitamente dopo schiacciamento del torace oppure lesioni da scoppio. I sintomi e segni associati includono l'emorragia congiuntivale, la cianosi cervico-facciale risultando in una colorazione viola-blu del collo e del viso, l'edema facciale, l'ingorgo vascolare della testa, le petecchie a livello delle mucose e multiple ecchimosi del viso, collo e parte superiore del torace [109]. Il meccanismo fisiopatologico consiste nell'aumento improvviso della pressione sanguigna e del reflusso del sangue all'interno delle vene che non hanno valvole con conseguente stravasamento ematico. La diagnosi è fatta principalmente dall'anamnesi e dall'esame obiettivo. Le radiografie del torace sono di solito normali. Non necessita un trattamento particolare. Il colorito della cute ritorna normale entro 3 settimane ed i segni di petecchie oppure emorragie congiuntivali guariscono dopo circa un mese.

#### *Ernia della parete toracica*

L'ernia della parete toracica post-traumatica è un evento tardivo (settimane o mesi dal trauma) dovuta alla rottura anatomica della parete in seguito a fratture costali multiple. Di conseguenza, parte del parenchima polmonare rivestito o no dalla pleura parietale fuoriesce

dalla gabbia toracica durante gli atti del respiro. Il trattamento consiste nella riduzione dell'ernia polmonare e la corezione del difetto di parete con posizionamento di suture (toracoplastica) oppure di materiale sintetico.

## CASISTICA

Lo sviluppo della tecnologia, la motorizzazione e la propensione dell'uomo a combattere hanno contribuito all'aumento dell'incidenza dei traumi. Attualmente, i traumi rappresentano la terza causa di morte dopo le neoplasie e la patologia cardiovascolare. I traumi del torace, in rapporto agli organi vitali in esso contenuti, determinano spesso una patologia ad alto rischio e continuano ad essere un importante problema di salute pubblica. Il trauma toracico è osservato dopo incidenti automobilistici, nei campi di battaglia e nei territori di terrorismo urbano (esplosione di bombe, etc). Esso, da solo, è responsabile del circa 25% dei decessi per incidenti e contribuisce in modo significativo al 50% delle morti restanti. Il meccanismo della lesione traumatica è complesso ed è collegato alla diversità del tipo di trauma.

Il trauma toracico, patologia comune, è stato l'argomento di pochi studi. L'obiettivo di questo studio è di indagare l'incidenza del trauma toracico, il tipo di lesione toracica, la patogenesi (meccanismo di lesione), il trattamento scelto, la frequenza dei traumi extra-toracici, la durata della degenza, nonché l'esito finale. Attraverso l'analisi dei dati ottenuti, si cercherà di effettuare un confronto con i dati dalla letteratura internazionale.

Questo è uno studio retrospettivo eseguito presso il Dipartimento di Chirurgia Toracica dell'Ospedale "EVAGGELISMOS" di Atene in Grecia per il periodo dal Gennaio 2010 al Dicembre 2013. L'Ospedale "EVAGGELISMOS" è uno dei due ospedali ateniesi più grandi che riceve l'emergenze mediche e chirurgiche della città di Atene e provincia. È un ospedale statale di terzo livello che copre le esigenze di una popolazione di circa 4.000.000 abitanti. Il suo Dipartimento di Emergenze riceve circa 115000 – 120000 pazienti per anno di cui viene ricoverato il circa 40%.

Per effettuare lo studio, i registri dei Dipartimenti di Emergenze e di Chirurgia Toracica sono stati consultati e confrontati. I pazienti con diagnosi di trauma toracico di qualsiasi natura con oppure senza lesioni di altri apparati, che sono stati visitati e/o ricoverati nel reparto di Chirurgia Toracica sono stati inclusi nello studio. Criteri di esclusione sono stati: i pazienti di qualsiasi età con diagnosi di pneumotorace spontaneo senza riferimento anamnestico di trauma, i pazienti con lesioni dirette al cuore e/o aorta toracica, ed i pazienti deceduti al momento del trauma oppure durante il trasporto all'ospedale ed all'arrivo al pronto soccorso.

I dati raccolti includono il profilo demografico dei pazienti, l'età, il sesso, la causa e meccanismo del trauma, altre lesioni associate del torace e/o altri sistemi, il tipo di intervento deciso, la durata di ricovero presso il reparto di Chirurgia Toracica (cioè fino alla dimissione o trasferimento) e l'esito finale.

Durante l'analisi dei dati, i pazienti sono stati classificati secondo lo schema seguente:

**I. Secondo il meccanismo di trauma:**

*Gruppo I:* Traumi chiusi (incidenti stradali, cadute dall'alto, risse).

*Gruppo II:* Traumi aperti (armi da fuoco, armi bianche).

**II. Secondo il tipo di trattamento scelto:**

*Gruppo I:* Trattamento conservativo (terapia antalgica, stabilizzazione esterna, semplice follow-up).

*Gruppo II:* Posizionamento di tubo di drenaggio toracico.

*Gruppo III:* Toracotomia.

*Gruppo IV:* Altri tipi di procedure/interventi come chirurgia della trachea oppure laparotomia per lesioni addominali associate.

**III. Secondo il tipo di trauma:**

*Gruppo I:* Parete toracica (contusione semplice tessuti molli, fratture costali oppure sternali oppure della clavicola).

*Gruppo II:* Lesioni del parenchima polmonare (lacerazioni, contusioni).

*Gruppo III:* Emotorace oppure Pneumotorace oppure Emo-Pneumotorace.

*Gruppo IV:* Lesione diaframmatica.

*Gruppo V:* Lesioni tracheo-bronchiali.

*Gruppo VI:* Lesioni d'esofago.

*Gruppo VII:* Lesioni associate di altri sistemi.

## RISULTATI

Durante il periodo studiato, 673 pazienti con patologia toracica sono stati accettati dal Dipartimento di Emergenze dell'Ospedale "EVANGELISMOS". Di questi, 532 pazienti sono stati inclusi nello studio, mentre i restanti 141 pazienti sono stati esclusi per vari motivi (132 per pneumotorace spontaneo da patologia bollosa, 5 per dissecazione aortica, 4 per mancanza di dati completi). I maschi erano 388 (72.9%) e le femmine 144 (27.1%). Il rapporto maschi:femmine era 2.7:1. L'età media dei pazienti era di  $50.6 \pm 19.8$  anni, con intervallo di 16 – 95 anni. La Tabella 1 indica la distribuzione dei pazienti rispetto al sesso e decade di vita.

<b>Tabella 1.</b> Il trauma toracico in relazione di sesso e decade di vita.			
<b>Decade (anni)</b>	<b>Maschi (%)</b>	<b>Femmine (%)</b>	<b>Totale</b>
11 – 20	11 (2.8%)	4 (2.8%)	15 (2.8%)
21 – 30	70 (18%)	17 (11.8%)	87 (16.3%)
31 – 40	76 (19.6%)	17 (11.8%)	93 (17.5%)
41 – 50	56 (14.4%)	26 (18.1%)	82 (15.4%)
51 – 60	65 (16.8%)	19 (13.2%)	84 (15.8%)
61 – 70	44 (11.3%)	16 (11.1%)	60 (11.3%)
71 – 80	40 (10.3%)	28 (19.4%)	68 (12.8%)
81 – 90	25 (6.6%)	16 (11.1%)	41 (7.7%)
>91	1 (0.2%)	1 (0.7%)	2 (0.4%)
<b>Totale</b>	<b>388</b>	<b>144</b>	<b>532</b>

La Tabella 2 indica distribuzione stagionale dei traumi toracici. È evidente che i pazienti con tale patologia si presentano in modo omogeneo durante tutti i giorni della settimana. Inoltre, la distribuzione dei traumi è equa rispetto ai mesi dell'anno, anche se il Maggio sembra il

mese con il maggior numero (10.3%) di pazienti recati al pronto soccorso ed il Giugno il corrispettivo mese con i minor numero (6.6%).

