

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA**  
**SCUOLA DI SCIENZE MEDICHE E FARMACEUTICHE**  
**Dipartimento di medicina interna e specialità mediche (DIMI)**



**TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN**  
**MEDICINA E CHIRURGIA**

**Valutazione del trauma toracico mediante ecografia:  
risultati preliminari dello studio prospettico TRACTION**

**Relatore:**

Prof. Roberto Pontremoli

**Correlatore:**

Dott. Stefano Sartini

**Candidata:**

Valentina Veglio

Anno Accademico 2025-2026



# Sommario

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE: IL PAZIENTE TRAUMATIZZATO</b> .....	<b>3</b>
1.1	SINDROME DA SCHIACCIAMENTO .....	3
1.2	TRAUMA MAGGIORE .....	3
1.3	POLITRAUMA.....	4
<b>2</b>	<b>IL TRAUMA TORACICO</b> .....	<b>5</b>
2.1	DEFINIZIONE E CLASSIFICAZIONE .....	5
2.2	EPIDEMIOLOGIA .....	6
2.3	EZIOLOGIA .....	6
2.3.1	<i>Impatto diretto</i> .....	7
2.3.2	<i>Compressione</i> .....	7
2.3.3	<i>Decelerazione</i> .....	7
2.3.4	<i>Esplosione</i> .....	8
2.4	FISIOPATOLOGIA.....	8
2.5	TIPOLOGIE DI LESIONI NEL TRAUMA TORACICO .....	8
2.5.1	<i>Lesioni immediatamente letali</i> .....	8
2.5.2	<i>Lesioni della parete toracica e pleuro-polmonari</i> .....	11
2.5.3	<i>Lesioni potenzialmente letali</i> .....	14
2.6	COMPLICANZE DEL TRAUMA TORACICO .....	15
2.6.1	<i>Insufficienza respiratoria acuta</i> .....	15
2.6.2	<i>Sindrome da distress respiratorio acuto (ARDS)</i> .....	16
2.6.3	<i>Sepsi e Shock</i> .....	17
2.6.4	<i>Complicanze a lungo termine: fibrosi polmonare e dolore cronico</i> .....	18
2.7	GESTIONE DEL PAZIENTE CON TRAUMA TORACICO.....	18
2.7.1	<i>Il protocollo ATLS (Advanced Trauma Life Support)</i> .....	19
2.7.2	<i>Valutazione pre-ospedaliera</i> .....	19
2.7.3	<i>Approccio Primario</i> .....	19
2.7.4	<i>Approccio Secondario</i> .....	23
2.7.5	<i>Immobilizzazione e trasporto</i> .....	25
2.7.6	<i>Valutazione intraospedaliera</i> .....	29
2.8	DIAGNOSI E TRATTAMENTO DEL TRAUMA TORACICO .....	31
2.8.1	<i>E-fast</i> .....	31
2.8.2	<i>Ecografia Toracica (TUS)</i> .....	32
2.8.3	<i>Rx Torace</i> .....	33

2.8.4	<i>TC torace e TC total body</i> .....	34
2.8.5	<i>Gestione del dolore</i> .....	36
2.8.6	<i>Supporto Ventilatorio e Ossigenazione</i> .....	38
2.8.7	<i>Drenaggio toracico</i> .....	41
2.8.8	<i>Radiologia Interventistica</i> .....	42
2.8.9	<i>Toracotomia d'emergenza</i> .....	42
<b>3</b>	<b>ECOGRAFIA NEL TRAUMA TORACICO</b> .....	<b>44</b>
3.1	PRINCIPI GENERALI.....	44
3.2	REPERTI ECOGRAFICI NEL POLMONE .....	44
3.3	REPERTI ECOGRAFICI PATOLOGICI NEL TRAUMA TORACICO .....	47
3.3.1	<i>Pneumotorace</i> .....	47
3.3.2	<i>Versamento pleurico</i> .....	48
3.3.3	<i>Emotorace</i> .....	50
3.3.4	<i>Contusione polmonare</i> .....	51
3.3.5	<i>Consolidamenti polmonari</i> .....	51
3.3.6	<i>Fratture costali</i> .....	51
3.4	LUS (LUNG ULTRASOUND SCORE).....	52
3.4.1	<i>Vantaggi del LUS rispetto a RX e TC</i> .....	53
3.4.2	<i>Limitazione del LUS</i> .....	54
<b>4</b>	<b>STUDIO CLINICO</b> .....	<b>55</b>
4.1	BACKGROUND .....	55
4.2	MATERIALI E METODI .....	56
4.3	RISULTATI .....	58
4.4	DISCUSSIONE.....	79
4.5	CONCLUSIONI .....	81
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>83</b>

# 1 Introduzione: il paziente traumatizzato

In medicina il termine “trauma” indica una lesione dell’organismo provocata da un agente esterno che agisce in modo improvviso, rapido e violento [1].

Il trauma è una delle principali cause di mortalità, in particolare nei giovani adulti, con circa il 20% dei decessi classificabili come “evitabili”. È cruciale garantire una gestione rapida e coordinata di questi pazienti, iniziando già dalla chiamata e proseguendo fino all’arrivo al centro traumatologico [2].

La Abbreviated Injury Scale (AIS) viene utilizzata a livello mondiale nel trauma per descrivere le lesioni e il loro livello di gravità [3]. L’AIS inizialmente nacque per i traumi chiusi ma ora è utilizzato per tutte le tipologie di trauma. Su questa base l’Injury Severity Score (ISS), sistema di punteggio anatomico che valuta la gravità delle lesioni, permette di valutare i pazienti con lesioni multiple. Si calcola con la somma dei quadrati dei punteggi AIS più elevati (tra 0 e 6) nelle tre regioni corporee con lesioni più gravi. Il valore dell’ISS varia da 3 (minimo) e 75 (massimo). L’ISS non ha una correlazione lineare con la mortalità però è comunque molto usato per suddividere i pazienti in base alla gravità delle loro lesioni [4].

## 1.1 Sindrome da schiacciamento

La sindrome da schiacciamento è una grave condizione sistemica data da una prolungata compressione del muscolo scheletrico, che causa danni da ischemia-riperfusion e porta a necrosi. Si sviluppa a partire da circa un’ora dopo il trauma. La mortalità raggiunge il 48%. Le complicanze principali che si verificano sono l’insufficienza cardiaca, insufficienza renale acuta, lo shock, l’iperpotassiemia, l’acidosi metabolica fino alla coagulazione intravascolare disseminata e sepsi. Nella maggior parte dei casi si verifica in contesti di disastri naturali o artificiali [5].

## 1.2 Trauma maggiore

Il trauma maggiore è definito come la presenza di una o più lesioni potenzialmente letali o capaci di provocare disabilità a lungo termine. Circa l’8% di tutti i decessi

mondiali sono da attribuire a un trauma maggiore, che si prevede sarà la terza causa principale di disabilità entro il 2030. In particolare, in Italia, le principali cause sono da attribuire a cadute e incidenti stradali [6].

Inoltre, si parla di trauma maggiore se l'Injury Severity Score (ISS) è  $\geq 16$  [7].

### 1.3 Politrauma

Parlando di politrauma si fa riferimento a lesioni gravi in più regioni del corpo, associate a compromissione fisiologica e a risposta infiammatoria, con possibile evoluzione in insufficienza d'organo e con una alta mortalità. In particolare, si parla di politrauma in presenza di almeno due regioni corporee con punteggio AIS maggiore a 2 in ciascuna, questo corrisponde ad un Injury Severity Score (ISS) pari o superiore a 18. Dal punto di vista epidemiologico colpisce prevalentemente pazienti giovani maschi.

I pazienti che sopravvivono sono di difficile gestione per via delle pluricomorbidità che sviluppano e richiedono una rapida gestione preospedaliera e una completa valutazione diagnostica oltre che un complesso trattamento [8].

## 2 Il trauma toracico

### 2.1 Definizione e classificazione

Il torace è la cavità corporea compresa tra collo e addome, ha una configurazione conica, più stretta a livello superiore. Ha una componente muscolare, una cartilaginea e una ossea. A livello della componente ossea sono presenti dodici costole e dodici vertebre toraciche, lo sterno, le scapole, le clavicole. Le coste e le vertebre, articolandosi mediante le articolazioni costo-vertebrali posteriormente e l'unione tra dieci coste e sterno anteriormente costituiscono la gabbia toracica. Le altre coste sono dette fluttuanti. La componente muscolare insieme al diaframma partecipa alla dinamica respiratoria e all'espansione dei polmoni, ottenuta mediante la pressione intratoracica negativa. I principali rami che vascolarizzano la regione sono le arterie intercostali, l'arteria toracica interna e l'arteria ascellare. Mentre il drenaggio venoso è a carico delle vene intercostali. Per quanto riguarda l'innervazione si hanno dodici coppie di nervi spinali toracici, ognuno di questi decorre lungo il bordo inferiore di ogni costa insieme all'arteria e alla vena, costituendo il fascio vascolonervoso.

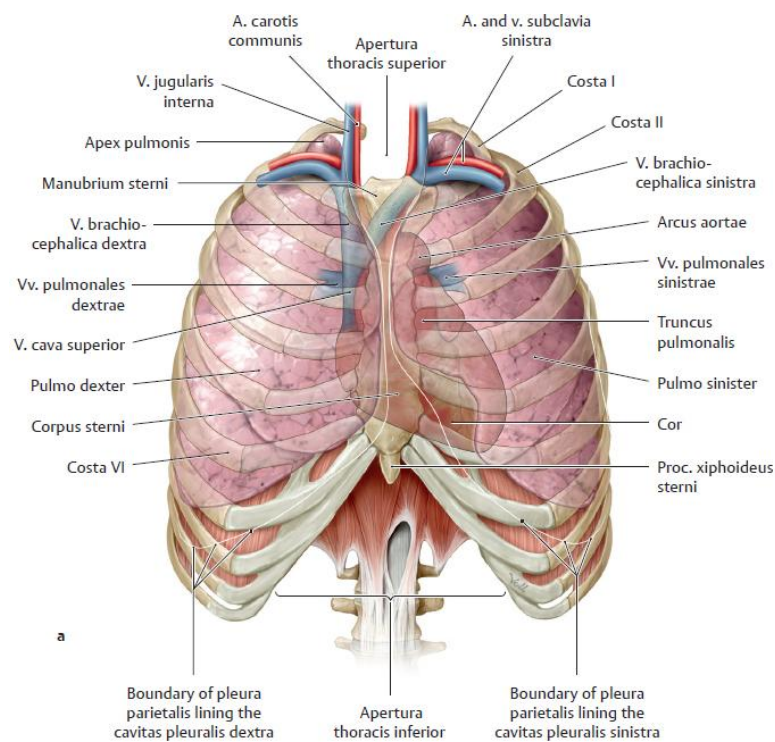


Figura 1: Anatomia del torace. Fonte basicmedicalkey.com

Il trauma toracico è una conseguenza comune di eventi traumatici. In caso di politrauma rappresenta circa il 25 % dei decessi [9]. Il meccanismo di trauma più comune è rappresentato dagli incidenti stradali e la gravità dipende da diversi fattori come velocità, meccanismo d'impatto e utilizzo della cintura di sicurezza.

Può essere di tipo contusivo, cioè chiuso (circa il 70-80% dei casi) o di tipo penetrante, cioè aperto, a seconda dell'eziologia. Infatti, i traumi contusivi sono causati principalmente da incidenti stradali o cadute da altezze elevate, mentre i traumi penetranti da ferite da taglio o da arma da fuoco [10]. Questi ultimi hanno una mortalità maggiore soprattutto se sono presenti ferite a livello del cuore. Mentre nel trauma toracico chiuso si possono avere problemi legati alle fratture ossee, ipoventilazione legata al dolore, compromissione degli scambi gassosi, legata al danno parenchimale, e alterazione della meccanica respiratoria. [11]. In generale è richiesto un intervento rapido, che spesso consiste in supporto ventilatorio. Inoltre, solo in circa il 10% dei traumi chiusi e nel 15-30% di quelli penetranti è richiesta una chirurgia avanzata e una gestione multidisciplinare del paziente.

## 2.2 Epidemiologia

Il trauma toracico rappresenta la terza causa di morte più comune in tutte le età; infatti, circa un paziente su quattro muore a seguito di una lesione del torace o di una complicanza da esso derivante. Nei pazienti giovani, fino a circa quarant'anni è invece la principale causa di decesso. L'età del paziente è un importante fattore da tenere in considerazione nella gestione del paziente, spesso nei bambini non si hanno fratture, grazie all'elasticità ossea, ma si verificano comunque lesioni gravi. Invece negli anziani anche un trauma lieve può causare fratture per via della fragilità ossea. [12]. In caso di incidenti stradali è di fondamentale importanza tenere conto anche del tipo di impatto (frontale, laterale, posteriore, rotazionale, ribaltamento...) Infatti, è possibile sospettare alcune lesioni proprio in base al meccanismo specifico di scontro.

## 2.3 Eziologia

Il trauma può essere di tipo contusivo o penetrante ed esistono quattro meccanismi di danno: impatto diretto, compressione, decelerazione ed esplosione. Per una corretta

gestione del paziente è necessario essere a conoscenza del meccanismo che ha causato il trauma.

### 2.3.1 Impatto diretto

Generalmente l'impatto diretto comporta lesioni ai tessuti molli della parete toracica come ematomi ed abrasioni, queste non mettono a rischio la sopravvivenza del paziente. Talvolta si hanno esiti più rilevanti, tra cui fratture costali, dello sterno o lussazione sternoclavicolare. Ancora più raramente la forza dell'impatto viene trasmessa agli organi profondi con gravi lesioni cardiache, polmonari o mediastiniche. [13]

### 2.3.2 Compressione

Nel trauma da compressione le strutture intratoraciche vengono spinte contro la parete toracica o la colonna, anatomicamente fisse. In seguito a questo evento si possono avere: contusione del parenchima polmonare, pneumotorace, emotorace, lesioni tracheobronchiali, rottura del diaframma.[9] Spesso si verifica un aumento della pressione intraluminale, che può arrecare danno. Quando viene superata la resistenza dei tessuti si verifica la rottura dell'organo. [14]

### 2.3.3 Decelerazione

Il principale esempio di danno da accelerazione-decelerazione è rappresentato dagli incidenti stradali. In particolare, la decelerazione improvvisa ad alta velocità del torace anteriore porta a danni di strutture vascolari, ossa, tessuti molli ed organi. Si verificano soprattutto stiramento dei tessuti e si sviluppano forze di taglio nelle zone di passaggio tra strutture fisse e mobili. Durante gli incidenti automobilistici una deformazione del volante è correlata ad un tasso di complicanze e mortalità maggiore. Questo tipo di trauma è il più comune, soprattutto in seguito ad incidenti stradali, ma può verificarsi anche in seguito a cadute dall'alto.[14] Inoltre, rappresenta la prima causa di rottura traumatica dell'aorta con alta mortalità per il paziente.

### 2.3.4 Esplosione

Le lesioni da esplosione sono legate al terrorismo o ad incidenti industriali. Esistono quattro differenti meccanismi di lesione.

- Lesioni primarie legate all'onda d'urto ad alta pressione.
- Lesioni secondarie da trauma penetrante date dai frammenti e detriti.
- Lesioni terziarie date da traumi contusivi dopo la collisione a terra o contro strutture per via dell'onda d'urto.
- Lesione quaternarie date dall'inalazione di fumi e dalle ustioni. [15]

### 2.4 Fisiopatologia

Il trauma toracico è una condizione clinica in grado di compromettere le funzioni cardiache e respiratorie sia mediante meccanismi diretti che indiretti. Si hanno lesioni primarie, strettamente legate all'impatto e condizioni che si sviluppano in un secondo momento. Tra le principali alterazioni fisiopatologiche si hanno compromissione della dinamica ventilatoria, alterazione degli scambi gassosi e instabilità emodinamica. La gravità del quadro è determinata da vari fattori come il meccanismo del trauma, l'entità del danno alle strutture anatomiche e la risposta infiammatoria sistemica.

### 2.5 Tipologie di lesioni nel trauma toracico

Le lesioni di più frequente riscontro nel trauma toracico sono le fratture costali. In base all'entità del trauma si possono sviluppare diverse tipologie di lesioni e di complicanze in grado di compromettere le funzioni vitali. [16] Nei prossimi capitoli verranno approfondite queste lesioni.

#### 2.5.1 Lesioni immediatamente letali

##### *Ostruzione delle vie aeree*

In tutti i pazienti traumatizzati va sospettata un'ostruzione delle vie aeree. Questa condizione deve essere riconosciuta e tratta in breve tempo in quanto può rapidamente portare ad una compromissione della ventilazione. Il paziente potrebbe avere alcune caratteristiche che dovrebbero indurre il sospetto di ostruzione: agitazione, voce rauca,

cianosi, rumori respiratori anomali, stridore, deviazione tracheale e riduzione dello stato di coscienza. La presenza di un respiro rumoroso può essere indicativa di un'ostruzione parziale delle vie aeree, mentre l'assenza di rumori respiratori suggerisce un'ostruzione completa. L'ostruzione delle vie aeree può essere causata da una frattura della mandibola, da una frattura a livello cervicale che coinvolga la laringe o la trachea. In particolare, la lesione laringea può derivare da un colpo diretto al collo o da un mal posizionamento della cintura di sicurezza. Anche un trauma penetrante del torace può, in seguito a sanguinamento, determinare ostruzione. In generale l'ostruzione è causata da edema, sanguinamento o aspirazione di vomito. Tutto ciò può andare ad interferire con gli scambi gassosi. [17].

### *Pneumotorace iperteso e aperto*

Lo pneumotorace è la condizione clinica che indica la presenza di aria tra la pleura viscerale e quella parietale con conseguente collasso del polmone sul lato interessato. Lo pneumotorace successivo ad un trauma è un fenomeno comune sia in ambito civile che militare. Una condizione da attenzionare in modo particolare, che pone il paziente a rischio vita, è lo pneumotorace iperteso. La massa d'aria intrapleurica è in continua espansione determinando una compromissione emodinamica. Può svilupparsi a partire da uno pneumotorace semplice quando persiste una perdita d'aria dal polmone senza un meccanismo di fuori uscita. In particolare il meccanismo fisiopatologico è legato ad un aumento di volume e di pressione nello spazio pleurico.[18] Il paziente può essere gravemente ipoteso o in arresto cardiaco, i segni più facilmente riscontrabili sono l'ipossia, il distress respiratorio e l'assenza di murmure vescicolare durante l'auscultazione del torace. Talvolta sono presenti segni di spostamento del mediastino come deviazione tracheale e distensione delle vene giugulari. Lo pneumotorace iperteso è una delle principali cause di shock ostruttivo, legato ad un'alterazione del riempimento diastolico[19]. È responsabile di una riduzione del precarico cardiaco del ventricolo destro o sinistro. Si verifica nell'ambito dei traumi maggiori in circa il 5% dei pazienti gestiti in ambiente pre-ospedaliero e nell'1-3% dei pazienti con ricoverati in terapia intensiva. La diagnosi, siccome è una condizione associata ad un'elevatissima mortalità, andrebbe svolta nei primi minuti della valutazione di un paziente che è andato incontro ad un trauma. Spesso, siccome il risultato della

radiografia del torace richiede tempo e l'attesa è associata ad un rischio di morte maggiore nei pazienti ventilati meccanicamente, è indicato un trattamento precoce con decompressione con ago o drenaggio toracico [20].

Dall'altra parte lo pneumotorace aperto si verifica quando l'aria, attraverso una ferita aperta del torace, entra ed esce continuamente.[21] In particolare, durante ogni inspirazione, l'aria, che segue il percorso a minore resistenza, tende a passare tramite l'apertura che si è creata. Anche in questo caso la ventilazione risulta compromessa, il paziente può presentare di conseguenza ipossia e ipercapnia. I segni e sintomi più rilevanti, che vanno riconosciuti in breve tempo, sono dolore toracico, dispnea, tachipnea e abolizione del murmure vescicolare dal lato interessato. Per quanto riguarda il trattamento, già sul territorio si dovrebbe chiudere la ferita con una medicazione occlusiva fissandola su tre lati. [17]

### *Emotorace massivo*

Tra le complicanze del trauma toracico rientra l'emotorace. Questo consiste nella presenza di sangue nella cavità pleurica. Generalmente si verifica entro poche ore dopo il trauma, ma in alcuni casi il suo sviluppo può essere ritardato. [22] In caso di emotorace massivo si ha un accumulo rapido di almeno 1500 ml di sangue all'interno della cavità toracica. Ne derivano compromissione della ventilazione e della circolazione che richiedono un intervento immediato. Il sanguinamento può provenire dal parenchima polmonare, dalla pleura, dai grandi vasi toracici, dal cuore, dal diaframma, dalle coste fratturate o dallo sterno fratturato. [23] Si raccomandano l'inserimento immediato di drenaggio toracico per alleviare la pressione e permettere la riespansione adeguata del polmone. Nei casi in cui il sanguinamento origini dal cuore o dai vasi del torace la decompressione può portare ad un'emorragia incontrollata, annullando il tamponamento protettivo che si era creato. Oltre a questo, si deve ripristinare il volume ematico iniziando la trasfusione di sangue. Si deve tenere conto della necessità di dover eseguire una toracotomia quando all'inserimento del drenaggio si ha il ritorno di 1500 mL o più di sangue, così come in caso di ferite nel cosiddetto "box mediastinico", che comprendere il torace anteriore medialmente ai capezzoli e posteriore medialmente alle scapole, a causa dell'elevato rischio di lesione

alle strutture ilari e al cuore. La condizione di emotorace massivo è estremamente complessa da gestire e andrebbe bilanciato il rischio tra shock ipovolemico, legato all'emorragia, e quello di shock ostruttivo dell'effetto tamponante. Si può considerare il posizionamento di un drenaggio con clampaggio temporaneo per gestire il quadro nell'attesa di un eventuale intervento chirurgico. [17]

### *Tamponamento cardiaco*

Il tamponamento cardiaco è un'emergenza clinica caratterizzata dall'accumulo di liquido nello spazio pericardico. Nel contesto del trauma, l'emorragia deriva da lesioni penetranti del cuore o di strutture vascolari. Ciò determina un aumento pressorio intrapericardico e un deficit nel riempimento diastolico del cuore di destra. Questa condizione, in seguito ad un trauma contusivo o penetrante, si sviluppa rapidamente e causa un deterioramento della funzione cardiaca. Di conseguenza si avranno riduzione della gittata cardiaca, aumento della frequenza e della pressione venosa fino ad un quadro di shock ostruttivo e collasso cardiocircolatorio. Il paziente avrà dispnea e toni cardiaci ovattati, questo dato insieme all'ipotensione e alla distensione giugulare caratterizza la triade di Beck. Può essere presente il polso paradossale, che consiste in una riduzione della pressione arteriosa sistolica maggiore a 10 mmHg durante l'inspirazione. Il paziente richiederà supporto con ossigenoterapia, somministrazione di fluidi ed eventualmente inotropi. La terapia consiste nella pericardiocentesi, procedura non esente da rischi, o nella toracotomia per determinare una decompressione del pericardio. Il tamponamento rapidamente progressivo può portare ad arresto cardiaco. [24]

## 2.5.2 Lesioni della parete toracica e pleuro-polmonari

### *Fratture*

La maggior parte delle fratture costali sono di origine traumatica, sebbene queste possano avvenire anche per cause atraumatiche. Vanno sempre indagate in quanto, al di sotto di una frattura costale, può esserci la lesione di un organo, avendo le coste funzione di protezione degli organi toracici. Solitamente le coste che vanno incontro a frattura sono quelle dalla quarta alla decima, mentre una frattura dalla prima alla terza

o dalla undicesima alla dodicesima indicano un trauma violento, essendo queste più resistenti. Le coste nei bambini sono molto elastiche e raramente vanno incontro a frattura, mentre negli anziani, in seguito a cadute, è facile riscontrarle. Il paziente con frattura costale riferirà dolore, potrebbero essere presenti ecchimosi in sede del trauma e crepitii alla palpazione. Dalle fratture costali possono derivare complicanze come il volet costale, lo pneumotorace, l'emotorace e le contusioni polmonari. Queste complicanze vanno indagate se il paziente si presenta ipossiémico, tachipnoico o con distress respiratorio. Generalmente si evidenziano alla TC del torace e alla radiografia del torace. Quest'ultimo esame diagnostico ne identifica solo un 50%. Il trattamento si basa sull'analgesia e sul riposo; è richiesto l'intervento chirurgico di stabilizzazione se la frattura è particolarmente grave. [25]

### *Pneumotorace semplice ed emotorace*

Per quanto riguarda lo pneumotorace semplice, l'eziologia è da attribuire ad una lesione della pleura o del polmone con conseguente ingresso d'aria tra le due pleure. Nel trauma toracico rappresenta la seconda lesione più comune e richiede un trattamento precoce per scongiurare lo sviluppo di insufficienza respiratoria e shock ostruttivo. [26] Può essere anche spontaneo, primario o secondario, a seconda che ci sia una patologia polmonare di base sottostante, o iatrogeno, secondario a procedure diagnostiche e terapeutiche.

Dal punto di vista clinico, a seconda dell'entità dello pneumotorace, il paziente potrebbe essere asintomatico o dispnoico, eventualmente tachicardico. Osservando il torace si potrebbe riscontrare l'utilizzo della muscolatura accessoria. All'auscultazione si avrà una riduzione o assenza dei suoni polmonari. La diagnosi si basa sulla radiografia del torace in due proiezioni, ma la TC torace rappresenta il gold standard quando la radiografia non è dirimente. Il trattamento può essere conservativo, soprattutto se il paziente è paucisintomatico e lo pneumotorace è di piccole dimensioni. In questo caso si attenderà il riassorbimento dell'aria pleurica in maniera spontanea. In alternativa si può posizionare un drenaggio toracico.[27]

### *Contusione polmonare*

La contusione polmonare è riscontrabile in seguito sia ad un trauma toracico contusivo che ad un'esplosione. Può formarsi anche per via delle onde d'urto di una lesione penetrante. Risulta di facile riscontro nei pazienti anziani anche in traumi di entità minore e spesso è associata a fratture costali. Si tratta di una lesione del parenchima polmonare senza che questo sia lacerato. Solitamente non c'è interesse a carico delle strutture vascolari. Può determinare un'alterazione degli scambi dei gas e una riduzione della compliance polmonare, fino all'evoluzione, nei casi più gravi, in insufficienza respiratoria. Il quadro clinico del paziente con contusione polmonare è variabile, dalla dispnea al dolore fino all'assenza di sintomatologia. La contusione polmonare essere riconosciuta precocemente tramite TC torace, metodica che consente di valutarne il volume. Generalmente richiede terapia di supporto e trattamento delle lesioni associate. [28]

### *Volet costale*

Si definisce volet costale la presenza di almeno tre coste adiacenti fratturate in due punti distinti. Tale quadro comporta la formazione di un segmento libero che si muove in maniera paradossa verso l'interno durante l'inspirazione, risultando di fatto sconnesso dal resto del torace. Rappresenta una delle complicanze più temute del trauma toracico contusivo ad alta energia e porta ad una rapida alterazione della meccanica respiratoria. Il risultato sarà una ventilazione inefficace: il paziente si presenta dispnoico, tachipnoico con un intenso dolore toracico. La diagnosi è clinica e spesso si riscontrano lesioni associate come contusione polmonare o emotorace. L'imaging che permette di definire in maniera più accurata il pattern di frattura è la TC torace ma si esegue solitamente prima una radiografia del torace. Il paziente va trattato con analgesici e supporto ventilatorio, se questo non risulta sufficiente, se sono presenti multiple fratture scomposte o un'insufficienza respiratoria, si può intervenire chirurgicamente. [29]

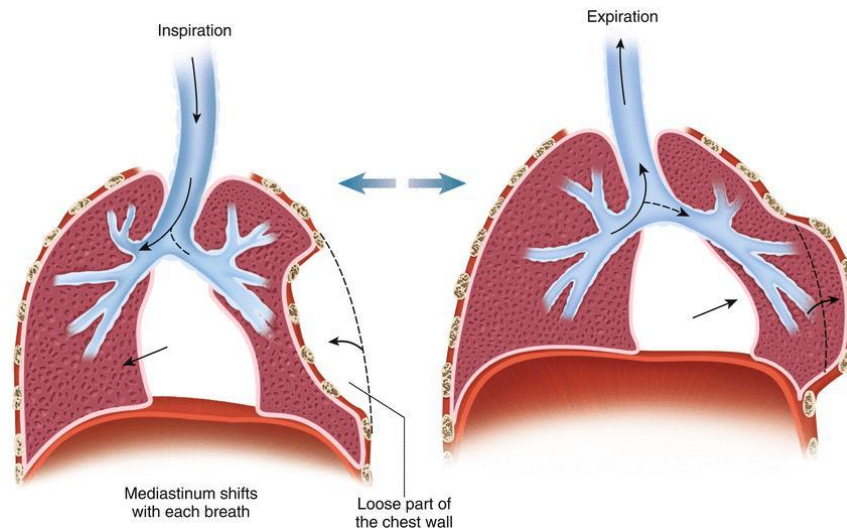


Figura 2: Volet costale. Fonte Thoracic Key

### 2.5.3 Lesioni potenzialmente letali

#### *Rottura dell'aorta toracica*

La rottura traumatica dell'aorta toracica è un evento raro conseguente a traumi contusivi ad alta energia come incidenti automobilistici, cadute da grandi altezze o traumi da schiacciamento. Il punto più frequente di rottura è l'istmo, segmento di transizione tra arco aortico e aorta toracica discendente. L'istmo può risentire di brusche decelerazioni essendo vulnerabile alle forze di taglio. I segni e sintomi sono spesso aspecifici, tra questi troviamo dolore retrosternale, dispnea, dolore interscapolare e raucedine, se è interessato il nervo laringeo ricorrente. Si possono obiettivare ipotensione e differenza pressoria tra arti superiori e inferiori, così come soffi cardiaci di nuova insorgenza. Talvolta la presenza di altre lesioni può ritardare il riconoscimento di una lesione aortica che quando si verifica comporta mortalità è estremamente elevata. Questo quadro andrebbe riconosciuto nel minor tempo possibile. Il gold standard diagnostico è rappresentato dall'Angio-TC. Il trattamento negli ultimi anni è improntato sull'approccio endovascolare in particolare la thoracic endovascular aortic repair (TEVAR). [30] [31]

#### *Lesioni tracheo-bronchiali*

Le lesioni tracheobronchiali derivanti tra traumi toracici penetranti o chiusi sono un evento molto raro. L'incidenza stimata è circa tra lo 0,2% e 5%. La mortalità legata a

queste lesioni è estremamente elevata. In particolare, la sede più frequentemente interessata risulta il bronco principale di destra. Clinicamente il paziente può presentare distress respiratorio, enfisema sottocutaneo e pneumotorace. Spesso la diagnosi è complicata proprio per la presenza di sintomi aspecifici e lesioni correlate nel paziente traumatizzato. Molto utili risultano la radiografia del torace e la TC torace. Per quanto riguarda il trattamento di queste lesioni si può essere conservativi o avvalersi della chirurgia, la scelta deve essere ponderata sulle condizioni cliniche del paziente e sull'estensione della lesione.[32]

### *Rottura esofagea e diaframmatica*

Le lesioni a carico dell'esofago possono essere riscontrare nell'ambito di incidenti automobilistici benché siano rare. Si possono verificare anche in seguito a traumi penetranti come ferite da arma da taglio e ferita da arma da fuoco. In presenza di queste lesioni si ha un'alta probabilità di sviluppare mediastiniti con possibile evoluzione in shock settico. La gestione è molto complessa, in alcuni casi, se le lesioni sono contenute e il paziente è stabile, si può pensare ad un trattamento conservativo altrimenti la scelta è chirurgica, variabile in base alla sede interessata.[33]

La rottura diaframmatica è anch'essa un'evenienza rara, in caso di ampie lacerazioni si può verificare la migrazione intratoracica dei visceri addominali.

## 2.6 Complicanze del trauma toracico

In seguito alle lesioni precedentemente citate si possono sviluppare delle complicanze che mettono a rischio la vita del paziente. Gli esiti di un trauma toracico sono sia immediati che riscontrabili a lungo termine.

### 2.6.1 Insufficienza respiratoria acuta

L'insufficienza respiratoria è una condizione causata da vari fattori che impediscono il fisiologico processo di ventilazione, ossigenazione, trasporto dell'ossigeno e respirazione cellulare. Si verifica quindi per diversi meccanismi, tra cui:

- Disfunzione della muscolatura toracica o della gabbia toracica, come in caso di pneumotorace ipertensivo o volet costale.
- Ostruzione delle vie aeree, intrinseca come in caso di caduta della lingua, presenza di sangue o vomito nel soggetto incosciente o estrinseca per compressione.
- Alterazione del rapporto tra ventilazione e perfusione, come nell'edema polmonare che si verifica in seguito al trauma per alterazione della permeabilità capillare. In questo caso si genera ipossia in quanto si verifica una commistione tra sangue ossigenato e sangue non ossigenato che irrori alveoli non ventilati.

Si distinguono un'insufficienza respiratoria ipercapnica e un'insufficienza respiratoria ipossiémica normocapnica. Nel primo caso, che è principalmente legato a stati di incoscienza o a traumi del torace, il paziente ipoventila, si presenta tachicardico e iperteso. All'EGA si riscontrano valori di  $\text{PaCO}_2 > 45 \text{ mmHg}$ . Mentre nel secondo caso il paziente, essendo ipossiémico, presenterà polipnea.

Il trattamento deve tenere in considerazione la causa principale, può essere basato sull'ossigenoterapia o, in alcuni casi, richiedere ventilazione artificiale.

## 2.6.2 Sindrome da distress respiratorio acuto (ARDS)

La sindrome da distress respiratorio acuto (ARDS) può insorgere in pazienti traumatizzati, infatti circa il 10-20% di questi sviluppa complicanze respiratorie severe. L'eziologia è legata al trauma toracico diretto ma può essere attribuibile anche a lesioni sistemiche indirette e strategie terapeutiche. Tra quest'ultime le principali sono le trasfusioni massive, il sovraccarico di fluidi e la ventilazione meccanica. Nel paziente si sviluppano una risposta infiammatoria sistemica e un danno alla barriera alveolo-capillare. [34] L'ARDS viene classificata sulla base dei criteri di Berlino e in base all'ipossiémia è suddivisa in lieve, moderata, grave. In particolare, si parla di ARDS quando il quadro clinico compare entro una settimana da un evento noto oppure dall'insorgenza o dal peggioramento di sintomi respiratori, in presenza di opacità bilaterali alla radiografia del torace non altrimenti spiegabili. Inoltre, l'edema polmonare non deve essere spiegato da insufficienza cardiaca o sovraccarico di fluidi.

La prognosi è spesso sfavorevole ed è correlata alla gravità dell'ipossiemia: lieve se  $PaO_2 / FiO_2 < 300 \text{ mmHg}$  ma  $> 200 \text{ mmHg}$ , moderata se il rapporto è  $< 200 \text{ mmHg}$  ma  $> 100 \text{ mmHg}$ , grave quando è  $< 100 \text{ mmHg}$ . [35]

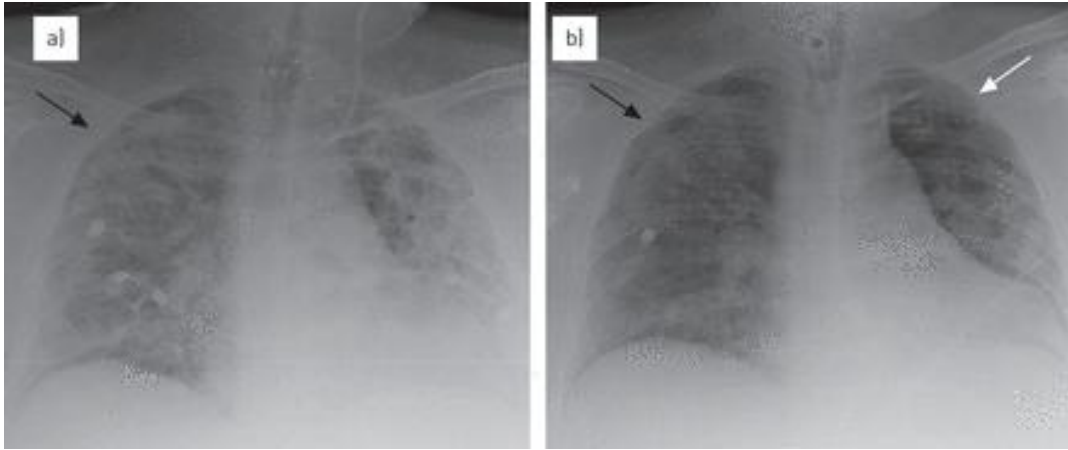


Figura 3: ARDS. Fonte ERS PUBLICATIONS *Association between the time to definitive care and trauma patient outcomes: every minute in the golden hour matters»*

### 2.6.3 Sepsi e Shock

Frequentemente il trauma grave è complicato da infezioni e disfunzione d'organo, la sepsi costituisce una delle principali cause di mortalità. La compromissione delle barriere, la contaminazione delle ferite, la gravità delle lesioni e lo shock sono sempre state considerate le principali cause dello sviluppo di sepsi-post traumatica. Recentemente, la risposta allo stress generato da uno stimolo intenso, è stata ritenuta responsabile di determinare delle risposte maladattative con un aumentato rischio di sviluppare complicanze. Oggi la sepsi è considerata una risposta maladattativa all'infezione, caratterizzata da disfunzione d'organo, nella quale possono coesistere stati di iperinflammatione e immunosoppressione. Nel paziente con trauma, il danno iniziale è seguito da ulteriori eventi stressanti: gli interventi chirurgici, la ventilazione meccanica e altre procedure invasive. In questo contesto un ruolo essenziale è ricoperto dal microbioma intestinale, una sua riduzione può contribuire a sviluppare sepsi. [36]

## 2.6.4 Complicanze a lungo termine: fibrosi polmonare e dolore cronico

L'evoluzione naturale delle contusioni polmonari, reperto frequente nel trauma toracico chiuso, è caratterizzata da una completa risoluzione. In rari casi si verificano alterazioni strutturali permanenti del parenchima del polmone. La persistenza della risposta infiammatoria e dei processi riparativi può favorire lo sviluppo di fibrosi localizzata nella sede della lesione iniziale. Tale evenienza è stata descritta soprattutto in caso di trauma toracico severo e rappresenta un fattore di rischio per lo sviluppo di ARDS. Infatti, pur trattandosi di una sequela infrequente, la fibrosi polmonare post-traumatica può contribuire alla comparsa di sintomi respiratori cronici e al deterioramento della funzione ventilatoria nel lungo periodo. [37]

Sebbene la funzionalità respiratoria e la qualità di vita tendano a normalizzarsi nel lungo periodo dopo trauma toracico, in alcuni pazienti permangono sintomi. In particolare, il dolore cronico, la dispnea e la sensazione di costrizione toracica sono manifestazioni persistenti che inficiano sulla qualità della vita del paziente anche a distanza di anni dall'evento. Quindi il recupero funzionale non necessariamente è accompagnato da una completa risoluzione della sintomatologia soggettiva. [38]

## 2.7 Gestione del paziente con trauma toracico

Nell'ambito del trauma è cruciale che tutti gli operatori, indipendentemente dal profilo professionale (soccorritori, infermieri, medici), condividano un metodo e un linguaggio comuni, pur sviluppando competenze specifiche. Di fronte ad un paziente traumatizzato è necessario valutare rapidamente le lesioni e mettere in atto un approccio sistematico. La valutazione comprende diverse fasi:

- Preparazione
- Triage
- Valutazione primaria (ABCDE)
- Valutazione della necessità di trasferire il paziente
- Valutazione secondaria
- Rivalutazione dopo la rianimazione

- Trattamento definitivo

La gestione del trauma avviene primaria sul luogo dell'evento e poi in ospedale.

### 2.7.1 Il protocollo ATLS (Advanced Trauma Life Support)

Le linee guida e le pratiche nella gestione del trauma sono in costante evoluzione. I principi dell'Advanced Trauma Life Support (ATLS) rappresentano una guida per la valutazione e la rianimazione del paziente traumatizzato. La responsabilità di adattare il percorso diagnostico e terapeutico alle necessità del paziente spetta poi al clinico.

### 2.7.2 Valutazione pre-ospedaliera

Nella fase pre-ospedaliera è importante la collaborazione e il coordinamento con i servizi e il personale preospedaliero per rendere più rapida ed efficace l'assistenza sul luogo dell'evento. Per attivare precocemente il team traumatologico, così che sia disponibile già in pronto soccorso, andrebbe comunicato il trasferimento del paziente all'ospedale. [17]

### 2.7.3 Approccio Primario

#### *Golden hour*

Il concetto di "golden hour" fu introdotto da Cowley, secondo il quale la prima ora successiva al trauma sarebbe decisiva nel determinare la probabilità di sopravvivenza di un paziente traumatizzato. Infatti, ad influenzare l'esito clinico del paziente con trauma troviamo il tempo tra il momento lesivo e l'inizio delle cure definitive. Una rapida somministrazione delle cure incide sulla probabilità di sopravvivenza e di recupero funzionale del paziente. Nonostante ciò, sono presenti diversi studi con risultati contrastanti riguardo l'associazione tra tempi preospedalieri e mortalità. Nei trauma center di primo livello, si considera ottimale un intervallo non superiore a due ore tra il trauma e le cure definitive. [39]

#### *Valutazione della scena*

La valutazione della scena comprende innanzitutto una rapida e accurata valutazione della sicurezza da parte dei soccorritori. In caso di pericolo vanno adottate le opportune

misure di sicurezza. Inoltre, una rapida analisi della scena permette durante la valutazione secondaria di modulare l'intervento sulla base della dinamica dell'incidente e dei meccanismi del trauma. Questo è importante per prevenire il 90% delle lesioni ancor prima di valutare le vittime. Spesso, soggetti apparentemente indenni ad una prima valutazione hanno in realtà delle gravi lesioni degli organi interni. Infatti, il corpo umano tende a mantenere inalterata la propria forma nonostante il trauma. L'assorbimento dell'energia cinetica è la principale causa di lesioni nell'ambito dei traumi chiusi e penetranti. Aumenta con l'aumentare della massa, ad esempio il peso del veicolo, e in modo esponenziale in rapporto alla velocità del veicolo. Nell'ambito degli incidenti automobilistici il tipo di impatto può essere scontro frontale, tamponamento, impatto laterale, impatto con rotazione del veicolo e ribaltamento. Mentre per quanto riguarda gli incidenti motociclistici si possono avere un impatto frontale, laterale o eiezione. In caso di investimento di pedoni si ha una fase iniziale con un primo impatto che causa principalmente lesioni alle ginocchia, una seconda fase con il caricamento della vittima sul veicolo con impatto soprattutto al torace e al cranio. Infine, una terza fase rappresentata dalla proiezione della vittima sull'asfalto e conseguenti danni.

In caso di precipitazione è necessario valutare l'altezza da cui il corpo è caduto, il tipo di superficie sui cui si è verificato l'impatto e la prima parte del corpo che ha urtato il suono.

Talvolta è complicato raggiungere la vittima o si presentano degli ostacoli alla sua valutazione, potrebbe quindi essere necessario mettere in atto procedure di pronosupinazione, di rimozione del casco e di estricazione dal veicolo. [40]

La valutazione della vittima comprende una valutazione primaria e una valutazione secondaria che verranno approfondite nelle prossime pagine.

### *Protocollo S.T.A.R.T. (Simple Triage and Rapid Treatment)*

La gestione delle maxi-emergenze richiede strumenti di triage che siano in grado di identificare rapidamente quei pazienti che necessitano di cure immediate. Il protocollo START è stato sviluppato per classificare in maniera rapida le vittime sulla base della

gravità clinica. È ampiamente utilizzato sul territorio ma la sua efficacia in Pronto Soccorso è ancora discussa. In uno studio recente è stata messa in evidenza l'elevata capacità del protocollo di identificare i pazienti più critici che richiedevano cure immediate, con un'efficace capacità di prevedere la necessità di ricovero, chirurgia o ingresso in terapia intensiva. Nonostante ciò, sono stati evidenziati molti casi di sotto triage, ossia pazienti inizialmente classificati come meno gravi rispetto alla loro condizione effettiva. In conclusione, si può affermare che il protocollo sia un buon strumento per riconoscere pazienti che richiedono intervento immediato. [41] Sarebbe comunque necessario sviluppare altri modelli di triage per le maxi-emergenze, che siano più precisi e più efficaci. [42]

### *Approccio ABCDE*

La valutazione primaria ha lo scopo di identificare e trattare le alterazioni che costituiscono una minaccia immediata per la sopravvivenza. Questa fase deve essere rapida e in presenza di più operatori permette lo svolgimento simultaneo di più interventi.

Si articola in cinque passi, ABCDE:

- “A” (Airways and cervical spine): controllo delle vie aeree e protezione della colonna cervicale. La gestione delle vie aeree è la priorità assoluta. La vittima va innanzitutto chiamata a voce alta e non scossa, si deve procedere immobilizzando il capo in una posizione neutra con protezione del rachide cervicale. Si valuta la presenza di materiale nel cavo orale, come ad esempio denti, protesi, sangue. In questo caso può essere utile, se il soggetto non è cosciente, un aspiratore portatile e la manovra di sublussazione della mandibola, l'apertura della bocca e il posizionamento di una cannula orofaringea. Nei pazienti con GCS < 8, in apnea, con ostruzione delle vie aeree post-traumatica o con vomito a rischio di inalazione, si procede con l'intubazione orotracheale. Per quest'ultimo passaggio si deve tener conto, oltre che delle condizioni del paziente anche delle competenze dell'operatore e dalla vicinanza all'ospedale. In caso di fallimento al primo tentativo si può ricorrere a manovre di manipolazione laringea esterna. Se si rendono

necessari più di tre tentativi per intubare la trachea si procede con il posizionamento di un presidio extraglottico (PEG) come soluzione temporanea. Altre soluzioni, in caso di fallimento di intubazione e PEG, sono la ventilazione con pallone e maschera e in ultima istanza la cricotirotomia percutanea.

- “B” (Breathing & Ventilation): respirazione e ventilazione. In questa fase si scopre il torace della vittima per valutare la frequenza respiratoria, il lavoro respiratorio, la simmetria del torace e segni di trauma toracico. Se la vittima non è cosciente e non respira, è necessario iniziare le manovre di rianimazione cardio-polmonare. Altrimenti si procede con lo schema OPACS: osserva-palpa-ascolta-conta-saturimetro. Possono essere riscontrate alterazioni quali tachipnea, asimmetria nell’espansione del torace, lesioni della gabbia toracica come volet costale, enfisema sottocutaneo. La principale lesione che deve essere riconosciuta è lo pneumotorace iperteso o aperto.
- “C” (Circulation): circolazione e controllo delle emorragie. Il sanguinamento rappresenta una delle principali cause di shock nel trauma, tipicamente di tipo ipovolemico. Le fonti possono essere sia esterne come in caso di compressione diretta che interne, soprattutto torace, addome e bacino. Se la circolazione è assente si iniziano le manovre di RCP, nel mentre si devono trattare le cause potenzialmente reversibili come l’ipossiemia, lo pneumotorace iperteso e l’ipovolemia. L’RCP va iniziata e terminata sul posto, salvo rare eccezioni che consentono un trasporto in ospedale. Se la circolazione è presente è necessario stabilizzare emodinamicamente il paziente gestendo l’emorragia e monitorando sia il polso radiale che il tempo di riempimento capillare. Andrà nel mentre allestito un duplice accesso venoso periferico e corretta l’ipovolemia. I principali segni riscontrabili in un paziente ipovolemico sono tachicardia, ipotensione, estremità fredde e pallide, stato confusionale. Un tempo di refill capillare > 2 secondi indica un rallentamento della circolazione. Il controllo dell’emorragia nella fase pre-ospedaliera, soprattutto se interna, può essere complicato. È importante adottare misure come la chiusura del bacino per il contenimento dei sanguinamenti a livello pelvico. L’ipovolemia può essere legata ad uno shock

neurogeno conseguenza di un trauma midollare, da sospettare in base alla dinamica del trauma e alla presenza di bradicardia e ipotensione. Oltre all'infusione di liquidi, in questa fase è fondamentale la somministrazione di acido tranexamico che blocca la fibrinolisi e aumenta la sopravvivenza in caso di emorragia post traumatica. Nei casi severi è necessaria la trasfusione ematica con rapporto 1:1:1 tra emazie concentrate, plasma e piastrine. [40], [43]

- “D” (Disability): deficit neurologici. In questa fase si utilizza la Glasgow Coma Scale (GCS) questa valuta la risposta in apertura degli occhi, la risposta motoria e la risposta verbale. Il punteggio minimo è tre mentre il massimo è quindici. Altrimenti lo score AVPU può essere considerato un metodo di valutazione rapido. Distingue soggetto cosciente e reattivo dal soggetto incosciente che risponde agli stimoli verbali, dal soggetto incosciente che reagisce allo stimolo doloroso e dal soggetto incoscienza che non risponde agli stimoli. Durante questa fase è necessario valutare la reattività pupillare e la presenza di deficit neurologici focali. Il paziente va strettamente monitorato per riconoscere eventuali peggioramenti. Inoltre, se si sospetta un trauma midollare è necessario immobilizzare il paziente.
- “E” (Exposure/Environmental control): rimozione dei vestiti e protezione dall'ipotermia. Vanno rimossi i vestiti per cercare eventuali lesioni ma subito dopo si devono applicare coperte o metalline per la protezione termica.

#### 2.7.4 Approccio Secondario

La valutazione secondaria può avvenire solo dopo avere terminato la valutazione primaria, quindi dopo aver stabilizzato il paziente. Si articola in un esame testa-piedi, raccolta anamnestica, nell'immobilizzazione delle fratture e della colonna. Durante la valutazione secondaria si compie una continua rivalutazione dell'ABCD. Ha l'obiettivo di garantire che tutte le condizioni potenzialmente letali siano state identificate e trattate. Resta di fondamentale importanza per stabilire le priorità e il trattamento. Durante la valutazione secondaria, se il paziente non è in grado di fornire informazioni riguardo la dinamica del trauma si può parlare coi parenti o eventuali testimoni. Alcune informazioni importanti da reperire, riguardo il meccanismo del

trauma, sono l'utilizzo della cintura di sicurezza, l'attivazione dell'airbag, il danno al veicolo e l'eventuale espulsione dallo stesso. Se il trauma è penetrante si devono valutare l'arma utilizzata e il numero di colpi.