**Tabella 2.** Trauma toracico in relazione al giorno, mese e stagione.

<b>Mese</b>	<b>n°</b>	<b>%</b>	<b>Giorno</b>	<b>n°</b>	<b>%</b>	<b>Stagione</b>	<b>n°</b>	<b>%</b>
<i>GEN</i>	44	8.4	<i>DOM</i>	68	12.8	<i>INVERNO</i>	131	24.6
<i>FEB</i>	41	7.8	<i>LUN</i>	79	14.9	<i>PRIMAVERA</i>	145	27.3
<i>MAR</i>	46	8.7	<i>MAR</i>	83	15.6	<i>ESTATE</i>	119	22.4
<i>APR</i>	44	8.4	<i>MER</i>	77	14.5	<i>AUTUNNO</i>	137	25.7
<i>MAG</i>	55	10.3	<i>GIO</i>	63	11.8			
<i>JUN</i>	35	6.7	<i>VEN</i>	83	15.6			
<i>LUG</i>	40	7.6	<i>SAB</i>	79	14.8			
<i>AGO</i>	44	8.4						
<i>SET</i>	50	9.5						
<i>OTT</i>	50	9.5						
<i>NOV</i>	37	7						
<i>DIC</i>	46	8.7						

Diversi tipi di trauma toracico sono stati riscontrati come traumi isolati od associati con lesioni di altri apparati e sono elencati nella Tabella 3. Circa metà dei pazienti presentava fratture costali singole oppure multiple. Al 37.2% dei pazienti è stato diagnosticato un pneumotorace, mentre al 25.4% un versamento pleurico di natura ematica. Le fratture sternali sono state la quarta causa di presentazione al pronto soccorso. La rottura diaframmatica, la contusione cardiaca, l'ematoma mediastinico, le lesioni tracheali e la lacerazione del polmonare sono state le lesioni raramente riscontrate. Da segnalare, la presentazione rara di un paziente con chilotorace post-traumatico ed uno con lesione della vena succlavia sinistra.

<b>Tabella 3.</b> Tipi di trauma toracico.		
	<b>n°</b>	<b>%</b>
<i>Fratture costali</i>	269	50.6
<i>Emotorace</i>	135	25.4
<i>Pneumotorace</i>	198	37.2
<i>Emo-pneumotorace</i>	75	14.1
<i>Contusione polmonare</i>	84	15.8
<i>Frattura sternale</i>	99	18.6
<i>Contusione tessuti molli</i>	62	11.7
<i>Ematoma mediastinico</i>	3	0.6
<i>Contusione cardiaca</i>	2	0.4
<i>Rottura diaframmatica</i>	3	0.6
<i>Frattura della clavicola</i>	41	7.7
<i>Frattura della scapola</i>	32	6
<i>Trauma tracheale</i>	4	0.8
<i>Rottura polmonare</i>	2	0.4
<i>Trauma v. succlavia</i>	1	0.2
<i>Chilotorace</i>	1	0.2
<i>Rottura esofagea</i>	14	2.6
<i>Frattura vertebrale (toracica)</i>	19	3.6

Complessivamente, tra i 532 pazienti inclusi nello studio, i 423 (79.5%) pazienti hanno presentato un trauma isolato agli organi del torace. Nei restanti 109 (20.5%), almeno un altro sistema era associato. Nella Tabella 4 sono elencate le lesioni extra-toraciche associate. Le

fratture degli arti superiori (9.8%) erano la lesioni maggiormente associate, seguite dalle fratture delle vertebre e le lesioni della testa (5.1% e 3.9%).

	n°	%
<i>Testa-cranio</i>	21	3.9
<i>Fegato</i>	5	0.9
<i>Milza</i>	3	0.6
<i>Altro nel addome</i>	5	0.9
<i>Frattura della pelvi</i>	15	2.8
<i>Frattura arto superiore</i>	52	9.8
<i>Frattura arto inferiore</i>	9	1.7
<i>Frattura vertebrale</i>	27	5.1

	n°	%
<i>Incidente stradale</i>	334	62.2
<i>Rissa</i>	4	0.8
<i>Caduta da altezza</i>	124	23.3
<i>Arma da fuoco</i>	9	1.7
<i>Arma bianca</i>	48	9
<i>Altro</i>	13	2.4

I traumi chiusi del torace erano 475 (89.3%) di cui gli incidenti stradali erano 334 (62.8%) e le cadute dall'altezza 124 (23.3%). Gli incidenti stradali riguardavano incidenti automobilistiche (guidatore oppure passeggeri) e/o con coinvolgimento pedonale. Si sottolinea che in 13 casi (2.4%) di trauma toracico chiuso, la causa dovuta è stata iatrogena ed, in particolare, riguardava lesioni esofagee da manovre endoscopiche. In 4 casi di trauma toracico minore (semplice frattura costale oppure contusioni dei tessuti molli del torace), i pazienti interessati erano coinvolti a risse. Al contrario, i traumi aperti erano 57 (10.7%) di cui i traumi da arma da fuoco erano 9 (1.7%), mentre 48 (9%) traumatismi erano dovuti da arma bianca (Tabella 5). Nella Tabella 6 vengono elencate tutte le lesioni toraciche ed extra-toraciche dei traumi chiusi ed aperti, rispettivamente.

Stratificando i pazienti con trauma toracico chiuso ed aperto rispetto al sesso e fascia di età (Tabella 7), è evidente che più maschi presentavano tale patologia, indipendentemente il tipo di incidente, e che la fascia di età correlata era diversa rispetto alla causa. In particolare, i pazienti coinvolti ad incidenti stradali avevano  $46.5 \pm 18.1$  anni, mentre quelli con trauma da

caduta avevano  $67.4 \pm 16.3$  anni. Dall'altra parte, i traumi da arma da fuoco ed arma bianca si sono riscontrati a pazienti di età media di  $40.1 \pm 12.7$  e  $35.8 \pm 10.5$  anni, rispettivamente.

**Tabella 6.** Trauma toracico chiuso ed aperto rispetto alla diagnosi.

	<b>Chiuso</b>	<b>Aperto</b>	<b>p</b>
<i>Fratture costali</i>	256 (55.8%)	4 (7%)	<0.01
<i>Emotorace</i>	114 (24%)	21 (36.8%)	0.035
<i>Pneumotorace</i>	165 (34.7%)	33 (57.9%)	<0.01
<i>Emo-pneumotorace</i>	60 (12.6%)	15 (26.3%)	<0.01
<i>Contusione polmonare</i>	77 (16.2%)	7 (12.3%)	0.442
<i>Frattura sternale</i>	99 (20.8%)	0	<0.01
<i>Contusione tessuti molli</i>	32 (6.7%)	30 (52.6%)	<0.01
<i>Ematoma mediastinico</i>	3 (0.6%)	0	0.547
<i>Contusione cardiaca</i>	0	2 (3.5%)	<0.01
<i>Rottura diaframmatica</i>	1 (0.2%)	2 (3.5%)	<0.01
<i>Frattura della clavicola</i>	40 (8.4%)	1 (1.7%)	0.075
<i>Frattura della scapola</i>	31 (6.5%)	1 (1.7%)	0.152
<i>Trauma tracheale</i>	2 (0.4%)	2 (3.5%)	0.01
<i>Rottura polmonare</i>	0	2 (3.5%)	<0.01
<i>Trauma v. succlavia</i>	0	1 (1.7%)	<0.01
<i>Chilotorace</i>	1 (0.2%)	0	0.728
<i>Rottura esofagea</i>	14 (2.9%)	0	0.189
<i>Frattura vertebrale (toracica)</i>	19 (4%)	0	0.124