Potrebbe essere utile l'acronimo AMPLE per la raccolta dell'anamnesi ma nel mentre i parametri vitali devono essere costantemente valutati.

1. A= allergie
2. M= farmaci assunti
3. P= patologie pregresse
4. L= ultimo pasto
5. E= eventi e ambiente correlati al trauma

In caso di paziente gravemente instabile che non può essere né rianimato né stabilizzato non deve essere eseguita.

Durante l'esame testa-piedi si valutano tutti i distretti corporei sfruttando l'acronimo GAS (Guardo, ascolto, sento).

- Testa: a livello del cranio vanno ricercate ferite dello scalpo, ematomi, fratture evidenti. Per quanto riguarda la base cranica si può sospettare una sua frattura in presenza di rinoliquorrea, otoliquorrea, occhi da prociione (ematoma periorbitario), segno di Battle (ematoma dietro il processo mastoideo). Per lesioni encefaliche alcuni segni riscontrabili sono l'anisocoria, la midriasi, l'assenza di reattività pupillare alla luce e deficit motori di lato.
- Collo: si cercano lesioni dei tessuti molli. In caso di enfisema sottocutaneo, dispnea, disfonia e stridore si sospetta una lesione della laringe. Per quanto riguarda il rachide cervicale si valuta la sensibilità. Parestesie, alterazioni della motilità e della sensibilità, ipotensione e bradicardia possono indicare una lesione midollare.
- Torace: si ricercano segni di distress respiratorio, di pneumotorace, di fratture costali, se si riscontra una ferita penetrante il corpo estraneo non va rimosso.

- Addome: si ricercano ecchimosi, ferite, dolorabilità alla palpazione. Si valuta anche il volume dell'addome, un suo incremento potrebbe essere indice di emoperitoneo.
- Bacino: la presenza di escoriazioni o asimmetria della pelvi può indicare una sua frattura.
- Genitali: si ricercano lesioni a questo livello, una lesione midollare sopra a L1 può manifestarsi con priapismo.
- Arti: si cercano lesioni, lussazioni, fratture e si palpano i polsi periferici. In caso di dolore inteso e compartimenti tesi si può sospettare una sindrome compartimentale

Solitamente, una volta terminata la valutazione secondaria sul territorio si può trasferire il paziente presso il centro più appropriato. [44]

### 2.7.5 Immobilizzazione e trasporto

La corretta gestione del trasporto del paziente traumatizzato incide sulla morbilità e sulla mortalità. La maggior parte dei pazienti viene trasportata mediante ambulanza, in casi di trauma maggiore è raccomandata la presenza di almeno due operatori. Almeno uno di questi dovrebbe aver competenze avanzate nella gestione delle vie aeree. I pazienti sono indirizzati verso strutture con diverso grado di complessità, da piccoli ospedali periferici fino al Trauma Center. Durante il trasporto è necessario mantenere un attento monitoraggio del paziente, in particolare della saturazione, della frequenza respiratoria e cardiaca, ECG e pressione arteriosa. Eventualmente anche temperatura. Si può ricorrere all'ecografia bedside e all'emogasanalisi quando necessario. Per trasferimenti rapidi e soprattutto per le lunghe distanze può rendersi necessario il servizio di elio soccorso. Durante il trasferimento va attenzionato il confort del paziente, con controllo dell'analgesia e prevenzione dell'ipotermia. In caso di pazienti immobilizzati va considerato il rischio di vomito e aspirazione. [45]

Nei pazienti con sospetta lesione a carico del rachide o fratture degli arti è necessario prevenire danni secondari alle manovre di mobilizzazione mediante presidi. Questi vanno applicati prima del trasporto e mantenuti fino all'arrivo in ospedale.

## *Collare spinale rigido*

Il collare spinale rigido deve essere posizionato ogni qualvolta ci sia il sospetto di un trauma cervicale o cranico. Può essere monoblocco o costituito da due elementi (bivalve). La procedura corretta per il suo posizionamento prevede la partecipazione di due operatori, uno che sollevi il capo e lo mantenga in posizione neutra e l'altro che posizioni correttamente il collare. Può essere applicato sia ad un soggetto in posizione supina che ad uno in posizione seduta. Andrebbe applicato prima dell'intubazione orotracheale, quando necessaria. Un suo corretto posizionamento prevede che sia appoggiato alle clavicole e che il mento si trovi a livello della mentoniera. Inoltre, devono essere permesse l'apertura della bocca e la deglutizione.



Figura 4: Collare Spinale Rigido. Fonte NHS Cambridge University Hospital

## *Tavola spinale rigida*

La tavola spinale rigida viene utilizzata nei pazienti traumatizzati gravi e quando esiste un sospetto di lesione del rachide. È composta da tre parti: tavola, cinture e fermacapo.

È radiotrasparente quindi compatibile con RX, TC e RM e ha il vantaggio, rispetto ad altri dispositivi di mantenere allineato il paziente grazie alla sua rigidità. In particolare, il ragno, ossia il sistema di cinture, blocca le spalle, il tronco, il bacino, le gambe e le caviglie. Il metodo più diffuso per caricare il paziente traumatizzato sulla barella è quello manuale chiamato anche log-roll, che richiede la collaborazione di tre operatori e permette di controllare il dorso del paziente. Il paziente, una volta fissato sulla barella può essere sollevato e ruotato di 90° su un fianco in caso di vomito. Un aspetto rilevante riguarda il rischio di sviluppare lesioni da pressione; infatti, la tavola concentra pressioni elevate in particolare sul sacro e sul torace. Se il paziente vi rimane immobilizzato per periodo prolungati possono comparire ulcere da pressione.[46]



Figura 5: tavola spinale rigida. Fonte Wikimedia Commons. Spine board 1.jpg. Available at: Wikimedia Commons

### *Materassino a depressione*

Il materassino a depressione è formato da un involucro contenente microsfere di poliestere. Questo dispositivo permette di immobilizzare il paziente modellandosi sul suo corpo. Permette di trasportare il paziente limitando la possibilità di incorrere in nuove lesioni. Presenta alcuni vantaggi rispetto alla tavola spinale rigida: miglior comfort, minor rischio di sviluppare dolore durante i trasporti più lunghi. In realtà,

sono stati evidenziati anche degli svantaggi: maggior movimentazione del tratto cervicale durante il sollevamento del paziente. Una precauzione in questo senso consiste nel porre il materassino al di sopra di una barella a cucchiaio. Sono stati condotti diversi studi sulla superiorità di uno di questi dispositivi rispetto all'altro ma non sono state evidenziate particolari differenze clinicamente significative. La scelta di un dispositivo, rispetto ad un altro dovrebbe basarsi sul contesto operativo, sul tipo di paziente e sulla durata del trasporto.



*Figura 6: materassino a depressione. Fonte: MedicaliStore*

### *Estricatore KED*

Il KED (Kendrick extrication device) è un dispositivo semirigido permette di bloccare il rachide cervicale, il tronco e gli arti inferiori in caso di soggetto seduto, è particolarmente utile in caso di incidenti automobilistici nei quali la vittima si trova bloccata all'interno. Permette il trasferimento dell'infortunato sulla tavola spinale. La sua applicazione richiede tempo e la presenza di operatori adeguatamente addestrati. Talvolta un'estricazione rapida dal veicolo senza l'applicazione del KED permette una gestione più rapida del traumatizzato, sebbene in che sa efficace nel limitare i movimenti della testa e dal rachide. Sono necessari ulteriori studi per valutare l'effettiva utilità del dispositivo. [47]

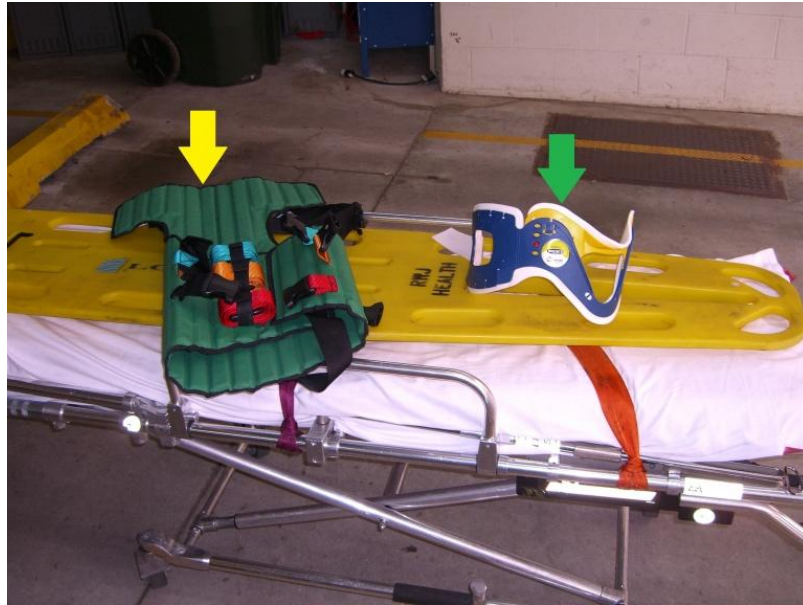


Figura 7: Estricatore KED e collare cervicale rigido (freccia verde). Fonte: Stopyra JP et al., *Western Journal of Emergency Medicine*, 2015. Disponibile su PubMed Central (PMC).

### 2.7.6 Valutazione intraospedaliera

Per una corretta gestione del paziente traumatizzato è essenziale una pianificazione dell'arrivo al pronto soccorso. A tal fine è fondamentale un corretto passaggio di consegne tra i soccorritori preospedalieri e il trauma team: dinamica dell'evento e meccanismi di lesione, evoluzione delle condizioni cliniche e terapie somministrate. Durante il triage vengono identificate priorità di primo, secondo e terzo livello sulla base dell'approccio ABCDE. Viene condotta una valutazione secondaria finalizzata ad un'analisi più approfondita e completa delle lesioni e poi avviata la gestione definitiva.

#### *Anamnesi*

La raccolta di informazioni anamnestiche può essere effettuata dal paziente direttamente quando le sue condizioni cliniche lo consentono. Qualora ciò non sia possibile, dati utili possono essere ottenuti da testimoni dell'evento. Per rendere la raccolta più sistematica e completa, può essere utilizzato l'acronimo AMPLE.

#### *Esame obiettivo*

Durante la secondary survey viene condotto un esame "testa-piedi". Vengono aggiunti dei presidi, se ritenuti necessari, tra cui il catetere vescicale e il sondino nasogastrico.

Il catetere vescicale permette un monitoraggio della diuresi mentre il sondino riduce il rischio di aspirazione e permette una decompressione gastrica. In caso di sospetta lesione uretrale si esegue un'uretrografia retrograda prima del posizionamento del catetere vescicale.

### *Parametri vitali*

La valutazione dei parametri vitali è fondamentale, devono essere monitorati attentamente e la risposta alla terapia deve essere valutata continuamente. In particolare, si attenzionano:

- Monitoraggio elettrocardiografico (ECG): è raccomandato in tutti i pazienti traumatizzati, permette la rilevazione tempestiva di alterazioni del ritmo e della conduzione cardiaca. Tamponamento cardiaco, pneumotorace iperteso o grave volemia possono essere sospettati in presenza di attività elettrica senza polso. Mentre l'ipossia e l'ipoperfusione si manifestano all'ECG con bradicardia e disturbi della conduzione.
- Pulsossimetria: permette il monitoraggio non invasivo dell'ossigenazione periferica dando informazioni sulla saturazione dell'emoglobina.
- Frequenza respiratoria
- Frequenza cardiaca
- Pressione arteriosa
- Capnografia: attraverso la misurazione della CO<sub>2</sub> di fine espirazione (EtCO<sub>2</sub>) permette di valutare la ventilazione alveolare e assicurarsi che il tubo endotracheale sia in posizione corretta.

### *Emogasanalisi*

Rappresenta uno strumento diagnostico essenziale per la valutazione dello stato respiratorio, metabolico e dell'equilibrio acido base. Si esegue mediante un prelievo arterioso generalmente dall'arteria radiale o femorale. Permette di valutare pH, pressione parziale dell'ossigeno (PaO<sub>2</sub>), pressione parziale di anidride carbonica (paco<sub>2</sub>) e i bicarbonati (hco<sub>3</sub>) per avere informazioni sul sistema respiratorio e renale. In particolare, permette di distinguere tra insufficienza respiratoria ipercapnica o

normocapnica. Valutando il rapporto tra ossigeno inspirato e ossigeno presente nel sangue si possono riconoscere vari livelli di gravità dell'ipossiemia. Inoltre, con parametri quali l'anion gap e il base excess permette di identificare e classificare i disturbi acido-base e riconoscere chetoacidosi diabetica, acidosi lattica e insufficienza renale. In alcuni contesti è sufficiente un prelievo venoso. Altri parametri analizzabili sono la temperatura, la glicemia, la metaemoglobina e i lattati. [48]

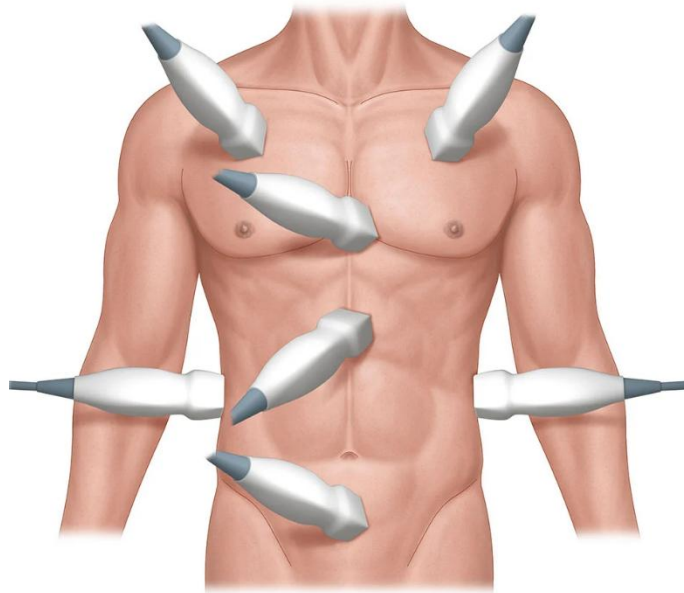
## 2.8 Diagnosi e Trattamento del trauma toracico

In caso di trauma toracico la rapida identificazione delle lesioni e la loro gestione consentono di controllare il danno e di prevenire complicanze potenzialmente letali. I pazienti anziani vanno particolarmente attenzionati, questi in seguito a traumi molto lievi possono sviluppare complicanze severe. [49] Le indagini strumentali sono essenziali per la diagnosi di trauma toracico.

### 2.8.1 E-fast

L'ecografia FAST è nata negli anni '70 per identificare emopericardio ed emoperitoneo. L'extended FAST (Focused Assessment Sonography for Trauma) permette di riconoscere versamenti liberi a livello del pericardio, del peritoneo e anche a livello della pleura dopo un trauma. Questa metodica permette di riconoscere anche emotorace e pneumotorace, non è invasiva, è economica e facilmente eseguibile in pronto soccorso direttamente al letto del paziente. Rappresenta uno strumento essenziale nella valutazione iniziale del paziente. Le finestre che vengono analizzate sono:

- Pericardio: valutato per primo per escludere tamponamento cardiaco
- Quadrante superiore destro e quadrante superiore sinistro per ricercare liquido libero
- Pelvi, come ultima sede
- Pleura: per ricercare emotorace o pneumotorace



*Figura 8: regioni analizzate durante l'E-FAST. American College of Emergency Physicians (ACEP). FAST | Sonoguide. Disponibile su: ACEP Sonoguide – FAST*

Il principale obiettivo di questa metodica è quello di ridurre laparotomie non necessarie e velocizzare la gestione del trauma, in accordo con le principali linee guida (tra cui ATLS).

L'Ecografia-FAST in condizioni instabili di trauma toracico penetrante e chiuso dovrebbe essere dirimente nella diagnosi. Nei pazienti stabili il gold standard rimane la TC. Infatti, dall'ecografia posso derivare falsi positivi, ad esempio in caso di ascite e pericardite, dove l'origine del liquido non è traumatica. Ma possono esserci anche falsi negativi, ad esempio in pazienti obesi o in presenza di enfisema.

### 2.8.2 Ecografia Toracica (TUS)

L'ecografia toracica negli ultimi anni ha assunto un ruolo essenziale nella valutazione del paziente con trauma toracico. Questa metodica è rapida, a basso costo, non invasiva, ripetibile ed eseguibile direttamente al letto del paziente. Permette di identificare lesioni potenzialmente fatali come pneumotorace, emotorace e contusione polmonare. [50]

L'ecografia toracica dettagliatamente approfondita nel *capitolo 3*

### 2.8.3 Rx Torace

Il primo esame di imaging nella valutazione iniziale del trauma toracico è la radiografia del torace. Si svolge rapidamente, anche al letto del paziente e permette una rapida identificazione delle lesioni. Nonostante ciò, la sensibilità della radiografia è minore rispetto a quella dell'ecografia toracica e della TC torace soprattutto per lesioni molto piccole, tra cui pneumotorace ed emotorace occulti. [10]

In caso di pneumotorace iperteso la diagnosi è clinica e la radiografia non deve ritardare il trattamento. Sia alla radiografia del torace che alla TC possono essere evidenziati reperti caratteristici quali: spostamento controlaterale del mediastino, iperdistensione dell'emitorace interessato, collasso del polmone verso l'ilo, inversione dell'emidiaframma omolaterale.

Per quanto riguarda la contusione polmonare, che rappresenta la più frequente lesione nel trauma toracico chiuso, potrebbe non essere apprezzabile nelle prime ore successive all'evento. Generalmente, può essere evidenziata entro 24 ore alla radiografia. Invece, la TC torace permette una diagnosi precoce già nelle fasi iniziali.

Si può sospettare la presenza di pneumotorace occulto in caso di aumento della radiotrasparenza dell'emidiaframma interessato, deep sulcus sign (segno del seno costofrenico profondo), netta visualizzazione del margine cardiaco o mediastinico, segno del doppio diaframma, dovuto alla presenza di aria che delinea sia la cupola diaframmatica sia il suo punto di inserzione. [51]



*Figura 9: Ampio pneumotorace sinistro con collasso del polmone verso l'ilo polmonare. Fonte: Radiopaedia.org, Pneumothorax – Chest X-ray*

#### 2.8.4 TC torace e TC total body

La TC torace presenta superiorità rispetto alla radiografia del torace nella rilevazione di lesioni con radiografie iniziali normali. La TC permette di identificare più accuratamente le contusioni polmonari, le lesioni traumatiche dell'aorta e le fratture ossee. In caso di pneumotorace occulto la TC risulta più sensibile della radiografia, infatti l'aria, in posizione supina, tende ad accumularsi nelle regioni anteriori e mediali del torace, rendendo difficile la diagnosi radiologica. [51] Permette di identificare in maniera precisa il volume dello pneumotorace, risultando particolarmente utile nella pianificazione del trattamento.



Figura 10: TC torace con contusione polmonare destra e pneumotorace iperteso destro, deviazione del mediastino a sinistra. Fonte Kim YJ et al. Watch Out for the Early Killers: Imaging Diagnosis of Thoracic Trauma. Korean Journal of Radiology. 2023

Grazie alle ricostruzioni multiplanari e tridimensionali, consente una valutazione più accurata delle coste rispetto alle metodiche tradizionali, migliorando sia l'identificazione delle linee di frattura sia la definizione della loro estensione. Permette di riconoscere fratture costali multiple che possono evolvere in un quadro di volet costale.

Una fuoriuscita del mezzo di contrasto può essere indicativa di sanguinamento attivo, tra le lesioni più gravi vi sono quelle dell'aorta toracica. La TC consente inoltre di evidenziare segni diretti come pseudoaneurismi o lesioni della parete aortica. La TC consente di identificare emotoraci massivi. [52]

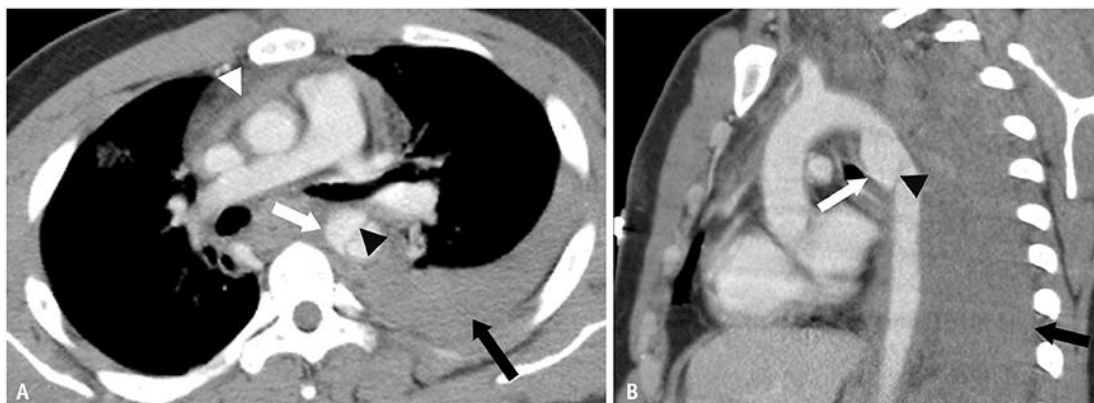


Figura 11: TC torace che mostra lesione traumatica dell'aorta toracica è evidenziato pseudoaneurisma a livello dell'istmo, ematoma mediastinico ed emotorace sinistro. Fonte Kim YJ et al. Watch Out for the Early Killers: Imaging Diagnosis of Thoracic Trauma.

## 2.8.5 Gestione del dolore

Il dolore è definito come una sensazione fisica spiacevole oltre che un'esperienza complessa influenzata da fattori emotivi, psicologici e cognitivi. La valutazione dell'intensità del dolore costituisce una fase essenziale nella gestione del paziente in emergenza-urgenza, poiché consente di quantificare un sintomo soggettivo e di monitorare l'efficacia della terapia. A tal fine vengono utilizzate delle scale di valutazione del dolore. Tra queste la scala VAS (Visual Analogue Scale) è uno strumento unidimensionale che misura l'intensità del dolore percepito dal paziente. Consiste in una linea orizzontale lunga 10 cm, ai cui estremi sono riportate due condizioni opposte: zero, cioè assenza di dolore e dieci, cioè il peggior dolore immaginabile. Al paziente viene chiesto di indicare il punto che rappresenta il dolore che prova in quel momento. Questa scala è molto semplice e rapida da utilizzare ma richiede buone capacità cognitive. Mentre la Numeric Rating Scale (NRS) rappresenta una delle scale più utilizzate in Pronto Soccorso e nell'emergenza territoriale. Al paziente viene chiesto di indicare un numero tra 0 (nessun dolore) e 10 (peggior dolore mai provato) che indichi il suo dolore. Anche questa scala risulta essere molto semplice, rapida e ripetibile. Risulta essere meno accurata nei bambini piccoli e nei pazienti con deficit cognitivi. Mentre la scala PAINAID può essere utilizzata in pazienti adulti con disturbi cognitivi che non gli permettono di comunicare verbalmente. L'acronimo OPQRST si utilizza per la valutazione del dolore.

- Onset = origine del sintomo, se a riposo oppure durante sforzo.
- Provocation o Palliation = provocato da sforzo, digitopressione, respirazione o attenuato da farmaci e riposo.
- Quality = qualità del dolore: superficiale o profondo, somatico o viscerale, continuo o intermittente, oppressivo, costrittivo, trafittivo...
- Region and Radiation = localizzazione ed eventuale irradiazione
- Severity = intensità del dolore
- Time = Tempi di comparsa e durata

### *Analgesia sistemica*

Per quanto riguarda le principali terapie analgesiche nella gestione del dolore lieve-moderato, si utilizzano FANS e paracetamolo. Si possono associare agli oppioidi nel dolore più intenso e hanno proprio l'obiettivo di ridurre l'utilizzo di questi ultimi. I principi attivi più utilizzati sono ibuprofene, Ketorolac trometamina, ketoprofene, diclofenac. Per quanto riguarda i FANS sono da tenere in considerazione i loro principali effetti collaterali: sanguinamento gastrointestinale, nefrotossicità e alterazione dell'aggregazione piastrinica. Il paracetamolo ha un'azione a livello prevalentemente del SNC e questo gli conferisce proprietà analgesiche e antipiretiche. Mentre l'attività antinfiammatoria risulta molto limitata. Non presenta effetti collaterali gastrolesivi e sull'aggregazione piastrinica.