**Tabella 7.** Meccanismo di trauma toracico rispetto a decade di vita e sesso.

Decade (anni)	Causa di trauma toracico					
	Incidenti stradali	Cadute	Arma da fuoco	Arma da taglio	Risse	Altro
11 – 20	13	1	0	1	0	0
21 – 30	65	1	1	17	2	1
31 – 40	63	6	5	17	1	1
41 – 50	58	15	2	6	1	0
51 – 60	57	18	0	7	0	2
61 – 70	38	18	1	0	0	3
71 – 80	31	34	0	0	0	3
81 – 90	8	30	0	0	0	3
>91	1	1	0	0	0	0
<b>Totale</b>	<b>334</b>	<b>124</b>	<b>9</b>	<b>48</b>	<b>4</b>	<b>13</b>
<b>Sesso</b>						
<i>Maschi</i>	235	90	8	45	4	6
<i>Femmine</i>	99	34	1	3	0	7

Considerando il meccanismo di lesione provocata dal trauma, tale lesioni sono classificate in cinque categorie (Tabella 8). In 334 (62.8%) dei traumi, il meccanismo di lesione era dovuto all'accelerazione – decelerazione e riguardava tutti i traumi legati ad incidenti stradali. Nella categoria di lesioni da compressione, si identificano 128 (24.1%) pazienti con traumi legati a cadute da altezza e risse. Nei traumi penetranti, il meccanismo di lesione era dovuto all'impatto con un oggetto ad alta velocità (arma di fuoco; 9/57 casi) ed al trauma da oggetto tagliente (arma bianca; 48/57 casi). In 13 casi, la lesione interessava l'esofago ed era dovuta allo stiramento improvviso e rottura delle sue fibre muscolari in seguito a dilatazione

meccanica oppure ad ingestione di corpo estraneo. Esse sono considerate e classificate diversamente.

<b>Tabella 8.</b> Meccanismo di trauma toracico.		
	<b>n°</b>	<b>%</b>
<i>Accelerazione - Decelerazione</i>	334	62.8
<i>Compressione</i>	128	24.1
<i>Alta velocità</i>	9	1.7
<i>Arma bianca</i>	48	9
<i>Altro</i>	13	2.4

Il trattamento di queste lesioni toraciche è stato diverso rispetto al tipo di trauma e gravità di danno provocato, e si riassume nella **Tabella 9**. Il trattamento conservativo (inteso come follow-up, terapia antalgica oppure la sutura delle ferite superficiali) è stato riservato a 339 pazienti (63.7%). Di questi, 317 pazienti (93.5%) hanno presentato un trauma chiuso (fratture costali oppure sternali) e 22 pazienti (6.49%) un trauma aperto (pazienti con ferite profonde della parete oppure pneumo ± emotorace di minima entità). In 155 pazienti (29.1%) è stato necessario il posizionamento di un tubo di drenaggio toracico. L'indicazione era il pneumo ± emotorace post traumatico dovuto a trauma chiuso nel 83.87% (130 casi) ed a trauma aperto nel 16.13% (25 casi). I pazienti hanno mantenuto il tubo di drenaggio toracico per una media di  $7.6 \pm 8.7$  giorni (range 1 – 82 giorni). Una toracotomia è stata eseguita in 23 pazienti (4.3%) per sutura diretta di lacerazione del parenchima polmonare oppure per revisione-emostasi di un emotorace. In un caso, la toracotomia è stata necessaria per controllare la lacerazione della vena succlavia in seguito a trauma penetrante da arma bianca. In un paziente, la toracotomia è stata associata a laparotomia esplorativa causa versamento ematico intra-addominale. In un paziente con trauma esofageo, l'approccio chirurgico è stato per via addominale per la possibilità di controllare meglio e poter riparare la lesione provocata. Quattro pazienti con trauma della trachea sono stati sottoposti a riparazione chirurgica per via

cervicotomica (3 casi – 0.6%) e via sternotomica (1 caso – 0.2%). Nella **Tabella 10** viene descritto il trattamento scelto in relazione al tipo di trauma toracico.

**Tabella 9.** Trattamento di trauma toracico chiuso ed aperto ( $p<0.01$ ).

	<b>Totale</b>	<b>Chiuso</b>	<b>Aperto</b>
<i>Conservativo</i>	339 (63.7%)	317 (93.5%)	22 (6.5%)
<i>Drenaggio pleurico</i>	155 (29.1%)	130 (83.9%)	25 (16.1%)
<i>Toracotomia</i>	23 (4.3%)	16 (69.6%)	7 (30.4%)
<i>Laparotomia</i>	2 (0.4%)	1 (50%)	1 (50%)
<i>Sternotomia</i>	1 (0.2%)	0	1 (100%)
<i>Cervicotomia</i>	3 (0.6%)	2 (66.7%)	1 (33.3%)
<i>EGDS</i>	9 (1.7%)	9 (100%)	0

I pazienti sono stati ricoverati all'ospedale oppure presso il reparto di Chirurgia Toracica (fino alla stabilizzazione della patologia toracica) per un periodo medio di  $5.1 \pm 7.3$  giorni (mediana = 3 giorni [0 – 82]). Non c'è differenza statisticamente significativa per il tipo di trauma toracico (chiuso vs aperto;  $p=0.144$ ). I pazienti con trauma toracico dovuto ad arma da fuoco oppure con lesione esofagea presentano una durata media di ricovero superiore alle altre cause di trauma ( $7.2 \pm 3.1$  giorni e  $7.4 \pm 6.6$  giorni, rispettivamente), ma questa differenza non è statisticamente significativa ( $p=0.686$ ). Al contrario, quando viene considerato il tipo di trattamento scelto, i pazienti sottoposti a chirurgia hanno avuto necessità di un ricovero prolungato ( $p<0.01$ ). In particolare, i 2 pazienti sottoposti a trattamento chirurgico combinato di toracotomia e laparotomia sono rimasti ricoverati 19 e 62 giorni, rispettivamente. Il primo era sottoposto ad esofagectomia con ricostruzione causa rottura esofagea iatrogena ed il secondo paziente era sottoposto a sutura del parenchima polmonare e revisione chirurgica dell'addome causa lesioni multiple da coltello dopo coinvolgimento a rissa. In un paziente con lesione tracheale bassa è stato necessario eseguire una sternotomia mediana per poter

riparare la lesione. Tale paziente è rimasto ricoverato 9 giorni. In 339 pazienti, l'osservazione è stata il trattamento di scelta. Loro sono rimasti all'ospedale per una media di 3.3 giorni. Di questi, 14 pazienti (4.1%) sono sottoposti ad osservazione di meno di 24 ore, 63 pazienti (18.6%) ad osservazione di 24 ore e 97 pazienti (28.6%) ad osservazioni di 48 ore. Il 92% dei pazienti in osservazione non ha necessitato ricovero per più di 6 giorni (**Tabella 11**).

Tabella 10. Trattamento di trauma toracico rispetto alla causa di trauma ( $p<0.01$ ).						
	Chiuso				Aperto	
	Incidente stradale	Caduta	Rissa	Altro	Arma da fuoco	Arma bianca
<i>Conservativo</i>	230 (67.8%)	82 (24.2%)	4 (1.3)	1 (0.3%)	3 (0.9%)	19 (5.5%)
<i>Drenaggio pleurico</i>	91 (58.7%)	39 (25.2%)	0	0	1 (0.6%)	24 (15.5%)
<i>Toracotomia</i>	11 (47.9%)	3 (13%)	0	2 (8.7%)	4 (17.4%)	3 (13%)
<i>Laparotomia</i>	0	0	0	1 (50%)	0	1 (50%)
<i>Sternotomia</i>	0	0	0	0	0	1 (100%)
<i>Cervicotomia</i>	2 (66.7%)	0	0	0	1 (33.3%)	0
<i>EGDS</i>	0	0	0	9 (100%)	0	0

La mortalità dopo trauma toracico isolato oppure associato a trauma extra-toracico è stata del 0.58%. In totale 3 pazienti sono deceduti durante il ricovero. Un maschio di 28 anni con fratture costali multiple, contusione polmonare ed importante emotorace sinistro dopo incidente stradale auto-moto è deceduto in sala operatoria per arresto cardiaco. Una femmina di 87 anni con emo-pneumotorace sinistro e fratture costali dopo incidente automobilistico (passeggero) è deceduta dopo poche ore dal posizionamento di tubo di drenaggio toracico per arresto cardiaco. Una femmina di 89 anni con emotorace da caduta all'interno di casa e senza trauma extra-toracico è deceduta dopo 32 giorni di ricovero per embolia polmonare.

**Tabella 11.** Giorni di degenza rispetto a tipo di trauma, a causa di trauma ed a trattamento scelto.

<b>Trauma</b>	<b>Giorni di degenza</b>	<b><i>p</i></b>	<b>Trattamento</b>	<b>Giorni di degenza</b>	<b><i>p</i></b>
<i>Chiuso</i>	5.1 ± 7.2	0.144	<i>Conservativo</i>	3.3 ± 4.3	<0.01
<i>Aperto</i>	5.5 ± 8.3		<i>Drenaggio pleurico</i>	7.6 ± 8.7	
			<i>Toracotomia</i>	11 ± 13.4	
<b>Causa del trauma</b>	<b>Giorni di degenza</b>	<b><i>p</i></b>	<i>Laparotomia</i>	40.5 ± 30.4	
<i>Incidente stradale</i>	4.9 ± 6.8	0.686	<i>Sternotomia</i>	9	
<i>Caduta</i>	5.3 ± 8.3		<i>Cervicotomia</i>	10.7 ± 1.1	
<i>Arma da fuoco</i>	7.2 ± 3.1		<i>EGDS</i>	5.3 ± 5.9	
<i>Arma bianca</i>	5.2 ± 8.9				
<i>Rissa</i>	1.5 ± 4				
<i>Altro</i>	7.4 ± 6.6				

## DISCUSSIONE

Il trauma toracico continua ad essere un importante argomento di sanità pubblica sia nei paesi sviluppati che in paesi in via di sviluppo. È responsabile della morte di 1 su 4 pazienti politraumatizzati. In oltre, in 50% dei traumi la lesione toracica associata ne aggrava la prognosi. La mortalità da trauma toracico sembra di essere diminuita progressivamente con il passaggio degli anni e, attualmente, risulta essere tra il 4 e 7%. Tuttavia, negli Stati Uniti 12 persone per milione di abitanti al giorno accusano un trauma toracico che sarà responsabile di circa 16000 decessi l'anno [1]. La causa principale di queste lesioni toraciche è un trauma chiuso in seguito ad incedente stradale (circa il 70%). Circa il 25% dei pazienti traumatizzati avranno necessità di ricovero ospedaliero indipendentemente dalla causa. Sempre per gli Stati Uniti, il danno socioeconomico del trauma toracico risulta essere di una perdita di circa 71400 ore di lavoro e 17600 ore di disabilità permanente di lavorare per ogni 100000 persone della popolazione generale per ogni anno [110,111]. È importante sottolineare che tutti i dati epidemiologici relativi al trauma toracico e le sue conseguenze provengono solo da studi americani. Nella nostra casistica abbiamo incluso 532 pazienti ricoverati con trauma toracico isolato oppure associato a trauma extra-toracico che corrisponde a circa 177 pazienti l'anno, un numero eccessivo rispetto alle statistiche americane. Questo è dovuto, probabilmente, al differente modo di gestione di questi pazienti all'interno della struttura ospedaliera oppure del sistema sanitario greco. In particolare, il 63.7% dei pazienti che necessitavano solamente l'osservazione clinica sono stati indirizzati al consulente chirurgo toracico e successivamente ricoverati presso il reparto di chirurgia toracica indicando una incapacità del sistema di pronto soccorso greco a differenziare il trauma toracico serio dalla patologia toracica semplice.

L'età delle persone traumatizzate ha un ruolo fondamentale per la severità del trauma e la prognosi. Nei pazienti pediatrici, la gabbia toracica è flessibile ed elastica per cui è raro riscontrare delle fratture ossee. Al contrario, le lesioni intratoraciche sono più semplici e severi. Nelle persone anziane, la fragile struttura ossea del torace è facilmente suscettibile a fratture anche quando la forza d'impatto è minima. Questo risulta ad un basso livello di protezione degli organi interni con conseguente alta mortalità anche con lesioni toraciche minori. Nel nostro studio, abbiamo osservato che, in effetti, i due dei tre pazienti deceduti in seguito a trauma toracico isolato erano anziani (87 e 89 anni, rispettivamente) ed il trauma era

il risultato di una forza d'impatto relativamente bassa (caduta semplice ed accidente automobilistico a bassa velocità e portatrice di cintura di sicurezza).

Nella bibliografia internazionale è evidente che, maggiormente, i maschi e le persone di età giovanile della popolazione si rivolgono al pronto soccorso per trauma toracico [110,111,112,113,114]. Questo coinvolgimento maggiore dei giovani può avere delle conseguenze socioeconomiche nella popolazione. Nella nostra casistica, il 72.9% dei pazienti era di sesso maschile, mentre il 27.1% era di sesso femminile. È caratteristico che non abbiamo osservato una differenza nella distribuzione di età di questi pazienti anche se, numericamente, i maschi di età compresa tra la 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> decade di vita hanno avuto più traumi toracici.

Il tipo di trauma toracico può variare dal trauma chiuso al trauma aperto (oppure penetrante) rispetto al meccanismo lesivo responsabile. Marc et al. descrivono che, nella popolazione civile, il trauma toracico più comune riguarda il trauma chiuso con un percentuale che varia dal 63% al 78% con gli incidenti automobilistici al primo posto, mentre le cadute sono responsabili solo nel 10% - 17% dei casi [29]. Nella nostra casistica, il trauma toracico chiuso era responsabile del 89.3% dei traumi del torace in accordo con la bibliografia. Gli incidenti stradali erano responsabili del trauma toracico nel 62.8% dei casi. Questo è un numero paragonabile alle casistiche internazionali [115]. Le condizioni stradali, l'ambiente al di fuori delle corsie, il tipo di veicoli coinvolti nell'incidente, la violazione dei cartelli stradali e delle regole di traffico, il mancato uso dei mezzi di sicurezza dai passeggeri dei veicoli e la violazione delle regole pedonali sono le più frequenti cause di incidenti stradali. In oltre, si deve segnalare che la Grecia rappresenta il paese europeo con i maggior decessi da incidenti stradali. Studi scientifici internazionali hanno dimostrato che si può avere la riduzione degli incidenti mortali di circa 25% e 30% con il solo uso delle cinture di sicurezza e del casco, rispettivamente [116,117]. Seconde in ordine, sono le cadute da altezza che arrivano al 23.3% nella casistica, mentre come terza causa figurano i traumi da risse (0.8%). È utile notare che il percentuale di traumi toracici da risse è basso se si considera che la Grecia è uno dei paesi mediterranei con una affluenza importante di gente di varia nazionalità, spesso anche di basso livello socioeconomico ed istruttivo, responsabile dell'aumentata percentuale di violenza

negli ultimi anni. Negli Stati Uniti, paese con alta percentuale di atti violenti, le risse sono la terza causa di trauma in percentuale di 7.5% [118].