Gli oppioidi rappresentano la classe farmacologica più efficace per il trattamento del dolore acuto di intensità moderata o severa. La morfina endovena è il trattamento di riferimento, oltre a garantire un controllo del dolore severo ha effetto ansiolitico. Tra gli effetti indesiderati da ricordare rientrano la depressione respiratoria, la sedazione, la nausea e il vomito e l'ipotensione arteriosa. Il Fentanyl ha una potenza superiore a quella della morfina ed è particolarmente utile quando serve un rapido controllo del dolore. Può essere somministrato per via endovenosa, intranasale o transmurale. Un ulteriore oppioide utilizzato nei contesti di emergenza-urgenza è il tramadolo. Si tratta di un oppioide debole utilizzato soprattutto nel dolore moderato. Anch'esso può determinare nausea, vomito, vertigini. In condizioni di dolore severo non va ritardata la somministrazione di oppioidi per timore di effetti collaterali ma va tenuto uno stretto monitoraggio dei parametri vitali. [40]

### *Analgesia loco-regionale*

Il controllo del dolore nella gestione del trauma è essenziale per garantire una respirazione efficace e per prevenire le complicanze respiratorie. Tra le tecniche di analgesia loco-regionale rientra l'analgesia epidurale toracica che però presenta diversi effetti collaterali, tra cui l'ipotensione e i deficit sensitivi agli arti inferiori. Per quanto riguarda il blocco paravertebrale toracico, rappresenta un'alternativa valida permettendo un blocco sensitivo monolaterale con minori effetti sistemici e una

maggiore semplicità di esecuzione rispetto all'epidurale. L'analgesia intrapleurica prevede la somministrazione di anestetico nello spazio pleurico ma presenta diversi rischi e complicanze per cui non è particolarmente utilizzata. Mentre il blocco dei nervi intercostali permette di interrompere la somministrazione dello stimolo doloroso a livello delle coste interessate, in particolare sopra e sotto la costola colpita. Per le fratture costali sia anteriori che posteriori il sito di blocco ottimale è l'angolo della costa. Il blocco va ripetuto per ciascuna costa da trattare e il paziente va strettamente monitorato dopo la procedura, per scongiurare una possibile complicanza: lo pneumotorace. [53]

L'approccio considerato più efficace per il controllo del dolore nel paziente con trauma toracico è quello multimodale che combina tecniche di analgesia regionale con analgesici sistemici.

### 2.8.6 Supporto Ventilatorio e Ossigenazione

Il trauma toracico contusivo, essendo caratterizzato da un impatto diretto sulla parete toracica, può determinare lesioni di quest'ultima e del parenchima polmonare, con conseguente compromissione della funzione respiratoria. La gestione ventilatoria riveste un ruolo fondamentale. Nei casi più gravi spesso si ricorre all'intubazione orotracheale e alla ventilazione meccanica invasiva, con il rischio di sviluppare complicanze e degenza ospedaliera prolungata. Negli ultimi anni è cresciuto l'impegno della ventilazione non invasiva (NIV), che comprende modalità come la Continuous Positive Airway Pressure (CPAP) e la Bilevel Positive Airway Pressure (BiPAP).

#### *Ossigenoterapia a basso flusso*

L'ossigenoterapia ha l'obiettivo di garantire un adeguato apporto di ossigeno ai tessuti, in particolare agli organi vitali come cuore e cervello e rappresenta uno dei trattamenti prioritari nei pazienti con insufficienza respiratoria. L'ossigeno può essere somministrato attraverso dispositivi come gli occhialini nasali, che sono ben tollerati dal paziente ma consentono di raggiungere concentrazioni relativamente basse di ossigeno. Infatti, la  $FiO_2$  ottenibile non supera il 36%. Le maschere facciali semplici consentono di erogare concentrazioni di ossigeno più elevate rispetto agli occhialini,

generalmente comprese tra il 35% e il 60%. Il flusso, per evitare accumulo di anidride carbonica, deve essere di almeno 5-6 L/min. Le maschere con reservoir sono costituite da una maschera collegata ad una sacca di raccolta dell'ossigeno che si svuota durante l'inspirazione del paziente. Grazie a questo sistema si raggiungono concentrazioni di ossigeno elevate, fino a quasi il 100% quando vengono utilizzati flussi superiori a 12 L/min. La maschera di Venturi permette una somministrazione di ossigeno precisa, scelta in base all'adattatore utilizzato. [40]

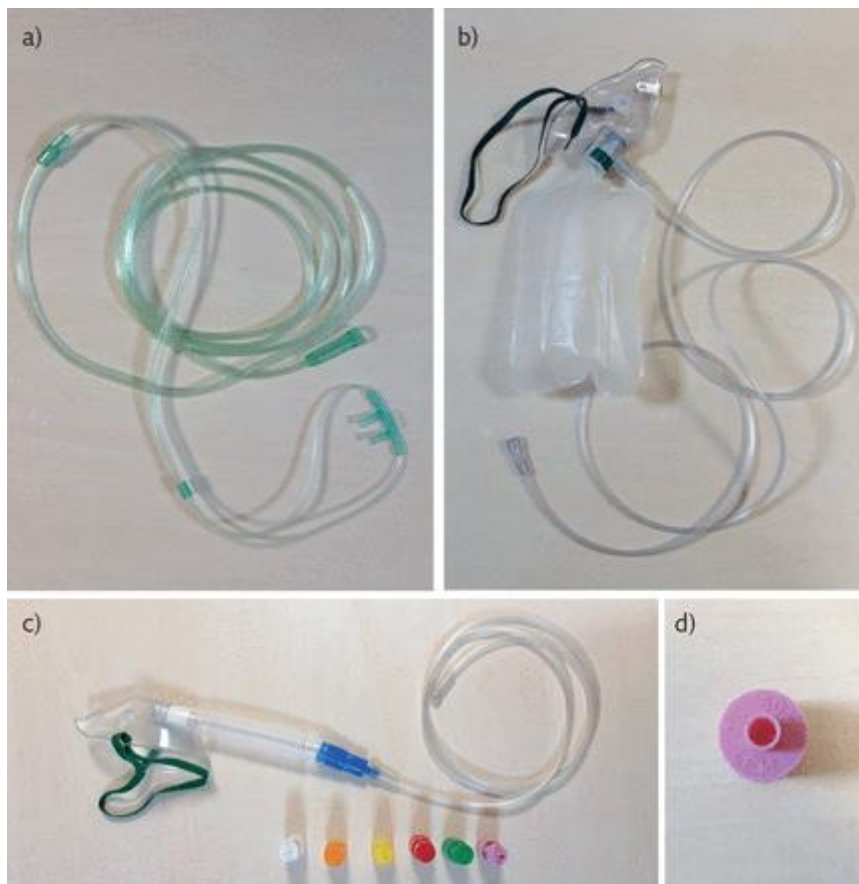


Figura 12: a) cannula nasale; b) maschera con reservoir; c) maschera Venturi con adattatori di vario calibro; d) adattatore. Fonte modificata da O'Driscoll BR, Howard LS, Earis J, Mak V. Oxygen devices and delivery systems. *Breathe*. 2019;15(3):e108–e116.

### *Ossigenoterapia ad alto flusso*

L'ossigenoterapia ad alti flussi mediante cannule nasali (HFNC) rappresenta una valida alternativa alla NIV nei pazienti con trauma toracico contusivo e insufficienza respiratoria ipossiémica lieve-moderata. Permette di migliorare l'ossigenazione e di ridurre il lavoro respiratorio grazie all'erogazione di gas riscaldato e umidificato. Presenta maggiore comfort per il paziente e una minore incidenza di intolleranza al

trattamento rispetto alla NIV. [54] Uno studio ha dimostrato che l'ossigenoterapia nasale ad alti flussi determina un incremento più rapido del rapporto PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> rispetto all'ossigenoterapia con maschera Venturi. Questo beneficio potrebbe essere legato all'effetto di pressione positiva di fine espirazione PEEP generato dagli elevati flussi che favorisce il reclutamento degli alveoli polmonari. Nonostante ciò, l'HFNC non ha mostrato una riduzione statisticamente significativa della necessità di intubare il paziente, della mortalità e della degenza rispetto alla terapia convenzionale. Quindi L'HFNC può essere ritenuta una valida opzione di prima linea per il supporto respiratorio nei pazienti con trauma toracico contusivo e insufficienza respiratoria ipossiémica, grazie alla sua buona tollerabilità e al miglioramento degli scambi gassosi. [55]

### *Ventilazione non invasiva (NIV)*

Le linee guida dell'Advanced Trauma Life Support (ATLS) riconoscono la NIV come un'opzione terapeutica sicura nei pazienti selezionati con contusione polmonare traumatica e insufficienza respiratoria. Il suo utilizzo è raccomandato in presenza di distress respiratorio moderato-severo, tachipnea, utilizzo della muscolatura respiratoria accessoria e alterazione degli scambi gassosi. Le controindicazioni principali sono l'arresto cardiocircolatorio, l'instabilità emodinamica, il trauma facciale e l'elevato rischio di aspirazione. L'utilizzo della NIV è associato a una riduzione della mortalità, delle complicanze respiratorie e infettive e della durata della degenza in terapia intensiva rispetto alla ventilazione meccanica invasiva (IMV). In particolare, la NIV migliora gli scambi gassosi e favorisce il reclutamento alveolare, imitando le complicanze tipiche della ventilazione meccanica invasiva. È inoltre correlata ad una degenza più breve, con un minor rischio di effetti avversi correlati all'ospedalizzazione prolungata, tra cui polmonite nosocomiale e sepsi. [56]

### *Ventilazione invasiva (IV)*

La ventilazione meccanica invasiva rappresenta il trattamento di scelta nei pazienti con trauma toracico che sviluppano una grave insufficienza respiratoria o un'importante alterazione degli scambi gassosi. È particolarmente indicata in caso di flail chest e di contusione polmonare estesa. Il trauma toracico è risultato associato alla necessità di

ventilazione meccanica invasiva nel 40,3% dei casi, i principali fattori associati alla necessità di ventilazione invasiva sono il punteggio ISS, la riduzione del punteggio GCS, l'ipotensione arteriosa e l'aumento dei livelli di lattato. La probabilità di intubazione aumenta in presenza di lesioni a livello cranico, addominale o degli arti. [57]

### 2.8.7 Drenaggio toracico

Il drenaggio toracico è volto a evacuare aria e/o liquido nello spazio pleurico per permettere una corretta riespansione del polmone. Nell'ambito del trauma toracico è indicato soprattutto in presenza di pneumotorace, emotorace e chilotorace. Generalmente si usano cateteri di grosso calibro per emotorace (14-28 Fr), per lo pneumotorace semplice sono sufficienti cateteri più piccoli (5-14 Fr). Il drenaggio viene può essere posizionato con o senza guida imaging, l'ecografia è lo strumento più utilizzato. La procedura di toracotomia chirurgica consiste nell'incisione, previa anestesia locale e sedazione, della parete toracica a livello del quarto o quinto spazio intercostale sull'ascellare anteriore o media e posizionamento del tubo nello spazio pleurico. I sistemi di drenaggio includono il sistema a tre camere in sequenza: prima camera che raccoglie il sangue o l'aria, seconda camera che contiene acqua e agisce da valvola unidirezionale, impedendo il ritorno del liquido nello spazio pleurico e terza camera che controlla la pressione di aspirazione tramite un sistema a suzione. Per lo pneumotorace si usa la valvola di Heimlich: è unidirezionale e consente la fuoriuscita dell'aria, non richiede clampaggio. [58] Le complicanze principali sono dolore, infezione, sanguinamento e malposizionamento del catetere. Se fossero presenti aree di cellulite queste andrebbero evitate per ridurre il rischio di infettare lo spazio pleurico e causare empiema. Il drenaggio viene rimosso quando il polmone si è riespanso, un criterio rilevante è un volume di liquido inferiore ai 200-500 ml. [59]

In caso di pneumotorace iperteso si mette in atto una decompressione pleurica mediante ago a livello del quarto o quinto spazio intercostale sulla linea ascellare anteriore. La scelta del sito di inserimento può variare in base all'indicazione clinica. Nel trattamento del versamento pleurico l'inserimento è generalmente più basso rispetto allo pneumotorace. Per un corretto posizionamento si utilizza il triangolo di sicurezza, un'area anatomica delimitata dal muscolo grande pettorale anteriormente,

dal muscolo grande dorsale posteriormente, dalla base dell'ascella superiormente e dal quinto spazio intercostale inferiormente.

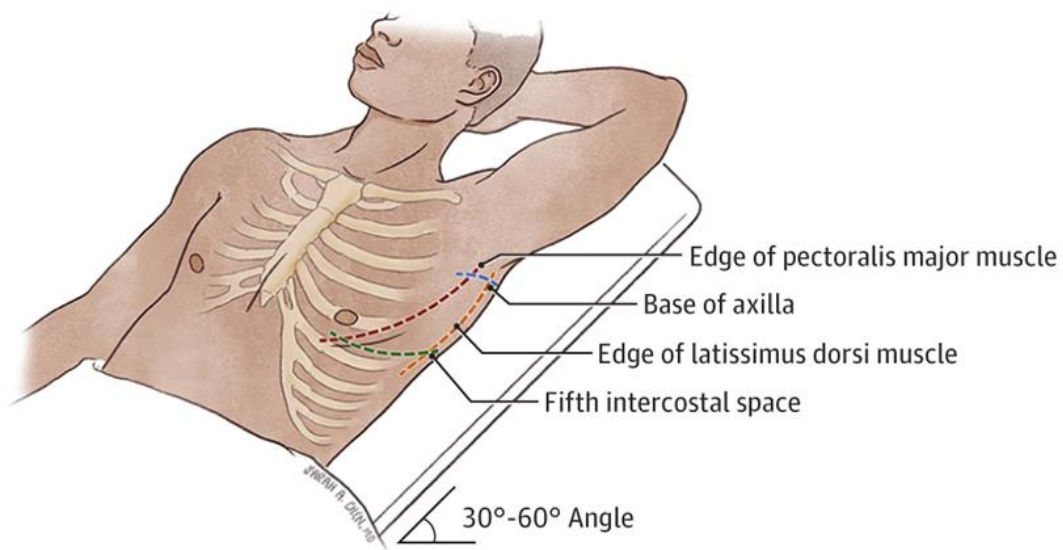


Figura 13: Triangolo di sicurezza per il posizionamento del drenaggio toracico. Fonte adattata da Bauman ZM, Kulvatunyou N, Joseph B, et al. *Comprehensive Review of Chest Tube Management. JAMA Surgery.* 2022;157(3):269-274.

### 2.8.8 Radiologia Interventistica

La radiologia interventistica negli ultimi anni ha iniziato a ricoprire un ruolo essenziale nella gestione e nel trattamento di lesioni nel trauma toracico. I vantaggi principali sono rappresentati da una riduzione di complicanze, costi e durata dell'ospedalizzazione. Per accedere a questi interventi il paziente deve essere stabile emodinamicamente. In caso di emottisi massiva, legata a sanguinamento dell'arteria bronchiale si può intervenire con l'embolizzazione. In caso di lesione a carico dell'arteria intercostale con successivo emotorace si può ricorrere alla medesima tecnica di embolizzazione se il sanguinamento è  $>200$  ml/h. [60]

### 2.8.9 Toracotomia d'emergenza

La toracotomia d'emergenza consiste nell'intervenire con l'apertura del torace in un paziente in arresto cardiaco, che non risponde alla rianimazione. Nell'ambito del trauma toracico penetrante la sopravvivenza è di circa il 15%. Permette di esplorare direttamente il torace e controllare l'emorragia. Tra i segni di vita da valutare è presente l'attività elettrica cardiaca: l'asistolia in presenza di tamponamento cardiaco è un'indicazione diretta alla procedura. Si tratta una procedura estrema che comporta

rischi nei sopravvissuti di deficit neurologici, presenta anche rilevanti implicazioni etiche. [61]

## 3 Ecografia nel trauma toracico

L'ecografia polmonare è diventata uno strumento point-of-care essenziale nella pratica clinica quotidiana, incidendo sull'approccio all'insufficienza respiratoria acuta. Il suo utilizzo è stato implementato soprattutto dopo la pandemia di SARS-CoV-2 e si sono rivelati particolarmente utili i dispositivi portatili in terapia intensiva e in pronto soccorso. [62]

### 3.1 Principi generali

L'ecografia toracica è vantaggiosa rispetto alla radiografia del torace perché rapida, portatile e non emette radiazioni ionizzanti. Per quanto riguarda l'utilizzo della sonda, se si devono visualizzare la pleura viscerale, la pleura parietale e lo spazio subpleurico più superficialmente sono indicate sonde lineari ad alta frequenza (5-13 MHz), per l'imaging più profondo si utilizzano sonde convex (1-8 MHz). Per visualizzare la pleura, il polmone, la parete toracica si utilizza la modalità B-mode. Per identificare lo pneumotorace invece la modalità M può evidenziare l'assenza dello sliding. [63] Un limite rilevante dell'ecografia toracica è la dipendenza dall'operatore. [64] L'esame tipicamente si svolge con il paziente supino o semiseduto.

### 3.2 Reperti ecografici nel polmone

Con l'ecografia toracica si possono evidenziare strutture anatomiche o artefatti. L'aria non permette la propagazione degli ultrasuoni e impedisce la visualizzazione diretta del parenchima polmonare creando un'interfaccia acustica con i tessuti molli. Nell'ambito di un polmone fisiologico appaiono le linee A, queste sono delle linee orizzontali, parallele, equidistanti ed iperecogene legate ad un artefatto da riverberazione: il polmone è sano quindi al suo interno vi è aria. [63]

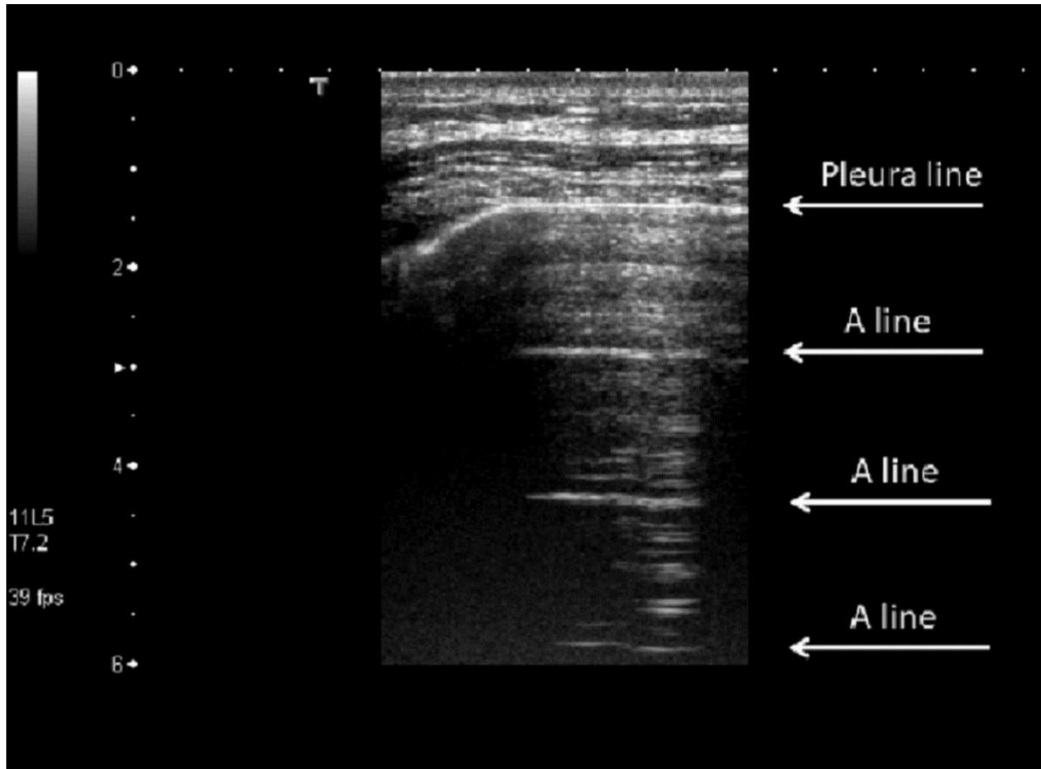


Figura 14: ecografia polmonare, linee A. Fonte Ecografia polmonare con B-lines. Riprodotta da Wang Y, Zhang Y, et al. *Quantitative Analysis of Pleural Line and B-Lines in Lung Ultrasound Images for Severity Assessment of COVID-19 Patients*.

Il principale elemento da valutare è il “*Lung sliding*” che identifica il fisiologico scorrimento della pleura viscerale e parietale sincrono con la respirazione. Viene definito “*Lung Pulse*” il movimento della pleura sincronizzato con il battito del cuore, la sua presenza esclude lo pneumotorace. [65]

La pleura può essere evidenziata in scansione longitudinale, appare come una struttura iperecogena tra due coste. In particolare, può essere riscontrato il “*Bat sign*”: le ombre acustiche delle coste costituiscono le ali del pipistrello, mentre la linea pleurica ne rappresenta il corpo. Questo segno può essere assente in caso di enfisema sottocutaneo. [66]

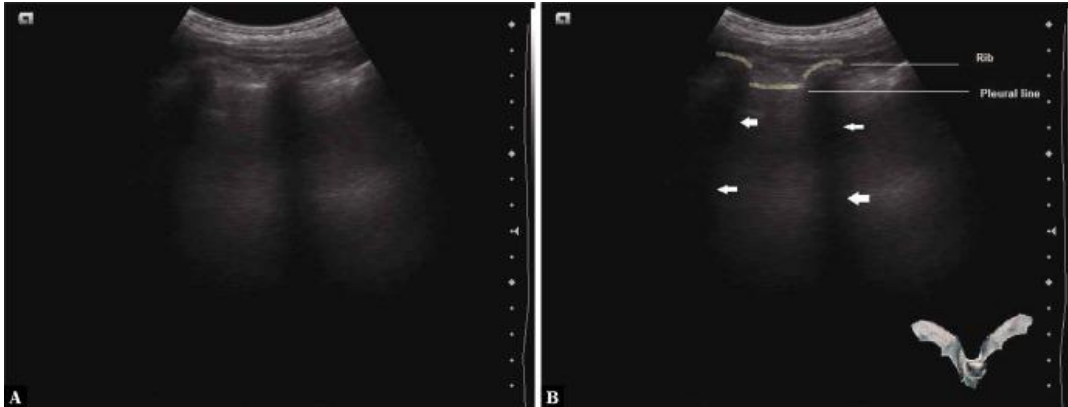


Figura 15: Bat Sign. Fonte:

[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/core/lw/2.0/html/tileshop\\_pmc/tileshop\\_pmc\\_inline.html?title=Click%20on%20image%20to%20zoom&p=PMC3&id=8439137\\_jou-21-86-e225-g002.jpg](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/core/lw/2.0/html/tileshop_pmc/tileshop_pmc_inline.html?title=Click%20on%20image%20to%20zoom&p=PMC3&id=8439137_jou-21-86-e225-g002.jpg)

In condizioni fisiologiche, si osservano la muscolatura intercostale, le ombre generate dalle coste. [50] Inoltre, con la modalità M-mode si può evidenziare il “*seashore sign*”, con una parte di polmone superiore statica e una inferiore granulare.

Infine, a livello del recesso costofrenico, si può notare il *curtain sign* (segno della tenda): indicata la normale espansione del polmone sulla cavità addominale ed è legato alla sovrapposizione dell’aria alle strutture addominali.