Questi dati si confermano anche dallo studio di Segers et al, il quale ha trovato come cause principali del trauma toracico chiuso (95.8%) gli incidenti automobilistici e le cadute da altezza (72.2% e 17.1%, rispettivamente) [119]. In un altro studio eseguito da Cakan e collaboratori è evidente che la patologia traumatica del torace coinvolge maggiormente i traumi chiusi (72%) rispetto ai traumi aperti (28%) [120]. Tuttavia, il tipo e meccanismo del trauma toracico è distribuito in modo diverso rispetto alla zona dell'ospedale di riferimento (zona urbana oppure rurale). Secondo lo studio canadese di Hill [121], il 96.3% dei pazienti arrivati ad un centro di trauma urbano avevano un trauma toracico chiuso, mentre soltanto il restante 3.7% aveva un trauma toracico penetrante. Dallo stesso studio si evidenzia che il trauma chiuso era dovuto ad incidente stradale (70%), suicidio (10%), caduta (8%), omicidio (7%) e altre cause (5%).

Dai nostri dati si conclude che i traumi chiusi del torace possono interessare tutte le strutture ed organi della gabbia toracica. Le coste, lo sterno, il parenchima polmonare con le pleure, l'albero tracheo-bronchiale e l'esofago sono interessati in percentuale diversa. Le fratture costali erano il trauma toracico più comune (50.6%) seguite dal pneumotorace (37.3%) e dall'emotorace (25.4%). Emopneumotorace è stato riscontrato nel 14.1% dei pazienti. Questo dato sembra di essere in accordo con lo studio giapponese di Miura [122] al quale le fratture costali rappresentavano le prime dalle lesioni toraciche dopo trauma chiuso seguite dall'emotorace e dalle contusioni polmonari. Altri studi internazionali classificano le fratture costali come la lesione più frequente [110,114]. Nello studio retrospettivo di Segers su 187 pazienti con trauma toracico, le lesioni toraciche più frequenti erano le fratture costali (n=133) e le contusioni polmonari (n=110) [3]. Simarli et al. [123] descrivono 548 su 1417 pazienti con fratture costali dai quali 27 hanno necessitato l'intervento chirurgico causa l'instabilità della parete oppure eventuali complicazioni legate alle fratture. Negli Stati Uniti, le fratture costali è stimato di essere presenti nel 10% di tutti i traumi e nel 14% dei traumi del torace [50]. Il 70.4% dei pazienti con fratture costali hanno presentato anche emo- e/o pneumotorace.

Fratture costali multiple e consecutive possono risultare in volet costale con movimento paradossale durante l'inspirazione ed insufficienza respiratoria. Anche se abbiamo riscontrato

un numero elevato di fratture costali (singole e multiple) dopo trauma toracico, non abbiamo visto pazienti con volet costale. In letteratura, l'incidenza di volet costale post-traumatico non è stimata per gli ospedali che non sono "centri di trauma". Il collegio americano dei chirurghi (American College of Surgeons), basato su alcuni studi pubblicati dall' 1984 all' 1990, conclude che un "centro di trauma" vedrà circa 1-2 casi al mese [124,125].

Un altro aspetto importante riguarda le fratture sternali. La presenza di una frattura sternale implica la presenza di un trauma severo a livello della parete toracica anteriore con trasferimento di alta energia. Nel nostro studio, 99 pazienti (18.6%) avevano una frattura sternale conseguenza di trauma chiuso dopo incidente stradale. Tutti i pazienti con trauma sternale erano conducenti di veicoli coinvolti. In tre di loro, un ematoma mediastinico retrosternale era presente senza alterazioni cliniche. Potaris et al. descrivono come causa di frattura sternale traumatica gli incidenti stradali (90%) e le cadute da altezza (10%) [126]. Secondo lo studio di Velissaris et al. [127], il 4% dei pazienti con fratture costali hanno avuto dislocazione dei monconi fratturati che hanno richiesto il trattamento chirurgico. Il trattamento delle fratture sternali è solitamente conservativo. Athanassiadi et al. [128]. concludono che le fratture sternali isolate hanno una buona prognosi, ma anche suggeriscono un'attenta valutazione ed osservazione clinica.

Dal punto di vista di traumi penetranti, nel nostro studio i traumi da arma bianca erano 48 e da arma da fuoco 9 in un totale di 57 traumi. Questo è dovuto dalla presenza di leggi che impediscono di tenere in proprietà armi da fuoco. In uno studio americano su 3049 pazienti consecutivi con trauma toracico penetrante ricoverati in un ospedale urbano, il 55% dei traumi erano dovuti a colpo da arma da fuoco ed il 45% da arma bianca. Al contrario, nello studio europeo di Valcarreres et al. il trauma toracico penetrante da pugnale aveva un'incidenza molto superiore rispetto ai traumi da pistola [129,130].

Il trattamento conservativo dei traumi toracici ha rappresentato il tipo di approccio scelto nella maggioranza dei casi (63.7%). Questo era dovuto dal fatto che il trattamento chirurgico è riservato per casi altamente selezionati. Il posizionamento di un tubo di drenaggio pleurico è la procedura maggiormente applicata (29.1%) per trattare l'emo- e/o pneumotorace traumatico. Con essa si può drenare in modo efficiente lo spazio pleurico dall'aria e/o sangue raccolto, ottenere la riespansione completa del parenchima polmonare e monitorare la

fuoriuscita di sangue dall'emitorace coinvolto per evitare sanguinamenti pericolosi per la vita. Quindi, trattare definitivamente la maggioranza di traumi del torace. Tanti altri studi riportano questa procedura come la più frequente per trattare il paziente con trauma toracico. In due studi pubblicati nel 2002 e 2003 rispettivamente, riportano il solo posizionamento del tubo di drenaggio come trattamento nel 54% dei casi. La toracotomia è stata necessaria nel 24.4%. tra i traumi del torace, solamente il 10 – 15% dei traumi chiusi avevano bisogno dell'intervento chirurgico e solamente il 15 – 30% dei traumi aperti necessitano una toracotomia. Gli autori concludono che l'85% dei pazienti con trauma toracico può essere trattato con semplici manovre salvavita che non necessitano il trattamento chirurgico [132,133].

Nello studio di Cakan et al., il 41% dei pazienti è stato sottoposto a posizionamento di tubo di drenaggio pleurico. Anche se la maggioranza di questi pazienti è stata trattata in modo conservativo, solamente il 3% ha avuto un trattamento chirurgico. Risultati simili si trovano nello studio di Demirhan et al. [120,132]. Nello studio di Segers et al., le indicazioni principali per la toracotomia erano: lacerazione polmonare (26,3%), rottura dell'aorta (15.7%) e rottura del diaframma nel 15.7%. [3] Khan et al. [111] e Hanif et al. [134] osservano che solo il 10% dei pazienti con trauma toracico è stato sottoposto a toracotomia. Nel mondo sviluppato, l'uso della toracotomia nel trauma toracico arriva il 10% e 30% per i traumi chiusi ed aperti rispettivamente [110,114].

In generale, l'assenza di lesioni evidenti a livello toracico dopo trauma non esclude la presenza di lesioni interne importanti. Pertanto, è fondamentale essere a conoscenza delle condizioni e della violenza sotto le quali è avvenuto il trauma. La presenza di fratture delle ultime coste è sospetta di lesioni addominali per cui è necessario allargare il nostro esame clinico e strumentale anche alla ricerca di eventuali lesioni endoaddominali. Il trauma continua ad essere un problema sociale anche nel ventessimo secolo e la sua corretta gestione deve iniziare dalla percezione del problema. Utile è il miglioramento delle condizioni stradali e lavorative, luoghi di facile traumatismo toracico.

## BIBLIOGRAFIA

1. Hoyt DB, Coimbra R, Potenza B. In: Sabiston Textbook of Surgery. 17<sup>ed</sup>. Townsend JR, Editor. Philadelphia: Elsevier; 2004. Management of Acute Trauma; pp. 483–532.
2. ÓConnor JV, Adamski J. The diagnosis and treatment of non-cardiac thoracic trauma. J R Army Med Corps. 2010;156(1):5–14.
3. Segers P, Van Schil P, Jorens P, et al. Thoracic trauma: an analysis of 187 patients. Acta Chir Belg, 2001; 101(6): 277-82.
4. LoCicero III J, Mattox KL. Epidemiology of chest trauma. Surg Clin North Am 1989; 69(1):15 – 9.
5. Sayers RD. Underwood MJ. Bewers PC. Surgical management of major thoracic injuries. Injury. 1994. 25(2). 75-79.
6. David B, Raul C, Robert J, et al. Management of acute trauma. In: Townsend S (ed). Sabiston Textbook of Surgery, 16th ed., WI3 SaundersCo, 2001; 311-34.
7. James R, William C, Frank R, et al. Thoracic injuries. In: Lawrence W & Gerard M (ed). Current surgical diagnosis and treatment. ed., McGraw-Hill Co., 2003; 1: 244-8.
8. Meade R. Thoracic injury. In: Charles C (ed). A history of thoracic surgery. 1St ed., Springfield Co., 1961; 80-91.
9. Lindskog GE. Some historical aspects of thoracic trauma J. Thorac. Cardio. Surg. 1961, 42:1.
10. Hippocrates. Works, vol III (translated by ET Withington), Cambridge, MA, Harvard University Press, 1959, pp 307-313.
11. Meade R. Thoracic injury. In: Charles C (ed). A history of thoracic surgery. 1St ed., Springfield Co., 1961; 15
12. Theodoric. Surgery (A.D. 1267) vol I (translated by E Campbell and J Colton). New York, Appleton-Century-Crofts, 1955, pp 190-192.
13. De Chauliac G. On wounds and fractures (A.D. 1363) (translated by WA Brennan). Chicago, 1923, pp109-116.
14. Hamby WE. The case reports and autopsy reports of Ambroise Pare. Springfield, Charles C Thomas, 1960, pp 44-45.

15. Anel D. L'art de succer les plaies. Amsterdam, 1707, pp 24-25.
16. Mery M. Sur un emphyseme extraordinaire. Histoire de l'Academie Royale des Sciences. 1973. p 116.
17. Hoffmann DD. Tumor flatulentus subitaneius, a causa extrema violent. Acta Physicomedita. 1740. 5: 186.
18. Morgagni GB. The seats and causes of diseases investigated by anatomy (A.D.1761) (Translated by B Alexander) vol III. London, Millar and Cadell. 1769, p192.
19. Itard EM. Sur le pneumothorax ou les congestions gazeuses que forment dans le poitrine (thesis), 1803, vol II, part 32, Paris.
20. Paillaer A. Lecons orales. Clinique chirurgicale de Dupuytren. Vol 6, Paris. Germer Baillere Libraire. 1839, pp 308-318.
21. Valerie W and Robert J. Chest wall, pleura, lung, and mediastinum. In: Schwartz S(ed). Principles of surgery. 7th ed., McGraw Hill Co., 1999; 2:667-790.
22. Kenneth G and Matthew W. Thoracic anatomy. In: Bane E and Geha S(ed). Glenn's Thoracic and Cardiovascular Surgery. 6th ed., McGraw-Hill Co., 1996; 1: 370-84.
23. Gray H, Lawrence H, Martin M, et al. Anatomy of the thorax. In: Gray H and Carmine D (ed). Gray's Anatomy. 30th ed., Philadelphia: Lea andFebiger, 1985; 117-120.
24. Fraser R, Muller N, and Coleman N. Fractures of the trachea and bronchi. In: Fraser R (ed). Diagnosis of Diseases of the Chest. 4th ed., WB SaundersCo, 1999; 2618-23, 2692-5.
25. Bartolome R. Diseases of the diaphragm, chest wall, pleura, andmediastinum. In: Goldman L(ed). Cecil textbook of medicine. 21ed. W.BSaunders Co., 2000; 455-62.
26. Romanes G. Thoracic anatomy. In: Cunningham's Manual of PracticalAnatomy. 15th ed., Oxfod University Press, 1989; 2 : 16-76.
27. Jon M, Reginald J, and Ernest E. Trauma. In: Schwartz S (ed). Principlesof surgery. ed., McGraw Hill Co., 1999; 1: 155-85.
28. Patrick J and Ernest E. Management of chest trauma. In: Albert R (ed.).Comprehensive Respiratory Medicine. 1st ed., Mosby Co., 1999; 681-9.
29. Marc J, Stewart L, santa V, et al. Management of thoracic trauma. In: Rosen P (ed). Emergency Medicine: Concepts and Clinical Practice, th ed., Mosby Co., 2002; 2: 1287-95.

30. Wall M, Hirshberg A, LeMaire S, et al. Thoracic aortic and thoracicvascular injuries. *Surg Clin North Am*, 2001; 81(6): 1375-93.
31. Sidney C and Henry P. Diseases of the esophagus. In: Goldman L(ed.)*Cecil Textbook of Medicine*, 21st ed., WB Saunders Co., 2000; 1: 658-68.
32. James R, William C, Frank R, et al. Thoracic injuries. In: Lawrence W & Gerard M (ed). *Current surgical diagnosis and treatment*. ed., McGraw Hill Co., 2003; 1: 244-8.
33. Baker CC: epidemiology of trauma: the civilian perspective. *Ann Emerg Med*. 1986, 15: 1389-1390.
34. Mc Cabe CJ. Trauma: An annotated bibliography of the recent literature. *Am J Emerg Med*.1990, 8: 446-463.
35. Ali T. Trauma in Hall J, Schmidt GA, Wood L (eds): *Principles of Critical Care*. McGraw-Hill, 1992, 736-755.
36. Younes M. mechanism of ventilator failure. *Curr Pulmonol*. 1993, 14: 243-292.
37. Rodriguez-Roisin R, Wagner PD. Clinical relevance of ventilation-perfusion inequality determined by inert gas elimination. *Eur Resp J*. 1989, 3: 469-482.
38. Cuthbertson DP. Post shock metabolic responses. *Lancet*, 1942, vol I: 433.
39. Wilmore DW. Bodily changes in trauma and surgery in *Textbook of Surgery*, Sabison DC Jr (Ed), 13<sup>th</sup> Edition, Saunders, 186, pp 23-37.
40. Hockachka PW. Defence strategies against hypoxia and hypothermia, *Science*. 1986, 231: 234-241.
41. Crankson S, Fischer J, Al-Rabeeah A, et al. Pediatric thoracic trauma. *Saudi Med J*, 2001; 22(2): 117-20.
42. Mary B and Susan B. Blunt chest trauma. *Crit Care Nurs*, 1999; 19(5):68-77.
43. Bokhari F, Brakenridge S, Nagy K, et al. Prospective evaluation of the sensitivity of physical examination in chest trauma. *J Trauma*, 2002;53(6):1135-8.
44. Mehmet S, Hasan T, Saleh T, et al. A comprehensive analysis of traumatic Rib fractures. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2003 ; 24: 133-38.
45. Liman S, Kuzucu A, Tastede A, et al. Chest injury due to blunt trauma. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2003; 23(3): 374-8.
46. Dennis M and Duddy R. The lung and chest wall diseases. In: Murray Jand Nadel J (ed). *Textbook of Respiratory Medicine*, 3rd ed., WB SaundersCo, 2000; 2: 2044-55.
47. Pate JW. Chest wall injuries. *Surg Clin North Amer*. 1989, 69: 59-70.