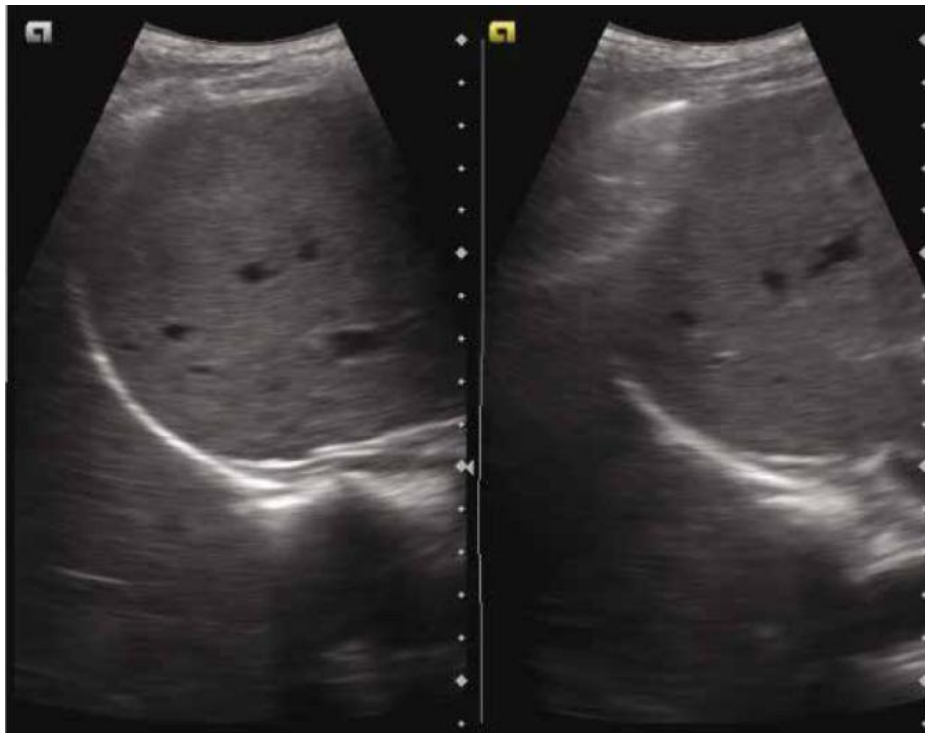


Figura 16: Curtain Sign. Fonte <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8439137/?utm>

### 3.3 Reperti ecografici patologici nel trauma toracico

Le linee B sono artefatti verticali iperecogeni che originano dalla linea pleurica, si estendono fino alla profondità dell'immagine e si muovono in maniera sincrona con il Lung Sliding. Indicano un aumento del contenuto idrico (edema) o una diminuzione dell'aria nel polmone. [67] La loro formazione è correlata alla riduzione del contrasto acustico tra la pleura e il polmone, il fenomeno di riverberazione che si genera determina l'artefatta verticale a coda di cometa caratteristico. Si può pensare ad un coinvolgimento interstiziale in caso di una loro presenza diffusa. Le linee B quando superiori a tre sono altamente indicative di patologia e si parla di "Lung Rockets". Se tali linee confluissero ad occupare più del 50% dello spazio intercostale si parlerebbe di "Ground Glass Rockets". Il corrispettivo delle linee B alla TC torace sono setti interlobulari inspessiti e consolidamenti subpleurici. Nei casi di interessamento interlobulare primitivo, le linee B correlano a valori di pressione di incuneamento polmonare (PCWP) superiore a 18 mmHg. [68]

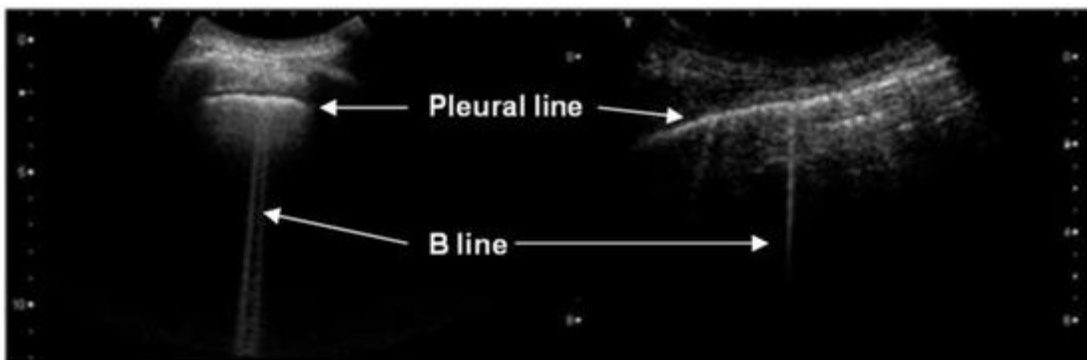


Figura 17: Linee B Fonte B-Lines Lung Ultrasonography Simulation Using Finite Element Method

Esistono diverse condizioni patologiche che, nel contesto del trauma toracico, possono presentare reperti clinici e strumentali sovrapponibili, rendendo necessaria un'accurata diagnosi differenziale. Tra queste vi sono le aderenze pleuriche e l'enfisema sottocutaneo. In generale, l'ecografia toracica aiuta in condizioni acute nella diagnosi di condizioni come lo pneumotorace, il versamento pleurico, l'emotorace, le contusioni polmonari e le fratture delle coste.

#### 3.3.1 Pneumotorace

Per la diagnosi ecografica di pneumotorace si deve avere la presenza di tre criteri:

1. Assenza di sliding: la pleura appare ferma durante la respirazione. La presenza di lung sliding esclude lo pneumotorace.
2. Assenza di linee B: dato che originano dalla linea pleurica, se questa non è visibile non possono esserci.
3. Presenza di Lung point: rappresenta il punto in cui il polmone areato coesiste con lo pneumotorace. Inoltre, permette di identificarne la localizzazione e di stimarne la dimensione.[69]

In caso di assenza di lung sliding nelle regioni anteriori del torace, l'esplorazione ecografica deve essere estesa in maniera progressiva alle aree laterali e posteriori della parete toracica fino all'individuazione del lung point. È da sottolineare che il lung point non è identificabile in tutti i pazienti con pneumotorace. Nei casi più estesi, infatti, il collasso del polmone può determinare la completa scomparsa del lung sliding. La sensibilità del lung point per identificare lo pneumotorace è pari a circa il 66%, mentre la sua specificità è del 100%, risultando perciò un reperto ecografico altamente affidabile quando presente. Dato che lo sliding può essere presente anche in caso di ARDS, atelettasia, intubazione selettiva va integrato con altri segni ecografici. [66]

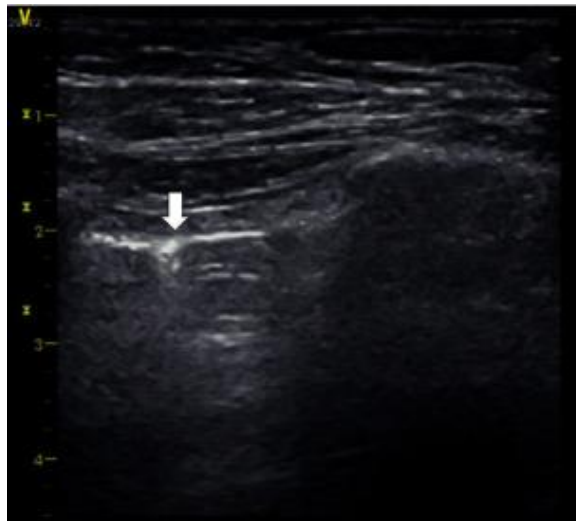


Figura 18: Lung Point Sign. Fonte *Lung Point Sign in Ultrasound Diagnostics of Pneumothorax: Imitations and Variants PubMed*

### 3.3.2 Versamento pleurico

Il versamento pleurico separa la pleura parietale e quella viscerale, si presenta ecograficamente come una zona declive, anaecogena con un'azione di finestra

acustica. Il polmone può apparire come fluttuante all'interno del versamento (*Jellyfish sign*). In scansione B-mode, le due linee pleuriche e le ombre costali delimitano una caratteristica configurazione quadrangolare definita "*Quad Sign*". In modalità M-mode si può riscontrare il "*Sinusoid sign*" determinato dall'allontanamento e avvicinamento tra le due pleure generato dal movimento del polmone. [66]

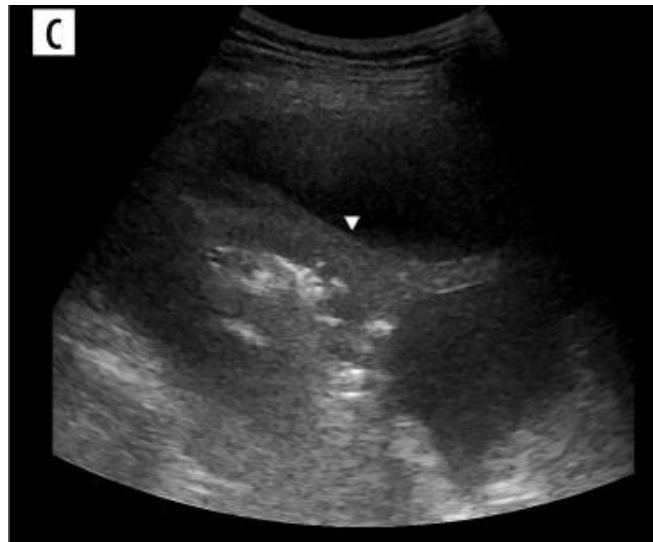


Figura 19: Jellyfish Sign Fonte: in un paziente con versamento pleurico. Immagine adattata da Łyżniak et al., 2023.

Inoltre, l'ecografia permette di stimare il volume del versamento. Infatti, ponendo la sonda in trasversale se si misura una distanza tra le pleure maggiore o uguale a 5 cm il versamento dovrebbe essere di circa 500 ml. In generale, si possono distinguere trasudati che appaiono anecogeni e omogenei ed essudati che hanno un aspetto eterogeneo e sono iperecogeni. [65]

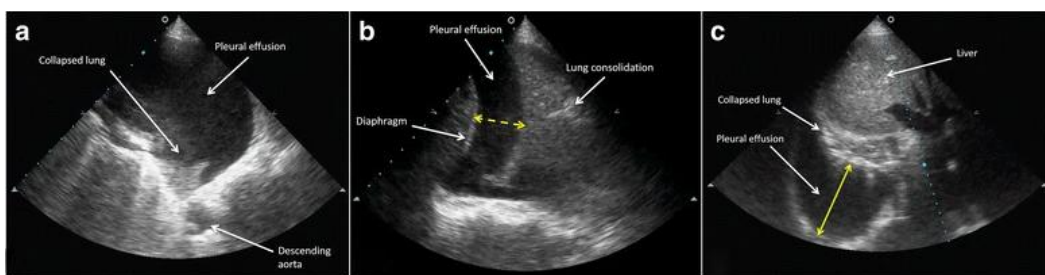


Figura 20: a) Versamento pleurico sinistro. b) Versamento pleurico destro c) Scansione infraepatica che evidenzia versamento pleurico destro Fonte: Vignon et al. Critical Care. 2017;21:317

### 3.3.3 Emotorace

All'ecografia toracica, si presenta tipicamente come una raccolta fluida anaecogena o ipoecogena nello spazio compreso tra diaframma e pleura parietale a livello del recesso costofrenico. In caso di lesione a carico del polmone potrebbero essere visibili echi di varia intensità. Il “*Plankton Sign*” è un reperto ecografico caratterizzato dalla presenza di echi mobili all'interno del liquido pleurico, dovuti a materiale corpuscolato in sospensione, è altamente indicativo di versamento di natura emorragica. [70] Lo “*spine sign*” consiste nella visualizzazione della colonna vertebrale toracica oltre il diaframma per via della presenza di liquido che interrompe il normale artefatto speculare. [71] L'ecografia torace ha una sensibilità generalmente maggiore della radiografia del torace nella rilevazione dell'emotorace. Infatti, permette una rilevazione accurata fino a 100 ml di versamento e riesce identificare delle raccolte minime, intorno ai 20 ml. [72]

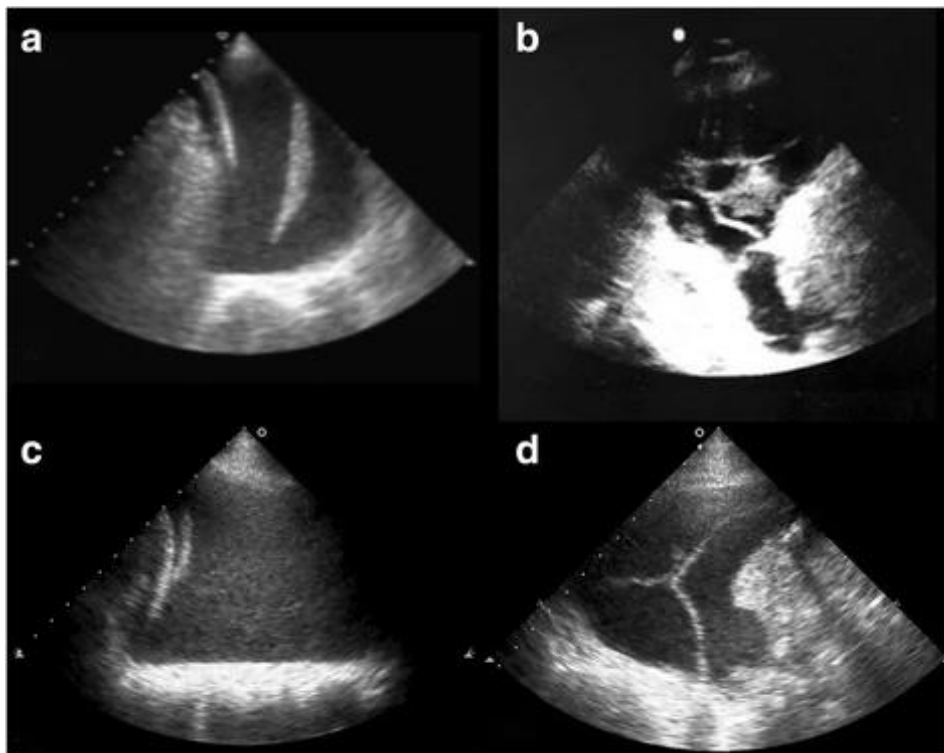


Figura 21: Differenti tipi di versamento pleurico. A) Essudato B) Empiema C) Emotorace D) Versamento pleurico complesso settato Fonte: Vignon et al. Critical Care. 2017

### 3.3.4 Contusione polmonare

Una delle lesioni più frequenti in caso di trauma chiuso del torace è la contusione polmonare. La sensibilità dell'ecografia polmonare è pari al 73%, mentre la specificità è del 66% nella diagnosi precoce di contusione. Questa si presenta all'ecografia con una perdita progressiva dell'aereazione: inizialmente si osservano numerose linee B e irregolarità della linea pleurica, poi si sviluppa una consolidazione con aspetto "tissutale", molto simile al fegato. Questo reperto è aspecifico, infatti, si può ritrovare anche in caso di edema polmonare o ARDS. [73]

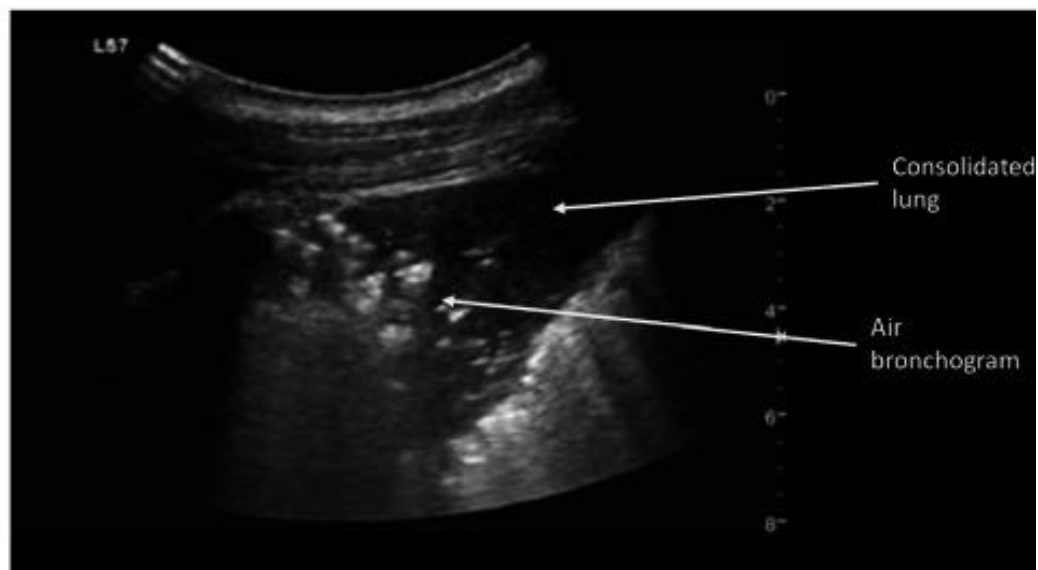


Figura 22: Contusione polmonare, scansione obliqua che evidenzia un consolidamento libere. Il reperto presenta un'ecogenicità simile a quella del fegato. Fonte adattata da Battle et al., 2022.

### 3.3.5 Consolidamenti polmonari

Si tratta di un aumento della densità del parenchima, il polmone assume un aspetto ecografico simile al fegato. Generalmente si valuta perifericamente quando è assente del normale parenchima polmonare tra la sonda e la consolidazione. [69]

### 3.3.6 Fratture costali

Le fratture costali costituiscono circa la metà delle lesioni osservabili nel trauma toracico chiuso. L'ecografia toracica ha una sensibilità media dell'89,3% e una specificità del 98,4 % nel rilevamento delle fratture costali. Si identificano come un'interruzione della linea iperecogena che corrisponde alla corticale dell'osso.

Altrimenti altri segni riscontrabili sono l'edema dei tessuti molli circostanti ed ematomi a carico della zona interessata dal trauma. La TC torace ha un'accuratezza migliore dell'ecografia per le lesioni a carico della cartilagine costale e della giunzione condro costale. [74]

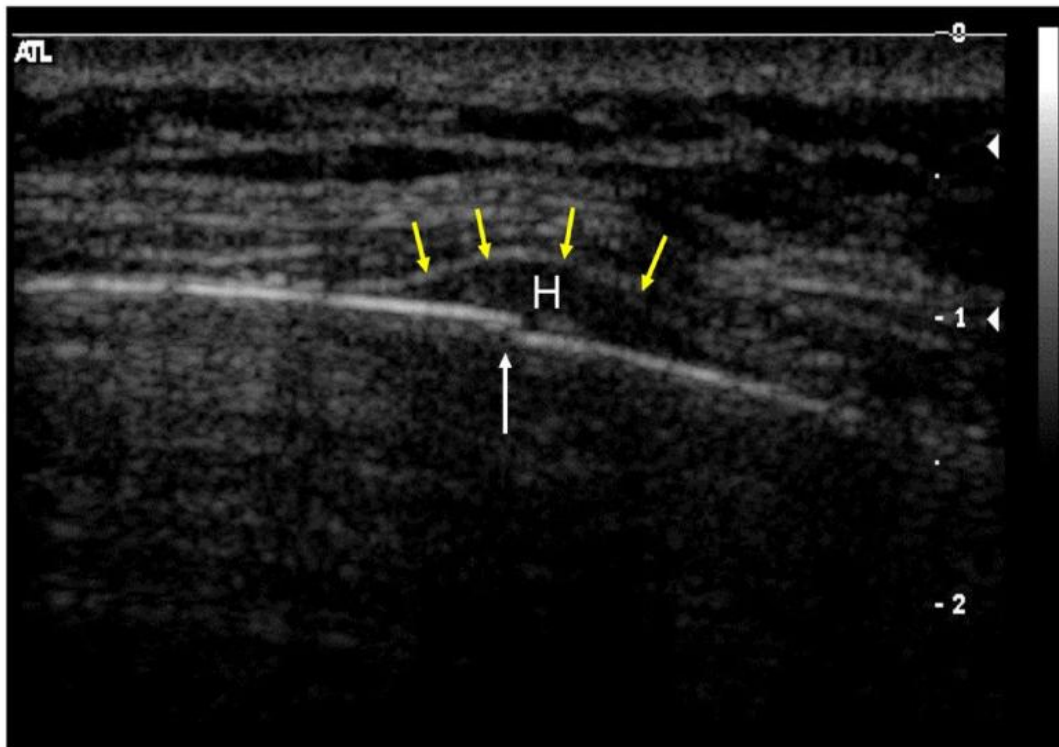


Figura 23: interruzione della corticale di una costa fratturata (freccia bianca), ematoma sottoperiosteale (H) e periostio (freccie gialle) Fontw adattata da Hwang e Lee, 2016

### 3.4 LUS (Lung Ultrasound Score)

Il LUS consente una valutazione semiquantitativa dell'aerazione polmonare. È calcolato mediante la valutazione di dodici regioni a livello del torace, sei per ogni emitorace, e permette l'assegnazione di un punteggio da zero a tre per ciascuna di esse sulla base del grado di aerazione. In particolare, la perdita di aerazione è classificata sulla base dell'estensione delle linee B e dalla presenza di consolidamenti. Sommando i punteggi delle singole regioni si ottiene il punteggio ecografico polmonare globale, compreso tra zero e trentasei. Più questo valore è elevato maggiore è la perdita dell'aerazione. [50] [68]

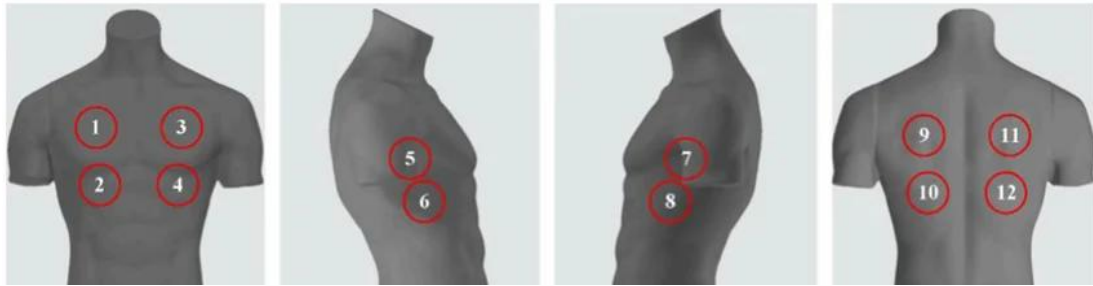


Figura 24: Suddivisione del torace nelle 12 regioni utilizzate per il calcolo del LUS. Fonte: adattata da Mongodi et al., 2024

- Score 0 - aerazione normale: linee A, parallele alla linea pleurica e ripetute, massimo 2 linee B
- Score 1 - perdita moderata di aerazione: gli artefatti occupano meno del 50% della pleura.
- Score 2 - perdita severa di aerazione: gli artefatti occupano più del 50% della pleura.
- Score 3 - perdita completa di aerazione: si ha un pattern “tissue-like” (tessuto simil-solido)

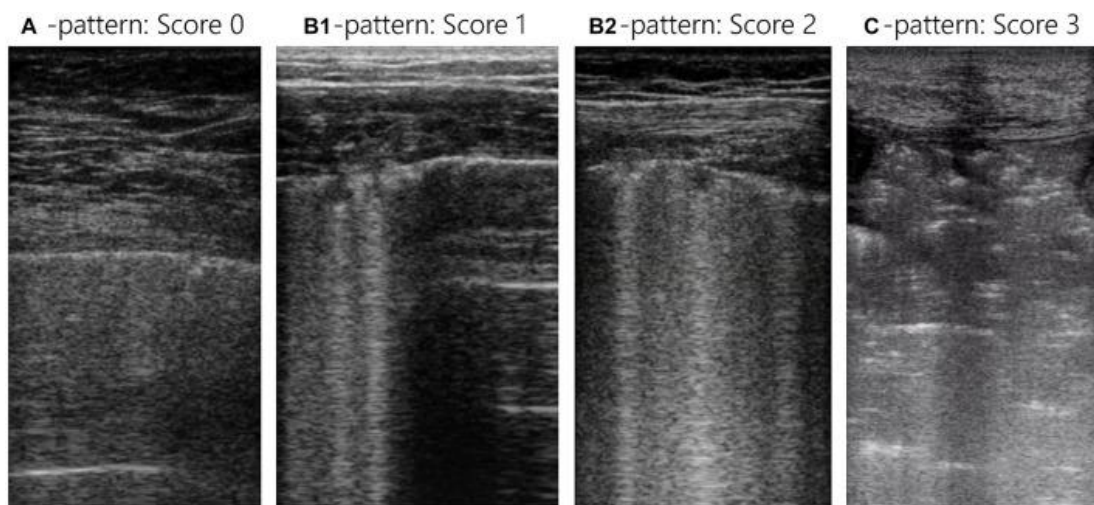


Figura 25: LUS Fonte: Pierrakos C, Smit MR, Pisani L, Paulus F, Schultz MJ, Constantin JM, et al. Lung Ultrasound Assessment of Focal and Non-focal Lung Morphology in Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. *Front Physiol* [Internet]. 2021 Sep 14. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34594240/>

### 3.4.1 Vantaggi del LUS rispetto a RX e TC

Durante la pandemia da COVID-19 il LUS è stato proposto come strumento per diagnosi e gestione clinica. I suoi principali vantaggi sono i costi contenuti, la facilità d'uso, la non invasività, la buona tollerabilità e la rapidità rispetto alle tecniche tradizionali di radiologia. [68]

### 3.4.2 Limitazione del LUS

Il LUS è caratterizzato da limitazioni: non fornisce dati quantitativi e spesso le linee B sono aspecifiche, essendo presenti in diverse condizioni patologiche. Inoltre, diversi fattori tecnici possono influenzare la visualizzazione delle linee B. Senza dimenticare che l'ecografia è una tecnica operatore dipendente, richiede un adeguato training sia per l'acquisizione sia per l'interpretazione delle immagini. Inoltre, la qualità dell'esame può essere compromessa dalla presenza di obesità, medicazioni toraciche, enfisema sottocutaneo e condizioni che possono ostacolare l'ottenimento di una finestra acustica adeguata. Un ulteriore limite è rappresentato dalla difficoltà nell'identificazione delle lesioni polmonari profonde e centrali, poiché l'ecografia consente soprattutto la valutazione delle alterazioni che raggiungono la superficie pleurica. [75]

## 4 Studio clinico

### 4.1 Background

Il trauma toracico è una conseguenza frequente degli eventi traumatici, nell'ambito del politrauma è responsabile di circa il 25% dei decessi. [10] In particolare, rappresenta la terza causa di morte per trauma in tutte l'età ma nei giovani, in particolare prima dei 40 anni è la principale causa di morte per origine traumatica. In generale, è dovuto più comunemente agli incidenti stradali. Nella maggior parte dei casi si tratta di un trauma contusivo (chiuso), mentre più raramente è di tipo penetrante (aperto). I principali meccanismi dai quali deriva il trauma toracico sono l'impatto diretto, la compressione, la decelerazione e l'esplosione. [17] Di conseguenza ad essere compromesse sono frequentemente le funzioni respiratoria e cardiovascolare. La diagnosi tempestiva è fondamentale ma complicata, vanno riconosciute rapidamente possibili complicanze che pongono il paziente in una condizione di rischio vita, tra queste lo pneumotorace iperteso e aperto, il tamponamento cardiaco e l'emotorace massivo. [21]

Per quanto riguarda le tecniche diagnostiche, l'ecografia toracica (TUS) è uno strumento particolarmente rilevante nella diagnosi precoce di lesioni parenchimali. Presenta una sensibilità nella diagnosi maggiore alla radiografia del torace (73% vs 66%). [76]

Lo studio osservazionale prospettico TRACTION (Thoracic Trauma Intubation Risk Score for Blunt Trauma) è stato ideato per identificare i predittori della necessità di intubazione orotracheale entro sette giorni dal trauma toracico contusivo, sulla base di informazioni cliniche, laboratoristiche e radiologiche raccolte entro le prime sei ore dall'accesso in Pronto Soccorso. Tra gli outcome secondari dello studio TRACTION, si colloca l'analisi dell'andamento del Lung Ultrasound Score (LUS). In particolare, in questo elaborato si presenta l'analisi che descrive la distribuzione e l'andamento in sette giorni del punteggio nella coorte di pazienti che sono stati arruolati. Il LUS score è stato analizzato sia a livello delle singole aree anatomiche esaminate, sia a livello globale. L'analisi si pone l'obiettivo di valutare il possibile ruolo del LUS nella

stratificazione del rischio e nella previsione dell'outcome clinico nei pazienti con trauma toracico contusivo.