48. Middleton C, Edwards M, Lang N, et al. Management and treatment of patients with fractured ribs. *Nurs Times*, 2003; 99(5): 30-2.
49. Collins J. Chest wall trauma. *J Thorac Imaging*, 2000; 15(2):112-9.
50. Bansidhar B, Lagares-Garcia J, and Miller S. Clinical rib fractures: are follow-up chest X-rays a waste of resources? *Am Surg*, 2002; 68(5): 449-53.
51. David B, Raul C, Robert J, et al. Management of acute trauma. In: Townsend S (ed). *Sabiston Textbook of Surgery*, 16th ed., W.B. Saunders Co, 2001; 311-34.
52. K. Knobloch, S. Wagner, C. Haasper, C. Probst, C. Krettek, PM. Vogt, et al.: Sternal fractures are frequent following high deceleration velocities in a severe vehicle crash. *Injury*. 39:36-43 2008.
53. Potaris K, Gakidis J, Mihos P, et al. Management of sternal fractures: 239 cases. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2002; 10(2): 145-9.
54. Sadaba J, Oswal I, and Munsch C. Management of isolated sternal fractures: determining the risk of blunt cardiac injury. *Ann R Coll Surg Engl*, 2000; 82(3): 162-6.
55. I. Bar, T. Friedman, E. Rudis, Y. Shargal, M. Friedman, A. Elami: Isolated sternal fracture—a benign condition? *Isr Med Assoc J*. 5:105-106 2003.
56. Duncan M, McNicholas V, O'Keeffe D, et al. Periosteal infusion of bupivacaine/morphine post sternal fracture: a new analgesic technique. *Reg Anesth Pain Med*, 2002; 27(3): 316-8.
57. Min J and Sung M. Insufficiency fractures of the sternum. *Scand. Rheumatol.*, 2003; 32(3): 179-80.
58. Tomianovich MC. Pulmonary parenchymal injuries. *Emerg Med Clin North Am* 1983, pp 379-382.
59. Ullman E. Pulmonary trauma emergency department evaluation and management. *Emerg Med Clin North Am*, 2003; 21(2): 291-313.
60. R.B. Wagner, W.O. Crawford Jr., P.P. Schimpf, P.M. Jamieson, K.C. Rao: Quantitation and pattern of parenchymal lung injury in blunt chest trauma. Diagnostic and therapeutic implications. *J Comput Tomogr*. 12:270-281 1988.
61. Huh J, Wall M, Estrera A, et al. Surgical management of traumatic pulmonary injury. *Am J Surg*, 2003; 186(6): 620-4.

62. Tranbaugh RF, Elings VB, Christensen J, Lewis FR: Determinants of pulmonary interstitial fluid accumulation after trauma. *J Trauma* 1982; 22:820-826.
63. Cohn SM: Pulmonary contusion: Review of the clinical entity. *J Trauma* 1997; 42:973-979.
64. P.R. Miller, M.A. Croce, P.D. Kilgo, J. Scott, T.C. Fabian: Acute respiratory distress syndrome in blunt trauma: identification of independent risk factors. *Am Surg.* 68:845-850 2002.
65. L. Nelson: Ventilatory support of the trauma patient with pulmonary contusion. *Respir Care Clin N Am.* 2:425-447 1996.
66. D.R. Kollmorgen, K.A. Murray, J.J. Sullivan, M.C. Mone, R.G. Barton: Predictors of mortality in pulmonary contusion. *Am J Surg.* 168:659-663 1994.
67. Carrillo EH, Block EF, Zeppa R, Sosa JL: Urgent lobectomy and pneumonectomy. *Eur J Emerg Med* 1994; 1:126-130.
68. Fitz-Hugh GS, Powell III JB: Management of laryngotracheal injuries. *Va Med* 1970; 97:490-493.
69. Gussack GS, Jurkovich GJ, Luterman A: Laryngotracheal trauma: A protocol approach to a rare injury. *Laryngoscope* 1986; 96:660-665.
70. Baumgartner F, Sheppard B, De Virgilio C et al. tracheal and main bronchial disruptions after blunt chest trauma. *Ann Thorac Surg.* 1990, 50: 569-574.
71. S.B. Johnson: Tracheobronchial injury. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 20:52-57 2008.
72. S. Shackford: Focused ultrasound examination by surgeons: The time is now (editorial). *J Trauma.* 35:181 1993.
73. L. Omert, W.W. Yeane, J. Protetch: Efficacy of thoracic computerized tomography in blunt chest trauma. *Am Surg.* 67 (7):660-664 2001.
74. Lee RB: Traumatic injury of the cervico-thoracic trachea and major bronchi. *Chest Surg Clin N Am* 1997; 7:285-304.
75. Kirsch MM, Orringer MB, Behrendt DM, Sloan H: Management of tracheobronchial disruption secondary to non-penetrating trauma. *Ann Thorac Surg* 1976; 22:93-101.
76. Tina G and Diana L. Care of the Critically Ill Pediatric Trauma Patient: The surgical airway. *Respir Care Cl in N Am,* 2001; 7(1): 13-23.

77. American College of Surgeons Committee on Trauma: Advanced Trauma Life Support Program Instructor's Manual, Chicago, American College of Surgeons, 1989.
78. Kelly JP, Webb WR, Moulder PV, et al: Management of airway trauma: I. Tracheobronchial injuries. *Ann Thorac Surg* 1985; 40:551-555.
79. Rossbach MM, Johnson SB, Gomez MA, et al: Management of major tracheobronchial injuries: A 28-year experience. *Ann Thorac Surg* 1998; 65:182-186.
80. Reece GP, Shatney CH: Blunt injuries of the cervical trachea: Review of 51 patients. *South Med J* 1988; 81:1542-1548.
81. Flynn AE, Thomas AN, Schechter WP: Acute tracheobronchial injury. *J Trauma* 1989; 29:1326-1330.
82. Symbas PN, Hatcher JCR, Vlasis SE: Bullet wounds of the trachea. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1982; 83:235-238.
83. Stark P: Imaging of tracheobronchial injuries. *J Thorac Imaging* 1995; 10:206-219.
84. Kumpe DA, Oh KS, Wyman SM: A characteristic pulmonary finding in unilateral complete bronchial transection. *AJR Am J Roentgenol* 1970; 110:704-706.
85. Chu C and Chen P. Tracheobronchial injury secondary to blunt chest trauma: diagnosis and management. *Anaesth Intensive Care*, 2002; 30(2):145-52.
86. Calhoun JH, Trinkle JK: Pathophysiology of chest trauma. *Chest Surg Clin N Am* 1997; 7:199-211.
87. Martelli M, Orsetti R. Patologia delle cavità pleuriche. In: Verduci Editore (Ed). *Traumi del torace*, 1995. p 81-98.
88. Jon M, Reginald J, and Ernest E. Trauma. In: Schwartz S(ed). *Principles of surgery* 7<sup>th</sup>. ed., McGraw Hill Co., 1999; 1: 155-85.
89. Seth W. Tube thoracostomy. In: Roberts L (ed.). *Clinical Procedures in Emergency Medicine*, 3rd ed., WB Saunders Co., 1998; 148-71.
90. Martinez M, Briz J, and Carillo E. Video thoracoscopy expedites the diagnosis and treatment of penetrating diaphragmatic injuries. *Surg Endosc*, 2001; 15(1): 28-32.
91. Lomanto D, Poon P, So J, et al. Thoraco-laparoscopic repair of traumatic diaphragmatic rupture. *Surg Endosc*, 2001; 15(3): 323.
92. Lowdermilk C; and Naunheim K. Thoracoscopic evaluation and treatment of thoracic trauma. *Surg Clin North Am*, 2000; 80(5): 1535-42.