## 4.2 Materiali e Metodi

Il presente studio rappresenta una sub-analisi monocentrica svolta presso il Pronto Soccorso del Policlinico San Martino della città di Genova, nell'ambito di un più ampio studio osservazionale prospettico multicentrico che ha coinvolto i centri di Bologna, Cesena, Genova, Novara, Rozzano, Pisa e Varese. In particolare, ai fini della seguente analisi sono stati inclusi solamente i pazienti dell'ospedale San Martino di Genova. Sono stati arruolati pazienti esclusivamente adulti ( $>18$  anni) con trauma toracico contusivo giunti presso il pronto soccorso nel periodo compreso tra il 21 febbraio 2023 e il 1° aprile 2026. Mediante il sistema informatico Onesys sono stati monitorati gli accessi dei pazienti presso il Pronto Soccorso così da identificare precocemente quelli arruolabili allo studio.

I criteri di inclusione comprendevano:

- Pazienti di età  $\geq 18$  anni
- Trauma toracico con lesioni documentabili e significative, definite da un punteggio toracico dell'AIS (T-AIS)  $\geq 2$ .
- Pazienti con Glasgow Coma Scale  $> 8$  all'ingresso in Pronto Soccorso.
- Pazienti per i quali è stata eseguita una TC Total Body entro le prime sei ore dall'ingresso in Pronto Soccorso.

I criteri di esclusione comprendevano:

- Pazienti di età  $< 18$  anni.
- Trauma toracico penetrante
- Pazienti con Glasgow Coma Scale  $\leq 8$
- Pazienti ai quali era stata eseguita intubazione preospedaliera.
- Pazienti sottoposti ad intubazione per necessità di intervento chirurgico d'urgenza entro 24 ore dall'ingresso
- Pazienti con direttive di non intubazione.

Per ogni paziente arruolato, previo consenso informato scritto, sono stati raccolti al giorno zero dati riguardanti

- Variabilità antropometriche (età, sesso, peso, altezza).
- Meccanismo del trauma, intenzionalità del trauma.
- Eventuali comorbidità e terapia anticoagulante o antiaggregante.

Riguardo alle prime sei ore dall'accesso in pronto soccorso sono stati registrati dati clinici e dati strumentali. In particolare,

- Emogasanalisi arteriosa ( $PaO_2/FiO_2$ , lattati, base excess).
- Parametri vitali peggiori (pressione arteriosa minima, frequenza cardiaca massima, frequenza respiratoria massima, saturazione periferica di ossigeno, GCS e NRS).
- Dati radiologici derivati da e-FAST, ecografia toracica e TC.
- Lesioni toraciche (numero di fratture costali e di lobi contusi, la presenza di emotorace o pneumotorace e di volet costale).
- Trasfusioni, somministrazione di cristalloidi, acido tranexamico e/o fibrinogeno.
- Posizionamento di drenaggio toracico entro 24 ore.
- Necessità di intervento chirurgico in regime di urgenza.
- Necessità di ventilazione non invasiva.
- Massima  $FiO_2$  richiesta nelle prime sei ore dal trauma.
- LUS per ogni regione e globale: ciascun paziente è stato sottoposto ad ecografia toracica mediante sonda convex, durante la quale sono state esplorate dodici regioni polmonari (sei per emitorace).
- Injury Severity Score (ISS) e relativo Abbreviated Injury Scale (AIS) (testa, torace, addome, estremità).
- Revised Trauma Score in Pronto Soccorso (RTS).

Nei pazienti ricoverati il monitoraggio con l'ecografia è stato fatto giornalmente per un massimo di sette giorni. Inoltre, in questo arco temporale sono stati raccolti dati su:

- Dolore mediante NRS, peggior rapporto P/F, frequenza respiratoria peggiore.
- Necessità di supporto respiratorio (ossigenoterapia convenzionale, HFNC, CPAP, NIV o intubazione).
- Andamento del LUS sia regionale che globale, valore peggiore entro sei ore.
- Numero totale di dosi di salvataggio (espresse in equivalenti di morfina).
- Durata della ventilazione meccanica non invasiva.
- Durata della ventilazione meccanica invasiva.
- Protocollo analgesico di base ricevuto durante i primi 7 giorni dal ricovero ospedaliero ed eventuale escalation terapeutica durante i primi 7 giorni di ricovero.

Una volta terminato il periodo di osservazione di sette giorni o alla dimissione del paziente sono stati registrati gli outcome clinici:

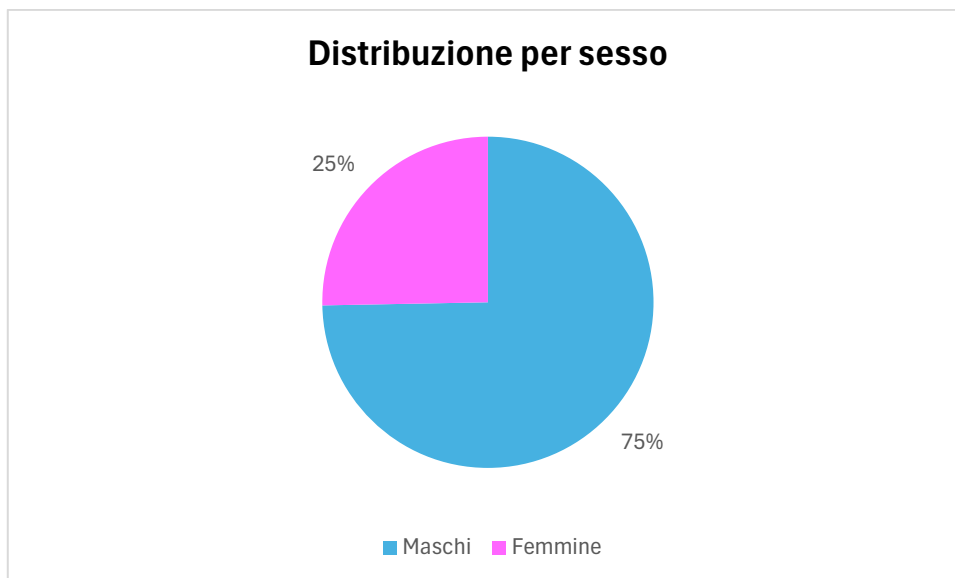
- Giorno di massima necessità di analgesia.
- Sviluppo di ARDS.
- Durata della ventilazione.
- Giorni di degenza in terapia intensiva e quelli complessivi.
- Esito finale (decesso del paziente o dimissione).

I dati sono stati raccolti mediante la piattaforma REDCap rispettando l'anonimato.

Le variabili categoriali sono state espresse come frequenze assolute e percentuali, mentre quelle continue come media  $\pm$  deviazione standard.

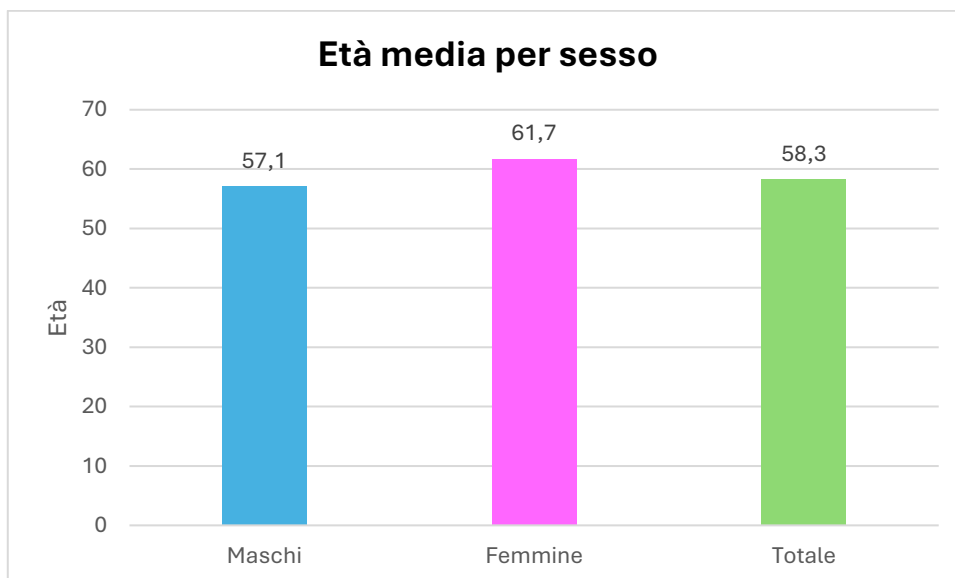
### 4.3 Risultati

Sono stati arruolati 83 pazienti, di questi 62 (74,7%) erano di sesso maschile e 21 (25,3%) di sesso femminile.



*Figura 26: Distribuzione per sesso*

L'età media dell'intera corte era di  $58,3 \pm 18,7$  anni. L'età media dei pazienti di sesso maschile era pari a  $57,1 \pm 18,4$  anni, mentre quella dei pazienti di sesso femminile risultava pari a  $61,7 \pm 19,6$  anni.



*Figura 27: Età media per sesso*

Solo una minima parte dei pazienti presentava comorbidità clinicamente rilevanti: 3 pazienti (3,6%) erano affetti da malattia polmonare cronica e 5 pazienti (6,0%) presentavano insufficienza cardiaca cronica.

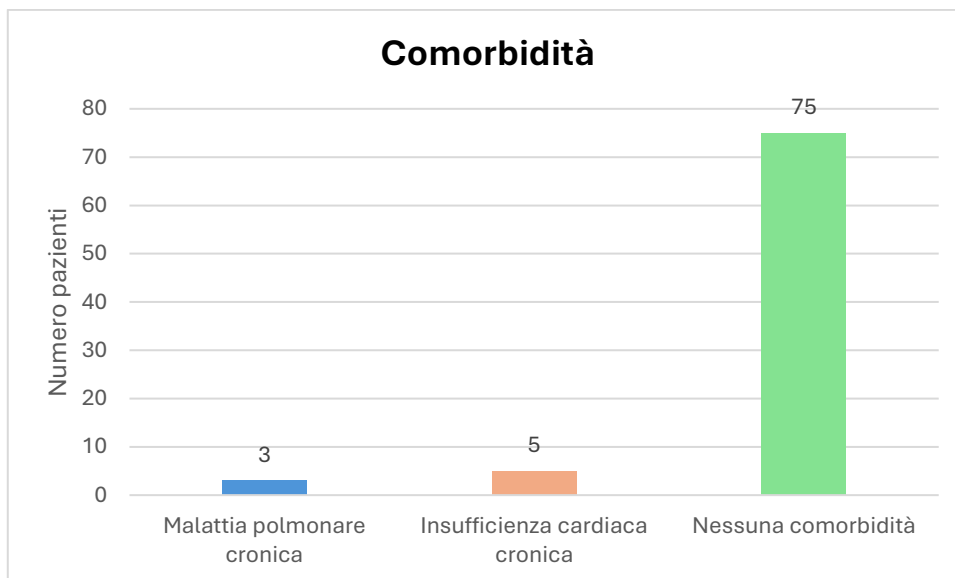


Figura 28: Comorbidità per paziente

Inoltre, 7 pazienti (8,4%) assumevano terapia antiaggregante e 11 (13,3%) terapia anticoagulante.

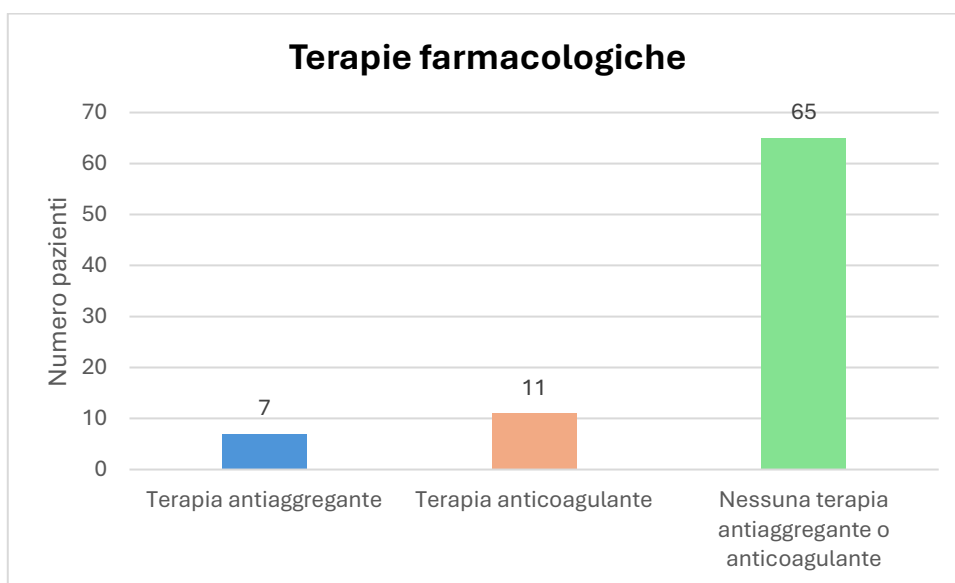


Figura 29: Terapie farmacologiche

Ad eccezione di un solo paziente, tutti gli altri hanno riportato un trauma a seguito di un evento accidentale (98,8%). In particolare, il meccanismo di danno più frequente è risultato il trauma da motocicletta (28 pazienti, 33,7%). La caduta ad alta energia ha coinvolto 21 pazienti (25,30%), la caduta a bassa energia 15 pazienti (18,07%), l'investimento di pedone 7 pazienti (8,43%), l'auto/autocarro (6,02%), la bicicletta 4

pazienti (4,82%). Mentre 2 (2,41%) pazienti hanno subito un trauma toracico in seguito ad altre cause e 1 paziente (1,20%) è stato colpito da un oggetto smusso.

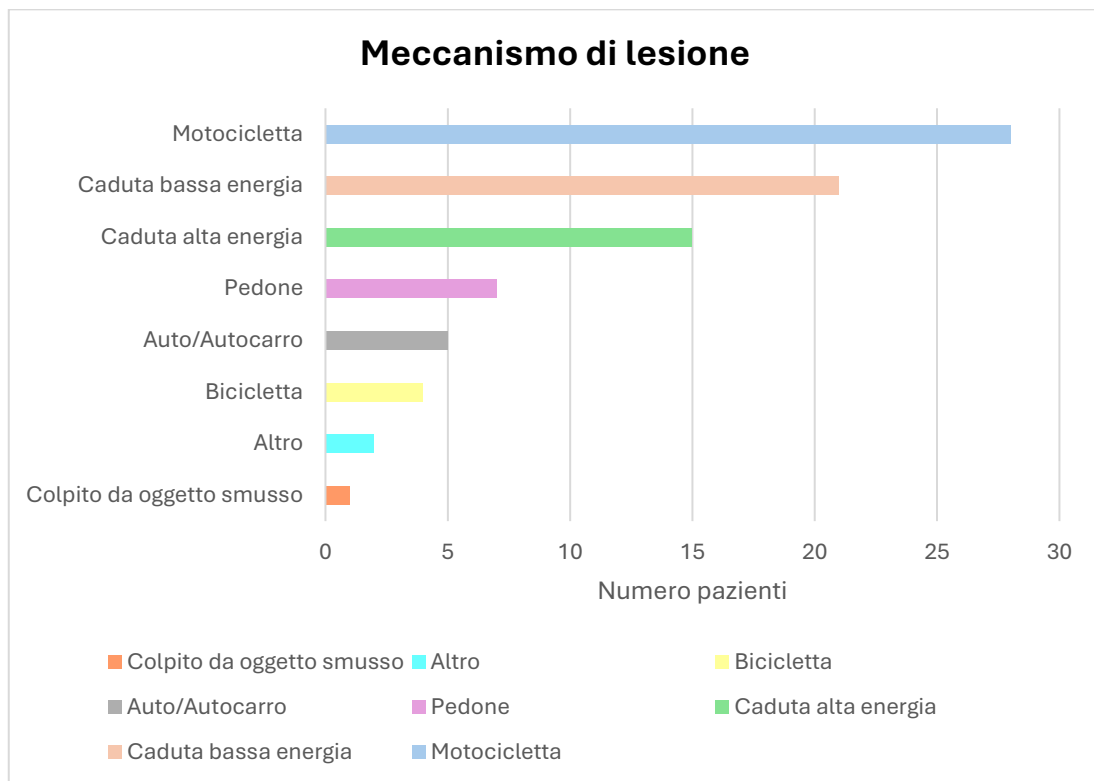


Figura 30: Meccanismi lesivi

L'analisi dell'intensità del dolore mediante Numeric Rating Scale (NRS) all'ingresso ha evidenziato che il 12,0% dei pazienti riferiva dolore lieve (NRS 1-3), il 26,1 % dolore moderato (NRS 4-6) e il 51,8% dolore severo (NRS 7-10). Nessun paziente riferiva assenza di dolore (NRS = 0).

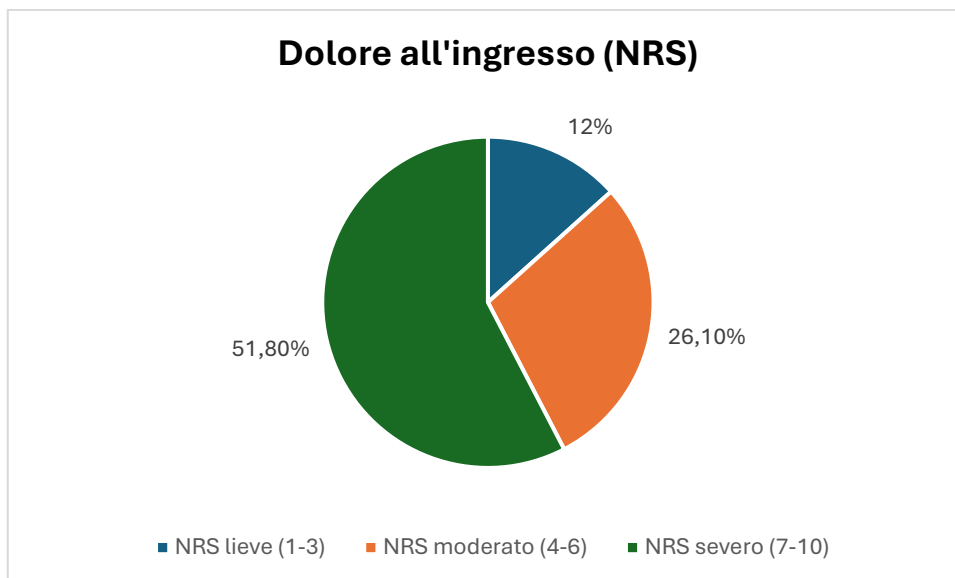


Figura 31: Dolore all'ingresso valutato tramite NRS

L'esame FAST è stato eseguito su 33 pazienti (39,8%) al momento dell'ingresso in Pronto Soccorso. Tra questi, 1 caso (1,2%) è stato considerato di scarsa qualità. Invece, 20 casi (24,1% sul totale del campione) sono risultati completamente negativi. Nei restanti casi, sono risultati reperti positivi suggestivi di lesioni acute. Nello specifico, la positività per pneumotorace è stata riscontrata in 10 pazienti (12,0%), quella per emotorace in 4 pazienti (4,8%), mentre un quadro suggestivo di emoperitoneo è stato rilevato in 1 paziente (1,2%). Non sono stati riportati casi di tamponamento cardiaco.

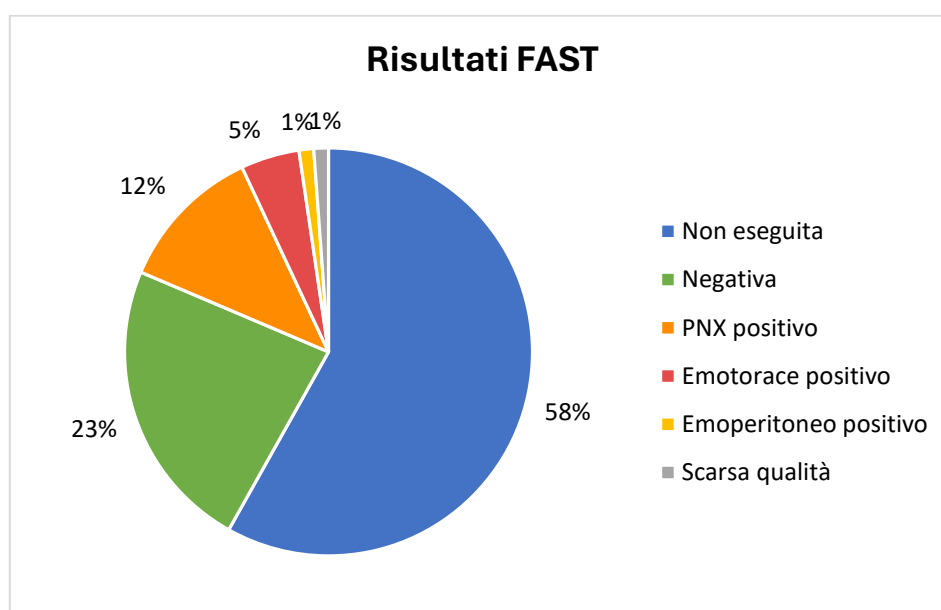


Figura 32: Risultati E-FAST

Tutti i pazienti arruolati nello studio presentavano almeno una frattura costale o una contusione polmonare, condizione necessaria per essere arruolati nello studio. Prendendo in esame l'intero campione degli 83 pazienti, 12 (14,5%) pazienti non presentavano fratture costali. Le fratture costali esclusivamente localizzate a destra sono state riscontrate in 30 pazienti (36,1%) ed esclusivamente a sinistra in 31 pazienti (37,3%), mentre 10 pazienti (12,0%) presentavano fratture costali bilaterali. Complessivamente, 40 pazienti (48,25) presentavano almeno una frattura costale a destra e 41 pazienti (49,4%) almeno una frattura costale a sinistra.

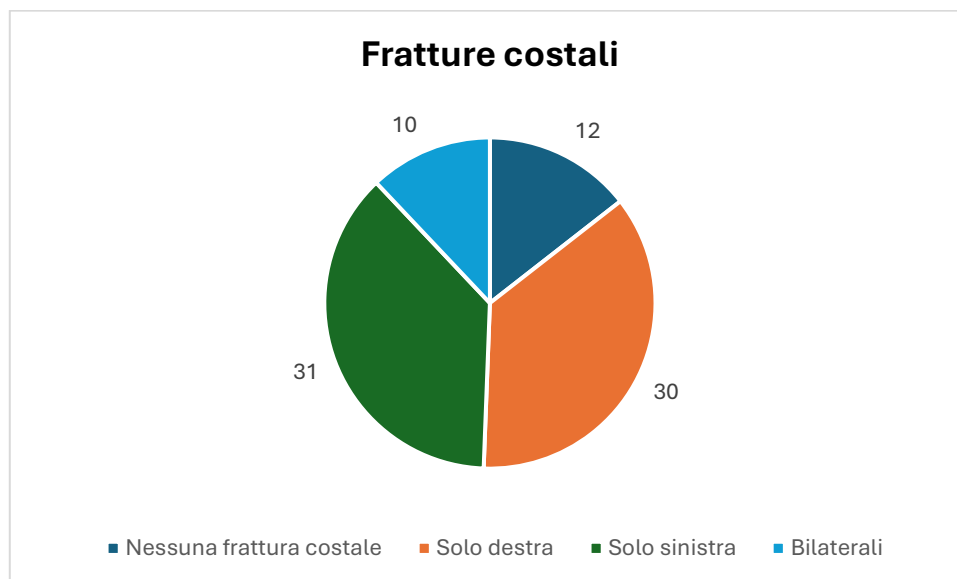


Figura 33: Lateralità delle fratture costali

Il numero totale di coste fratturate per paziente variava da 1 a 17. La distribuzione più frequente era rappresentata da 4 fratture costali (14 pazienti), seguita da 2 fratture (12 pazienti) e da 1 a 3 fratture (10 pazienti ciascuna). Otto pazienti presentavano 5 fratture e altri otto 6 fratture costali; due pazienti presentavano 7 fratture, cinque pazienti 9 fratture, mentre un paziente presentava 13 fratture e un paziente 17 fratture costali.

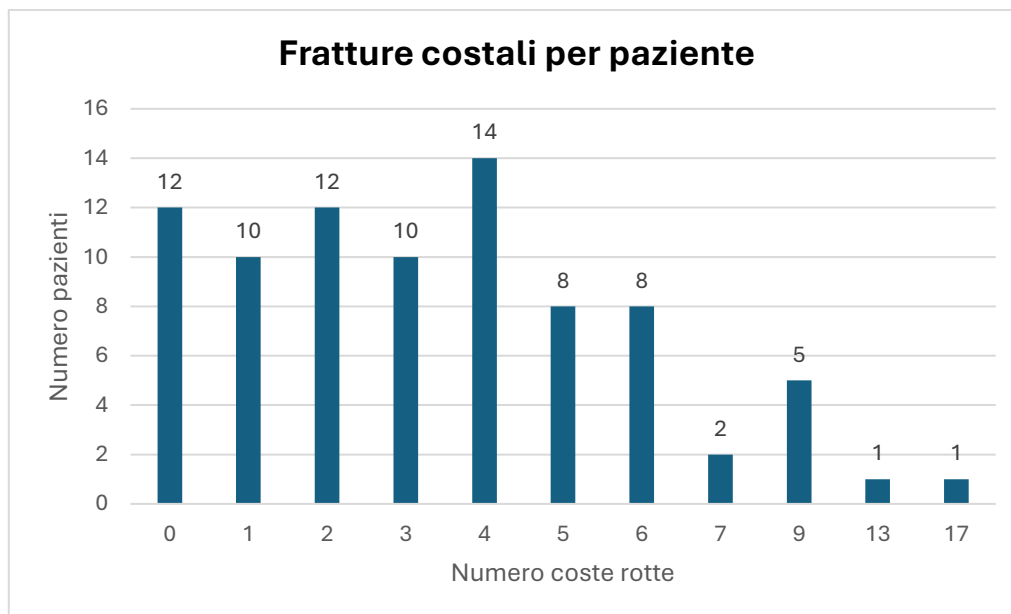


Figura 34: Numero di coste fratturate per paziente

Per quanto riguarda le contusioni polmonari, il coinvolgimento di un singolo lobo si è manifestato a destra in 36 pazienti (43,4%) e in 40 pazienti a sinistra (48,2%). Il coinvolgimento di due lobi è stato osservato in 6 pazienti a destra (7,2%) e in 4 a sinistra (4,8%).

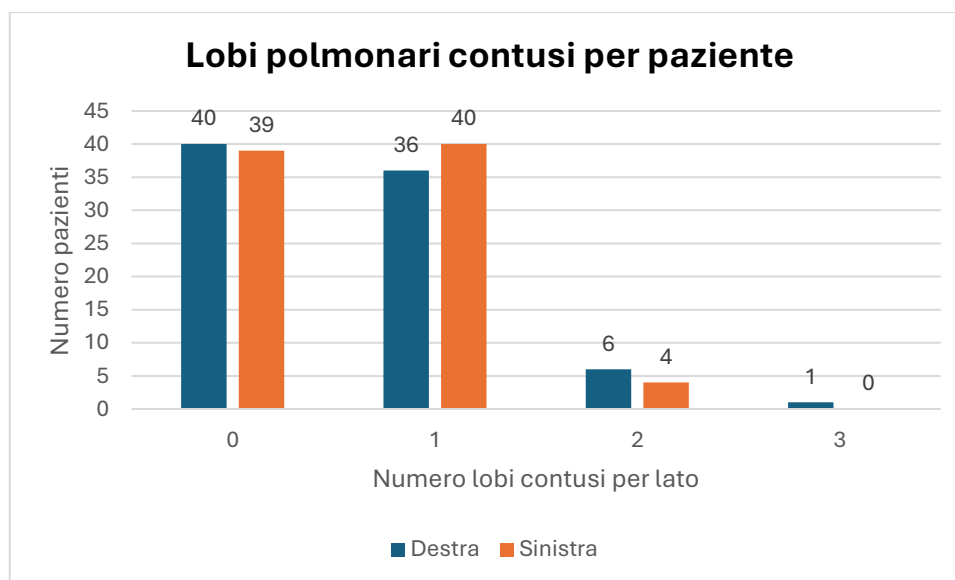


Figura 35: Numero di lobi contusi per paziente

Considerando la distribuzione delle contusioni polmonari per paziente, 30 pazienti (36,1%) non presentavano alcuna contusione. Complessivamente, 43 pazienti (51,8%) presentavano almeno un lobo contuso a destra e 44 (53,0%) presentavano almeno un

lobo contuso a sinistra. Le contusioni erano esclusivamente destre in 9 pazienti (10,8%), esclusivamente sinistre in 10 pazienti (12,0%). Infine, 34 pazienti (41,0%) presentavano contusioni polmonari bilaterali.

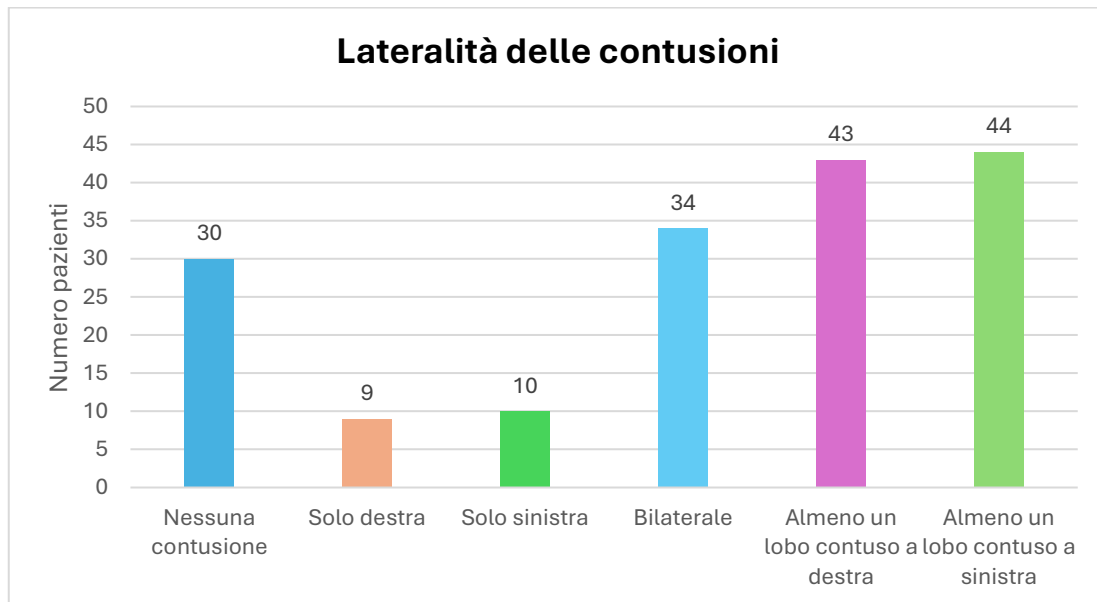


Figura 36: Lateralità delle contusioni

All'interno del campione di 83 pazienti analizzati a seguito di un trauma al torace, sono state osservate diverse patologie toraciche correlate. La complicanza più frequentemente riscontrata è stata lo pneumotorace, con un totale di 27 casi (32,5%). Di questi, 26 casi (31,3%) erano monolaterali e un solo caso (1,2%) era bilaterale. Inoltre, è stato identificato un unico episodio di pneumotorace iperteso (1,2%).

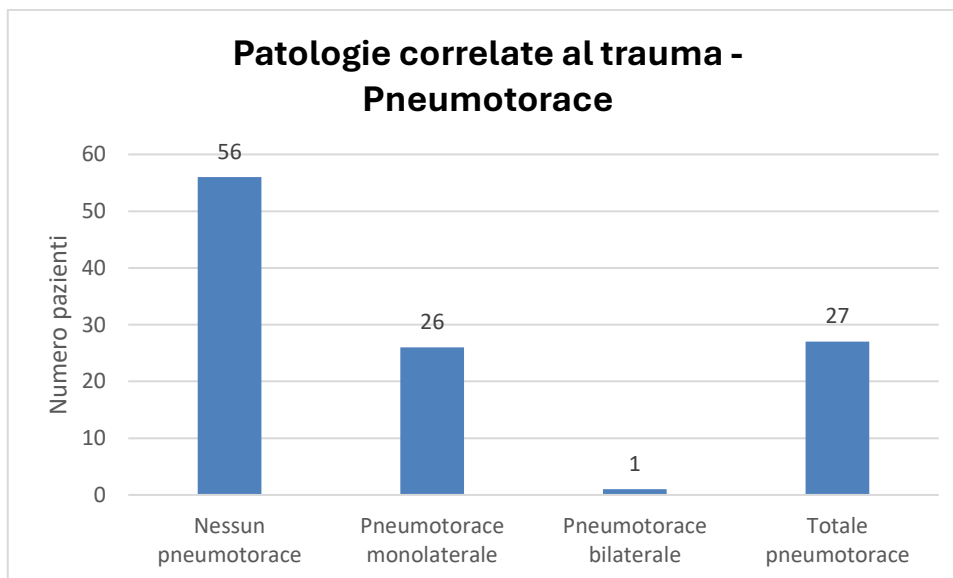


Figura 37: Patologie rilevate successive al trauma

Parallelamente, è stato rilevato un emotorace in 7 pazienti (8,4%), di cui uno bilaterale (1,2%) e 6 monolaterali (7,2%). In 4 di questi casi il volume era inferiore a 1000 ml, solo in un caso era superiore.

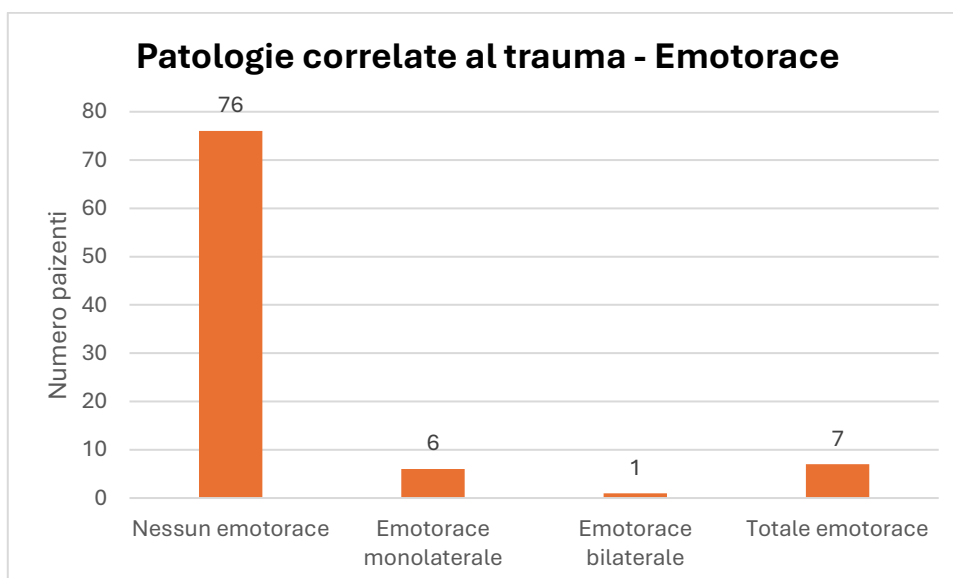


Figura 38: Patologie rilevate successive al trauma

Per quanto riguarda gli interventi terapeutici nelle prime fasi di gestione ospedaliera, la trasfusione di sangue è stata necessaria in un solo paziente entro le 24 ore dall'ingresso. Nessun paziente ha richiesto trasfusione di plasma fresco congelato (FFP), né entro le 6 ore né entro le 24 ore. Analogamente, non si è resa necessaria alcuna trasfusione di piastrine. Mentre l'acido tranexamico è stato somministrato in 33

pazienti (39,8%), mentre il fibrinogeno è stato utilizzato in un unico caso. Il drenaggio toracico entro le prime 24 ore è stato necessario in 7 pazienti (8,4%), e due pazienti (2,4%) hanno richiesto un intervento chirurgico d'urgenza addominale o toracico nelle 24 ore successive all'ammissione. Un solo paziente (1,2%) è stato sottoposto a intubazione orotracheale nelle prime 24 ore. Non si sono stati registrati casi di volet costale né di trauma cardiaco.

Per quanto concerne il supporto ventilatorio, nei sette giorni di degenza valutati, è risultato assente nella maggioranza dei casi. Infatti, il 78,5% dei pazienti non ha necessitato di alcuna forma di assistenza respiratoria. Mentre il 17,2% dei pazienti ha ricevuto ossigenoterapia e solo l'1,7% dei pazienti è stato trattato con ossigenoterapia ad alti flussi (HFCN), l'1,4% è stato sottoposto a ventilazione non invasiva (NIV) e l'1,1% ha richiesto ventilazione meccanica invasiva (VAM).

Per valutare l'intensità del dolore nei pazienti selezionati è stata utilizzata la scala NRS (Numeric Rating Scale). Nel primo giorno il valore medio è pari a 6,0 indicando con ciò un dolore moderato-severo al momento della valutazione iniziale. Nei giorni successivi si osserva una progressiva riduzione dell'intensità del dolore: il valore medio scende a 5,1 nel secondo giorno e a 4,7 nel terzo e a 4,4 nel quarto giorno.

La tendenza dei giorni successivi è in discesa mentre al settimo giorno si osserva un lieve incremento del punteggio medio fino a 4,1. Nel complesso, la *figura 39* evidenzia una tendenza decrescente dei valori di NRS nel tempo, indicativa di una progressiva attenuazione del dolore. Questo andamento potrebbe riflettere l'efficacia della terapia analgesica adottata e il miglioramento clinico del paziente.

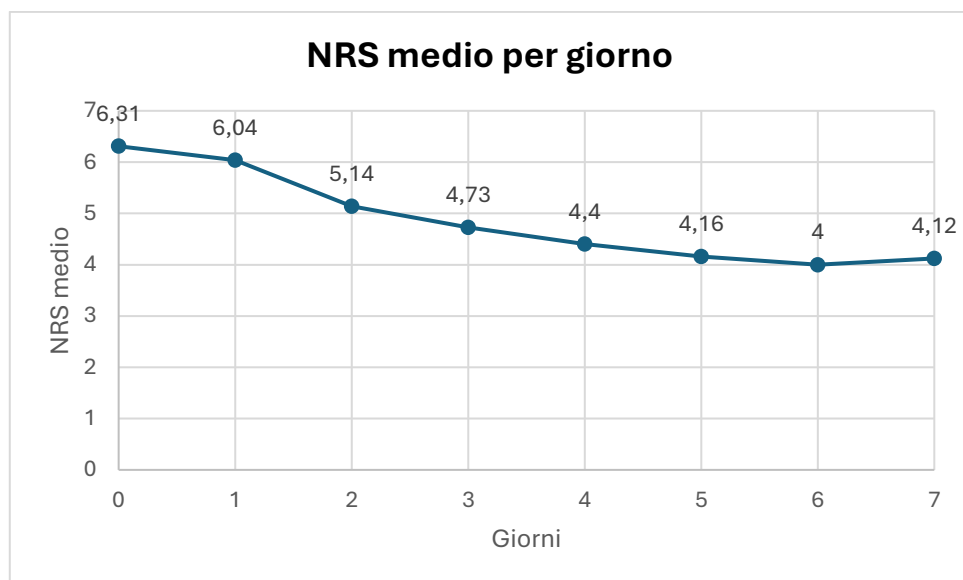


Figura 39: Andamento medio dei valori di NRS

Per quanto concerne la gestione del dolore, la 55 pazienti (66,3%) ha ricevuto paracetamolo o FANS in somministrazione regolare. Invece, 4 pazienti (4,8%) ha assunto paracetamolo e FANS in combinazione. Gli oppioidi deboli sono stati dati 13 pazienti (15,7%) e 19 pazienti (22,9%) oppioidi forti in regime regolare o infusione continua. In 11 pazienti (13,3%) non è stata somministrata alcuna analgesia.

Non sono stati eseguiti blocchi locoregionali (catetere epidurale, blocco paravertebrale, blocco ESP).

Il Lung Ultrasound Score (LUS) rappresenta un sistema semiquantitativo per valutare la perdita di aerazione polmonare. Viene calcolato suddividendo sistematicamente il polmone in 12 campi, 6 per ogni emitorace, per ognuno di questi si assegna un punteggio (da 0 a 3) in base alla presenza di linee pleuriche normali, artefatti a “linee B” e consolidamenti polmonari. Il punteggio globale (Global LUS) è la somma dei punteggi delle 12 regioni esaminate, con un range complessivo da 0 (aerazione normale) a 36 (aerazione assente). Valori più elevati indicano una maggiore perdita di aerazione polmonare.

I grafici dalla *figura 40 alla figura 47* mostrano la distribuzione dei valori di Global Lung Ultrasound Score (G-LUS) nei giorni compresi tra il giorno 0 e 7. In tutti i giorni la distribuzione risulta concentrata sui valori più bassi del punteggio, con il valore G-LUS= 0 che è il più frequente. Da sottolineare che nel corso dell’osservazione si

registra una progressiva riduzione del numero di pazienti valutabili, verosimilmente per la loro dimissione dall'ospedale. Nonostante ciò, la distribuzione dei punteggi rimane costantemente sbilanciata verso i valori più bassi di G-LUS. In particolare, nei primi giorni post-trauma si osserva una dispersione dei valori maggiore, con punteggi che raggiungono valori di 17. Mentre nei giorni successivi i punteggi elevati sono meno frequenti.

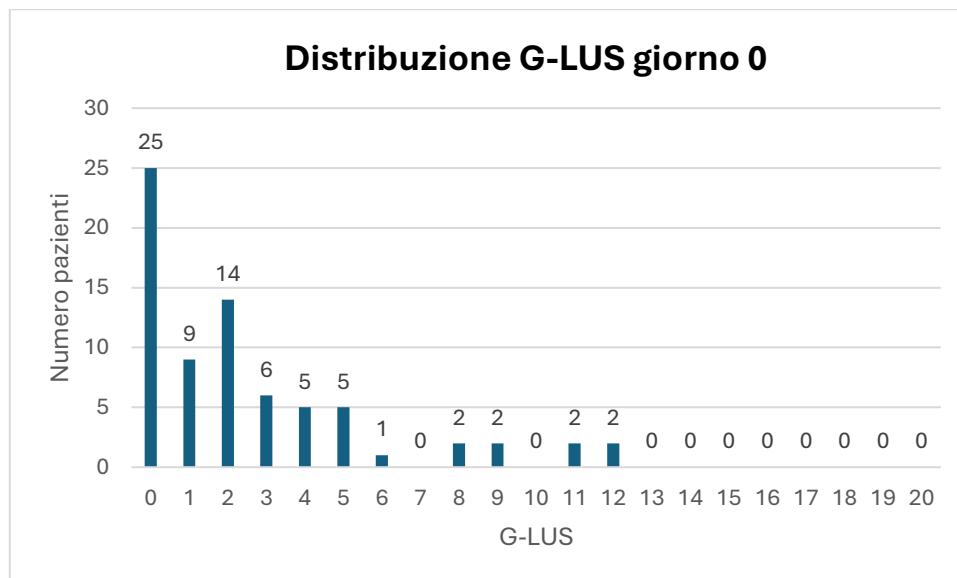


Figura 40: Distribuzione G-LUS giorno 0

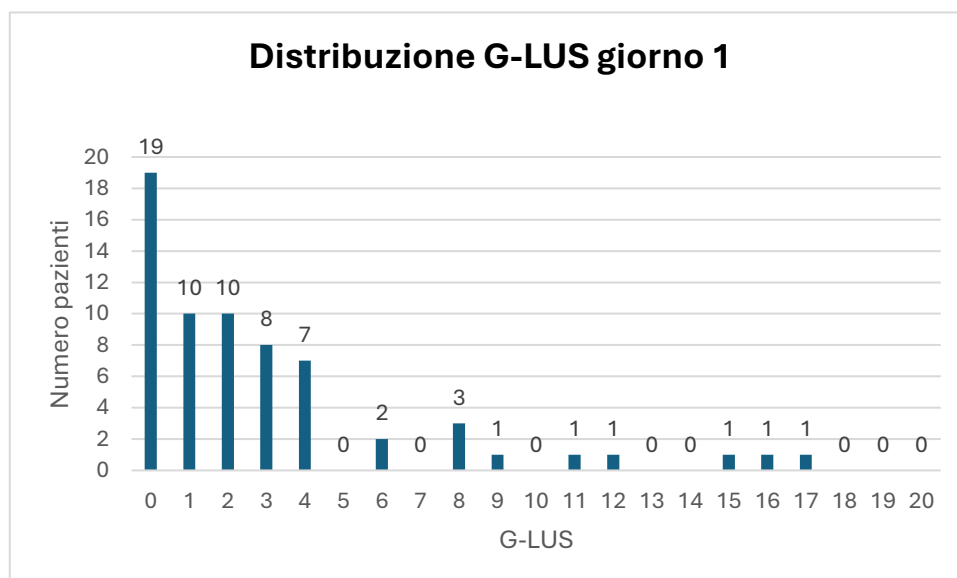
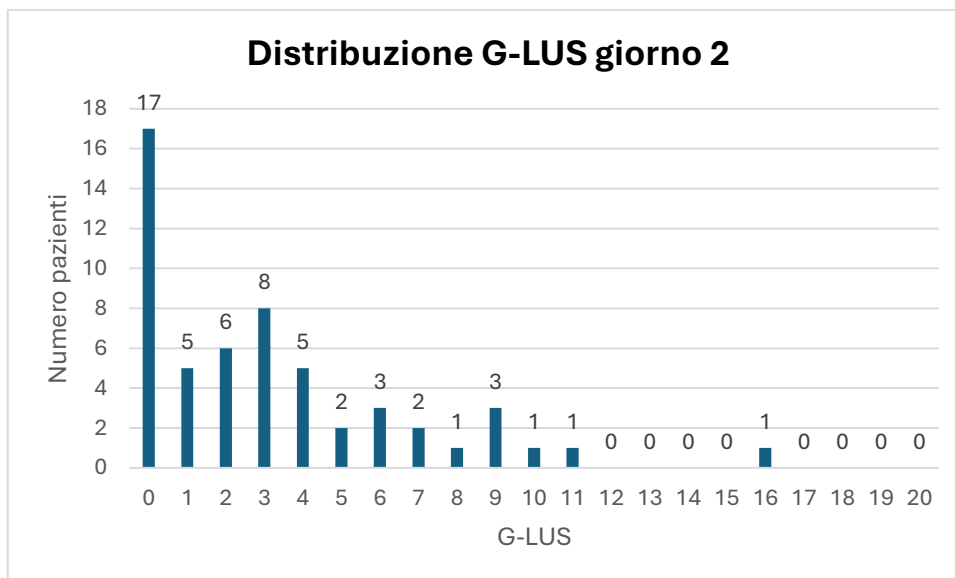
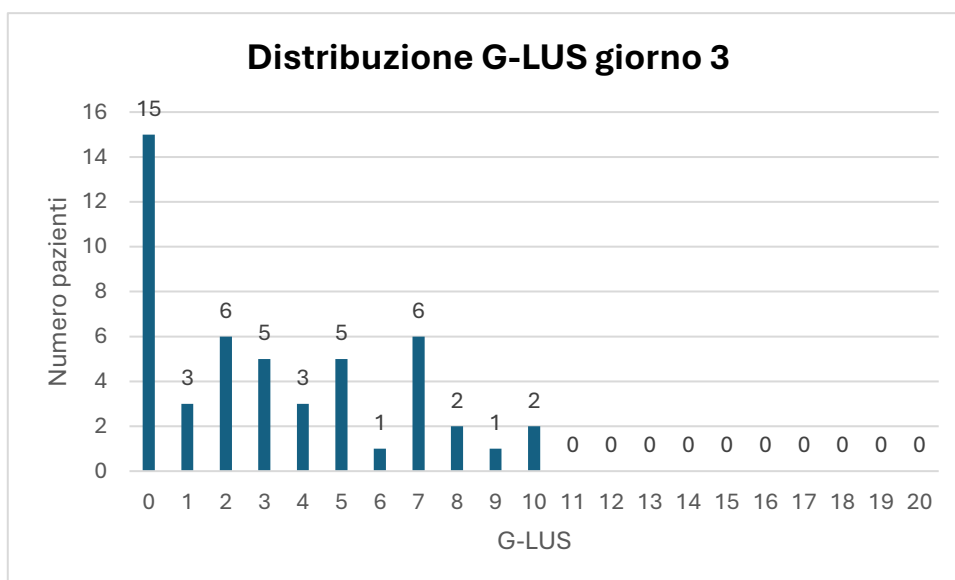