93. Haci G, Solak O, Olcmen A, et al. Management of traumatic diaphragmatic rupture. *Surg Today*, 2004; 34(2): 111-4.
94. Abdel Hadi M,A, Al-Awad N, et al. Diaphragmatic injury: A clinical review. *Saudi Med J*, 2001; 22(10): 890-4.
95. Kearney PA, Rouhana SW, Burney RE. blunt rupture of the diaphragm: Mechanism, diagnosis and treatment. *Ann Emerg Med* 1989, 18: 1326.
96. Beal SL, McKennan M. blunt diaphragm rupture: A morbid injury. *Arch Surg* 1988, 123: 828.
97. Asensio JA, Demetriades D, Rodriguez A. Injury to the diaphragm. In: Feliciano DV, Moore EE, Mattox KL (Eds). *Trauma*, 3<sup>rd</sup> Edition. Appleton-Lange, Stamford. 1996, pp 461-485.
98. Karmy-Jones R, Carter Y, Stern E: The impact of positive pressure ventilation on the diagnosis of traumatic diaphragmatic injury. *Am Surg* 2002; 68:167-172.
99. Gelman R, Mirvis SE, Gens D. Diaphragmatic rupture due to blunt trauma: sensitivity of plain chest radiographs. *AJR* 1991, 156: 51-57.
100. Mansour KA: Trauma to the diaphragm. *Chest Surg Clin N Am* 1997; 7:373-383.
101. J.A. Murray, D. Demetriades, J.A. Asensio, E. Cornwell, G.C. Velmahos, H. Belzberg, TV. Berne: Occult injuries to the diaphragm: prospective evaluation of laparoscopy in penetrating injuries to the left lower chest. *J Am Coll Surg*. 1998; 187 (6):626-630.
102. Cameron J. Diaphragmatic injury. In: *Current Surgical Therapy*. 7th ed. St.Louis, Mosby-Year Book; 2001: 1095-100.
103. P.U. Reber, B. Schmied, C.A. Seiler, H.U. Baer, A.G. Patel, M.W. Büchler: Missed diaphragmatic injuries and their long-term sequelae. *J Trauma*. 44:183-188 1998.
104. A.S. Bryant, R.J. Cerfolio: Esophageal trauma. *Thorac Surg Clin*. 17 (1):63-72 2007.
105. Pate JW. Esophageal injuries. *Surg Clin North Am* 1989, 69: 118-123.
106. R.B. Bastos, G.M. Graeber: Esophageal injuries. *Chest Surg Clin N Am*. 7:357-371 1997.
107. Michel L, Malt R. operative and non operative management of esophageal perforation. *Ann Surg* 1981, 194:57.
108. Merrigan B, Winter D, O'Sullivan G. Chylothorax. *Br J Surg* 1997, 84 (1):15-20.

109. E.K. Yeong, M.T. Chen, S.H. Chu: Traumatic asphyxia. *Plast Reconstr Surg.* 93:739-744 1994.
110. Sawyer MAJ, Jablons D, Kukreja J. Blunt chest trauma. *Emedicine* [online]. 2004 Aug [Cited 2005 Jan 1]. Available from: <http://www.emedicine.com/med/topic3658.htm>.
111. Khan MS, Bilal A. A prospective study of penetrating chest trauma and evaluation of the role of thoracotomy. *J Postgrad Med Inst* 2004; 18: 33-9.
112. Khan K, Rehman G, Khan MY, Waheed T. Management of thoracic injuries in children. *J Postgrad Med Inst* 2004; 18:18-23.
113. Hussain S, Ghulam Ali, Aslam M, Qureshi I, Khanani R, Sanauallah. Road traffic accidents injuries in children. *J Surg Pak* 1997; 2: 11-2.
114. Hoyt DB, Coimba R, Engelhardt S, Hansbrough JF, Mikulaschek A, Moosa AR, et al. Chest trauma. In: Cuschieri A, Steele RJC, Moosa AR, (edi). *Essential surgical practice*. 4th ed. London: Arnold; 2002: p. 5-15.
115. Sonneborn R, Espinoza R, Geni R et al. Treatment results in 588 patients with multiple trauma. *Rev Med Chil* 1998, 126 (12):1478-1482.
116. Petridou E, Skalkidou A, Ioannou N et al. Fatalities from non use of seat belts and helmets in Greece: a nationwide appraisal Hellenic road Traffic Police, *Accid Anal Prev* 1998, 30 (1):87-91.
117. Sauson G, Di Bartolomeo S, Nardi G et al. Road traffic accidents with vehicular entrapment: incidence of major injuries and need for advances life support. *Eur J Emerg Med* 1999, 6 (4):285-291.
118. Grossm DC, Kim A, McDonald SC et al. rural differences in prehospital care of major trauma. *J Trauma* 1998, Vol 42 (4), pp 723-729.
119. Segers P, Van Schil P, Jorens P, et al. Thoracic trauma: an analysis of 187patients. *Acta Chir Belg*, 2001; 101(6): 277-82.
120. Cakan A, Cagirici U, Buduneli T, et al. Tracheo-bronchial injuries due to blunt thoracic trauma: 10 years experience. *Turk J Trauma*, 2000;6(4):255-9.
121. Hill A, Fleischer D, and Brown R. Chest trauma in a Canadian urban setting: implications for trauma research in Canada. *J Trauma*, 1991; 31: 971-73.
122. Miura H, Taira O, Hiraguri S, et al. Blunt thoracic injury. *Jpn J ThoracCardiovasc Surg*, 1998; 46(6): 556-60.

123. Sirmali M, Turut H, Topcu S, et al. A comprehensive analysis of traumatic rib fractures: morbidity, mortality and management. *Eur Cardiothorac Surg*, 2003; 24(1): 133-8.
124. Landercasper J, Coghill T, and Lindesmith L. Long term disability after flail chest injury: *J Trauma*, 1984; 24(5): 410-4.
125. Champion H, Copes W, and Sacco W. Major Trauma Outcome: establishing national norms for trauma care. *J Trauma*, 1990; 30(11): 1356-65.
126. Potaris K, Gakidis J, Mihos P, et al. Management of sternal fractures: 239cases. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2002; 10(2): 145-9.
127. Velissaris T, Tang A, Patel A, et al. Traumatic sternal fracture: outcome following admission to a Thoracic Surgical Unit. *Injury*, 200; 34(12):924-7.
128. Athanassiadi K, Gerazounis M, Moustardas M, et al. Sternal fractures: retrospective analysis of 100 cases. *World J Surg*, 2002; 26(10): 1243-6.
129. Val-Carreres A, Val-Carreres C, Escartin A, et al. Thoracic stab wounds. *Arch Bronchopneumol*, 2001; 34(7): 329-32.
130. Mandal A and Sanusi M. Penetrating chest wounds: 24 years experience. *World J Surg*, 2001; 25(9): 1145-9.
131. Tekinbas C, Eroglu A, Kurkcuoglu I, et al. Chest trauma: analysis of 592cases. *Turk J Trauma*, 2003; 9(4): 275-80.
132. Raju S, Padmanabhan M, Rajnish J, et al. Profile of Chest Trauma in a Referral Hospital. *Ann Thorac Surg*, 2002; 73: 1948-9.
133. Demirhan R, Kucuk H, Kargi A, et al. Evaluation of 572 cases of blunt and penetrating thoracic trauma. *Turk J Trauma*, 2001; 7(4): 231-235.
134. Hanif F, Mirza SM, Chaudhry AM. Re-appraisal of thoracic trauma. *Pak J Surg* 2000; 16: 25-8.