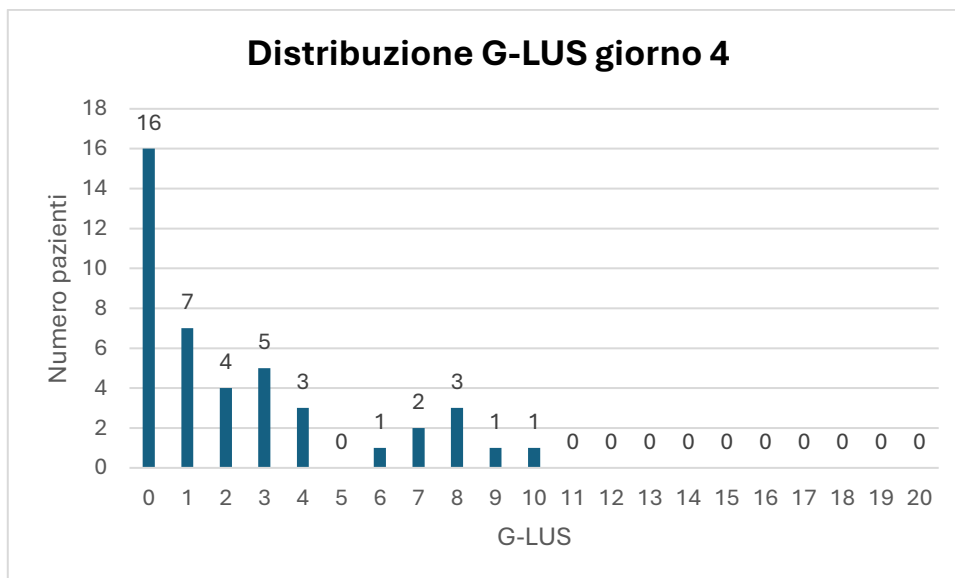
Figura 41: Distribuzione G-LUS giorno 1



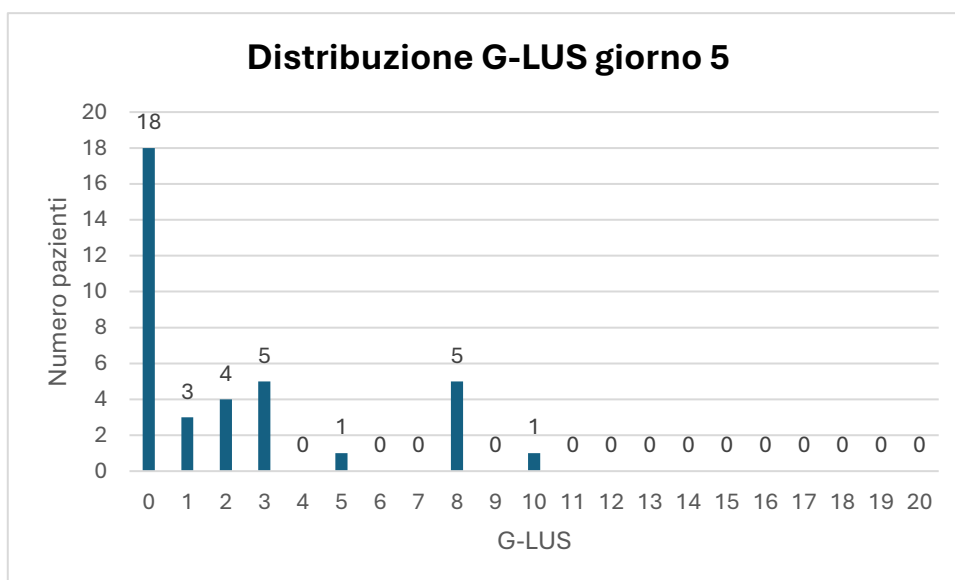
*Figura 42: Distribuzione G-LUS giorno 2*



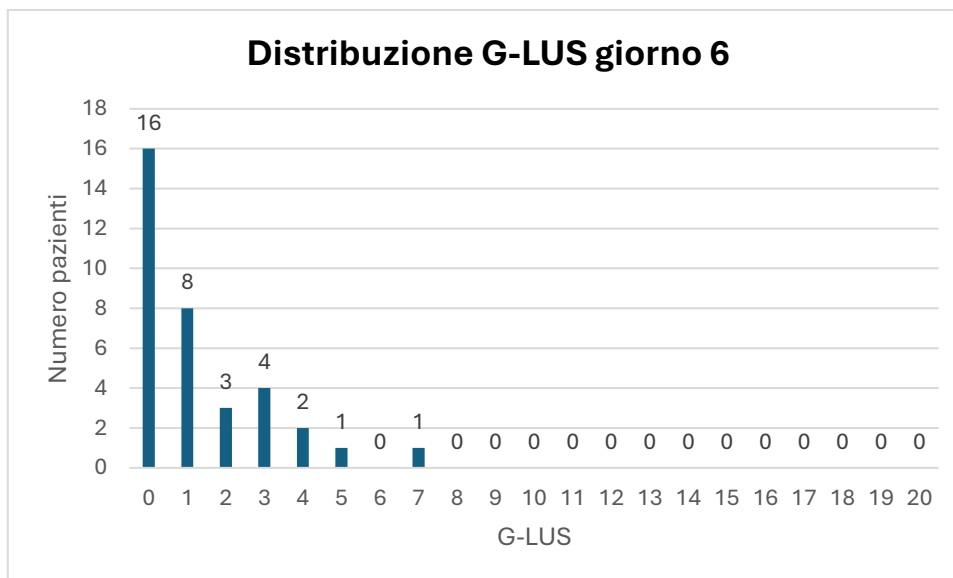
*Figura 43: Distribuzione G-LUS giorno 3*



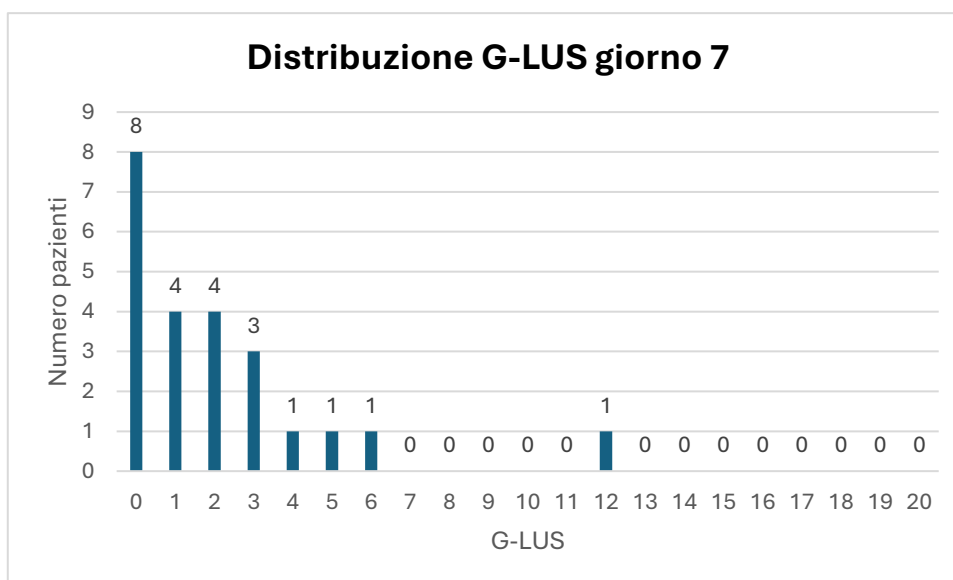
*Figura 44: Distribuzione G-LUS giorno 4*



*Figura 45: Distribuzione G-LUS giorno 5*



*Figura 46: Distribuzione G-LUS giorno 6*



*Figura 47: Distribuzione G-LUS giorno 7*

Come si può vedere nella *figura 48* e nella *tabella 1*, per quanto concerne l'andamento del LUS globale nei primi sette giorni di degenza si osserva un valore iniziale di 2,55 al giorno 0 (DS 3,1), con incremento progressivo fino al giorno 3 (con un picco di 3,3) (DS 3,1), seguito da una progressiva riduzione fino al giorno 6 (1,31), con un lieve rialzo al giorno 7 (2,1) (DS 2,8). Nel complesso si osserva una diminuzione progressiva del LUS attribuibile verosimilmente ad un miglioramento del quadro clinico dei pazienti nell'arco dei sette giorni.

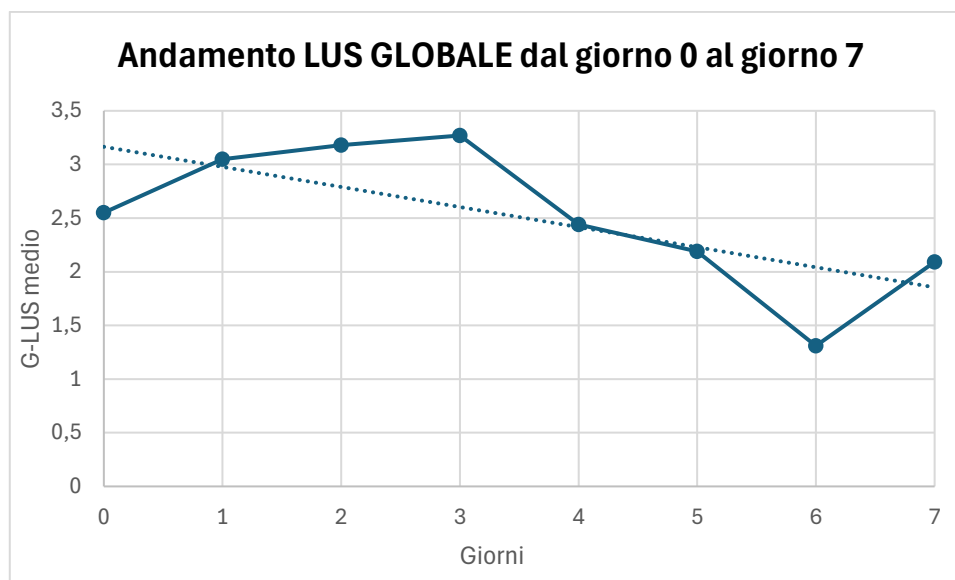


Figura 48: Andamento dei LUS globale nei giorni

Giorno	0	1	2	3	4	5	6	7
Media	2,55	3,05	3,18	3,27	2,44	2,19	1,31	2,09
Dev. Std.	3,13	3,97	3,51	3,10	2,99	3,04	1,73	2,76

Tabella 1: Valori medi del Lus globale per giorno e rispettive deviazioni standard

L'interpretazione di tali risultati deve tuttavia considerare la progressiva riduzione del numero di pazienti valutabili durante il follow-up, fenomeno attribuibile sia alle dimissioni sia alla presenza di aree non esplorabile per drenaggi toracici, pneumotorace o medicazioni. Nonostante tali limitazioni, la linea di tendenza (linea tratteggiata del grafico) mostra come il LUS sia in grado di descrivere l'evoluzione delle alterazioni polmonari nel paziente con trauma toracico.

Nella figura 49 si può osservare il grafico relativo all'analisi dell'andamento del global LUS stratificato per classi d'età. Questo mostra valori medi più elevati per pazienti d'età  $\geq 66$  anni rispetto ai gruppi più giovani nei primi giorni di osservazione. In particolare, al giorno 0 il G-LUS medio risultava pari a 3,72 nei pazienti  $\geq 66$  anni, rispetto a 2,16 nei pazienti  $\leq 51$  anni e 1,70 nei pazienti di età compresa tra 52 e 65 anni. Tale andamento si è mantenuto nei primi giorni di follow-up. In tutte le classi di età a partire dal giorno 4 si osserva una progressiva riduzione dei valori medi di Global

LUS. Durante gli ultimi giorni di follow up è da tenere in considerazione una riduzione del numero di pazienti esaminati con quindi una maggiore variabilità delle medie.

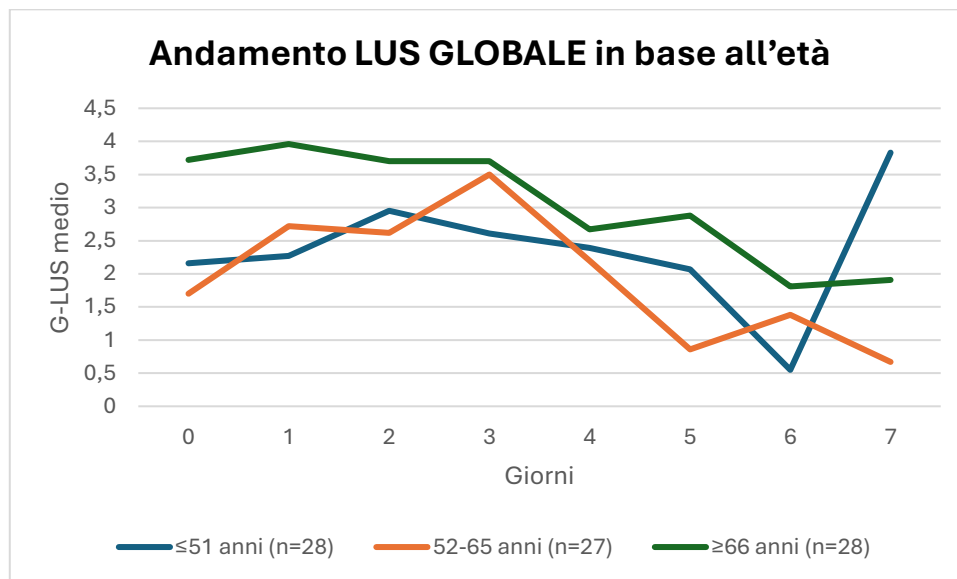


Figura 49: Andamento del LUS globale in base all'età

Suddividendo il campione in base alla presenza o meno di almeno un esito sfavorevole (ARDS, ricovero in ICU, NIV, VAM, decesso) sono stati identificati 11 pazienti (13,3%) con outcome sfavorevole e 72 pazienti (86,7%) con outcome favorevole. L'analisi dei punteggi LUS evidenzia che la media complessiva dei valori LUS osservati durante il periodo di follow-up risulta pari a 1,66 (DEV. STD. 1,6) nei pazienti con outcome sfavorevole, mentre risulta pari a 2,67 (DEV. STD. 3,2) nei pazienti con outcome favorevole. Pertanto, nel campione analizzato non emerge una chiara associazione tra l'andamento del LUS e la comparsa di outcome clinici negativi.

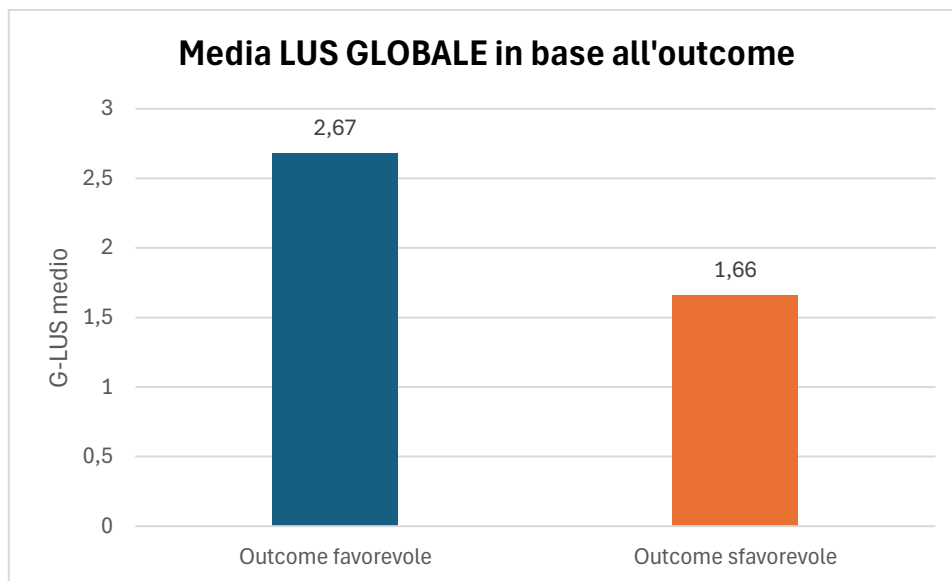


Figura 50: Media del Lus globale in base all'outcome

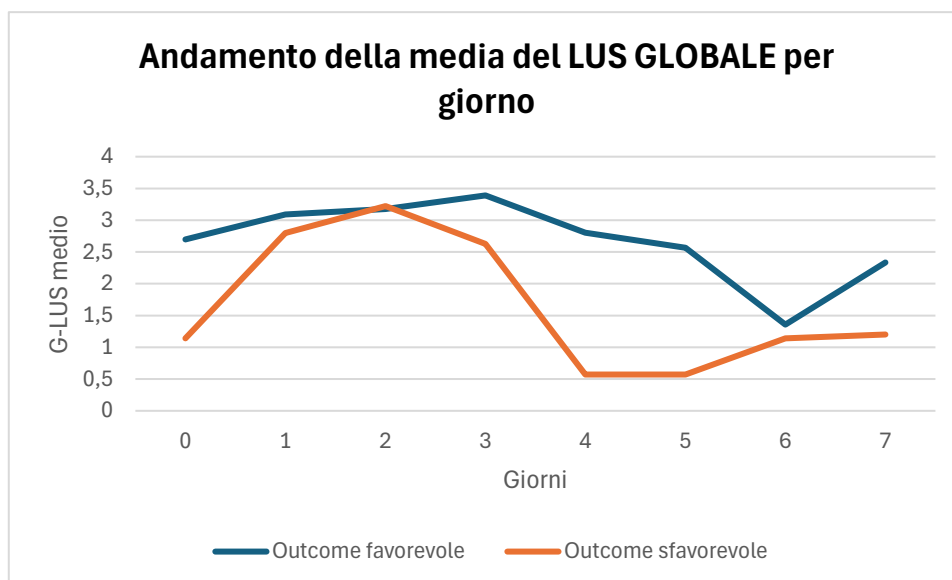


Figura 51: Andamento della media del LUS globale per giorno in base all'outcome

Nel grafico in *figura 52* è mostrato l'andamento temporale del Global LUS nei pazienti con patologie toraciche correlate: pneumotorace ed emotorace. Questo è stato paragonato all'andamento dei pazienti senza patologie toraciche correlate. L'andamento del LUS globale medio nei pazienti con pneumotorace e/o emotorace e nei pazienti senza tali lesioni toraciche è risultato sostanzialmente sovrapponibile al momento dell'arruolamento (2,54 vs 2,55). Nei pazienti con patologie toraciche il LUS ha mostrato un incremento nei primi giorni, raggiungendo il valore massimo al giorno 3 (3,69), seguito da una progressiva riduzione fino al giorno 6 (0,89). Nei pazienti

senza pneumotorace né emotorace l'andamento è risultato più stabile, con un picco più contenuto al giorno 2 (3,07) e successiva graduale diminuzione. Al giorno 7 i valori medi di LUS risultavano nuovamente sovrapponibili nei due gruppi (2,10 vs 2,08).

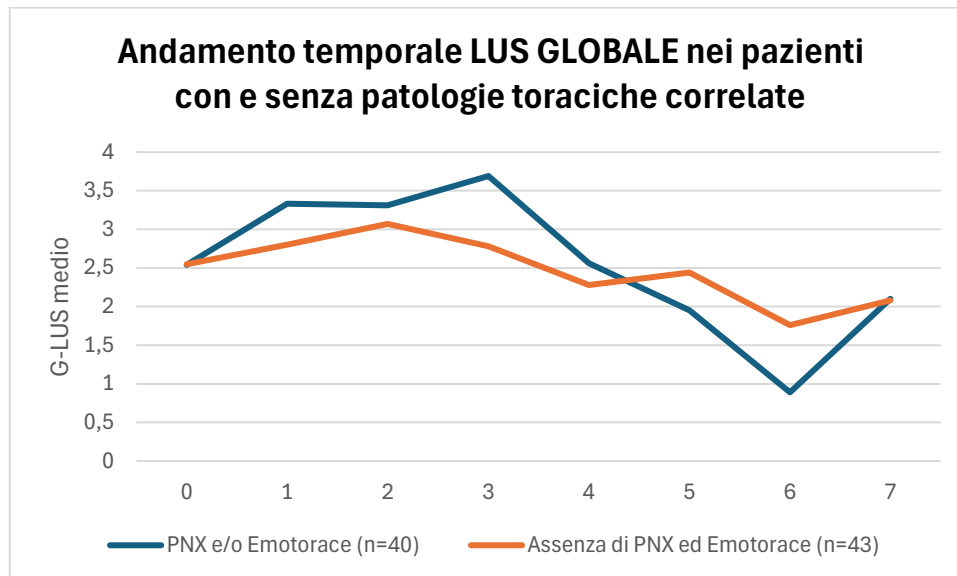


Figura 52: Andamento temporale LUS globale nei pazienti con e senza patologie toraciche correlate

Il MAXLUS rappresenta il valore di LUS peggiore nei sette giorni di ricovero, corrisponde al massimo valore di Global Lung Ultrasound Score registrato per ciascun paziente durante l'intero periodo di osservazione.

L'analisi del MAXLUS in relazione al numero di fratture costali ha evidenziato un progressivo incremento del punteggio all'aumentare del numero di coste fratturate. I pazienti con 0-2 fratture costali hanno presentato un MAXLUS medio pari a 2,79, rispetto a 4,16 nei pazienti con 3-5 fratture e a 6,12 nei pazienti con almeno 6 fratture.

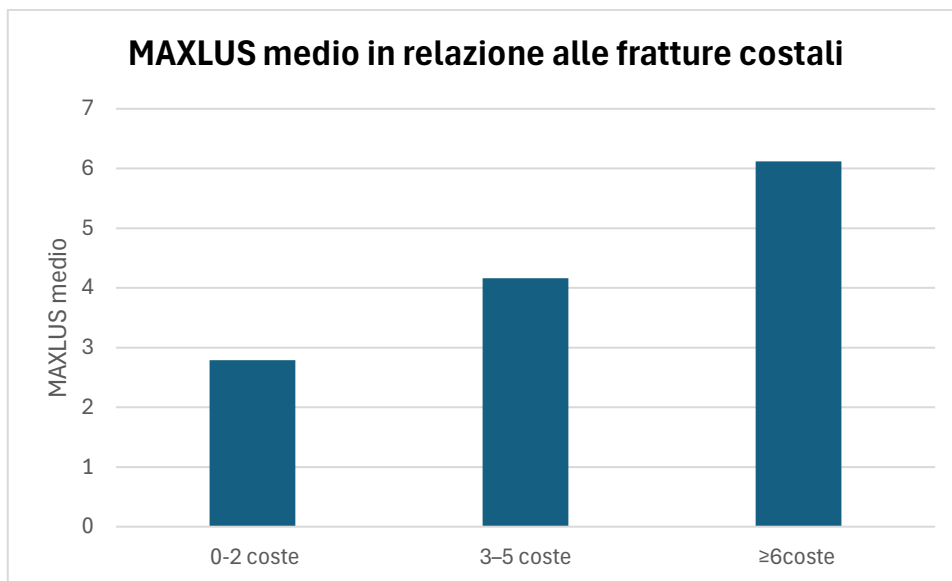


Figura 53: Valori MAXLUS medio in relazione alle fratture costali

I pazienti con pneumotorace e/o emotorace hanno presentato un valore medio di MAXLUS superiore rispetto ai pazienti privi di tali lesioni toraciche (5,33 vs 2,88) come riportato nel grafico in figura 54. Questo potrebbe suggerire una maggiore gravità del coinvolgimento toracico nei pazienti con lesioni valutabili mediante LUS.

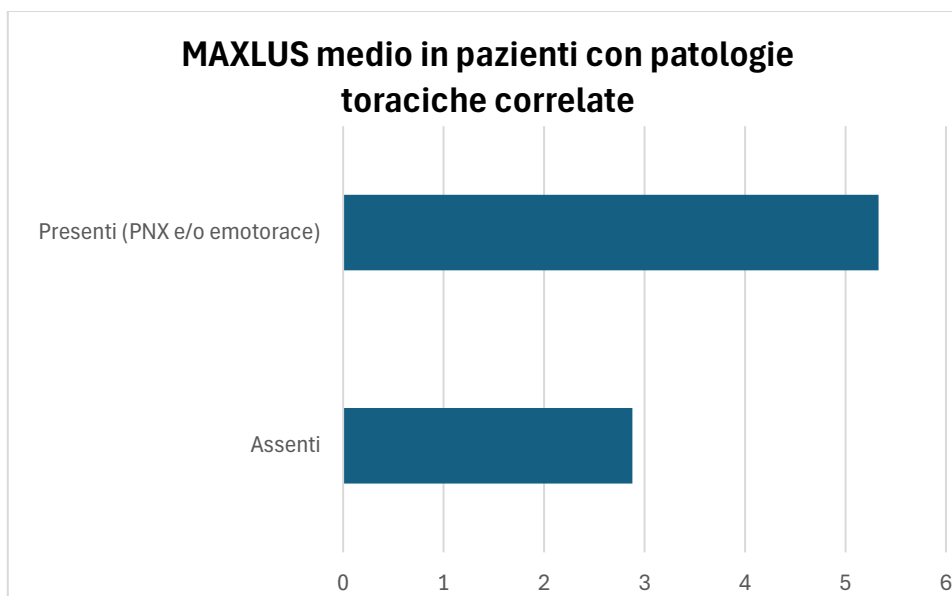


Figura 54: MAXLUS medio in pazienti con patologie toraciche correlate

L'analisi del MAXLUS stratificata per età ha confermato quanto osservato nell'andamento del G-LUS durante il follow-up. Infatti, pazienti  $\geq 66$  anni hanno presentato un MAX LUS complessivo (5,11) più elevato rispetto ai pazienti di età compresa tra i 52 e 65 anni (3,74) e ai pazienti  $\leq 51$  anni (3,25). Tali risultati

suggeriscono una maggiore estensione delle alterazioni ecografiche polmonari nei soggetti anziani.

Per concludere, contrariamente a quanto osservato per età, fratture costali e presenza di patologie toraciche correlate, non è stato osservato un incremento di MAXLUS nei pazienti con outcome sfavorevole. I valori medi sono risultati sovrapponibili nei due gruppi. Con una lieve prevalenza nel gruppo con outcome favorevole. Il MAXLUS non sembra discriminare chiaramente i pazienti con outcome favorevole da quelli con outcome sfavorevole.

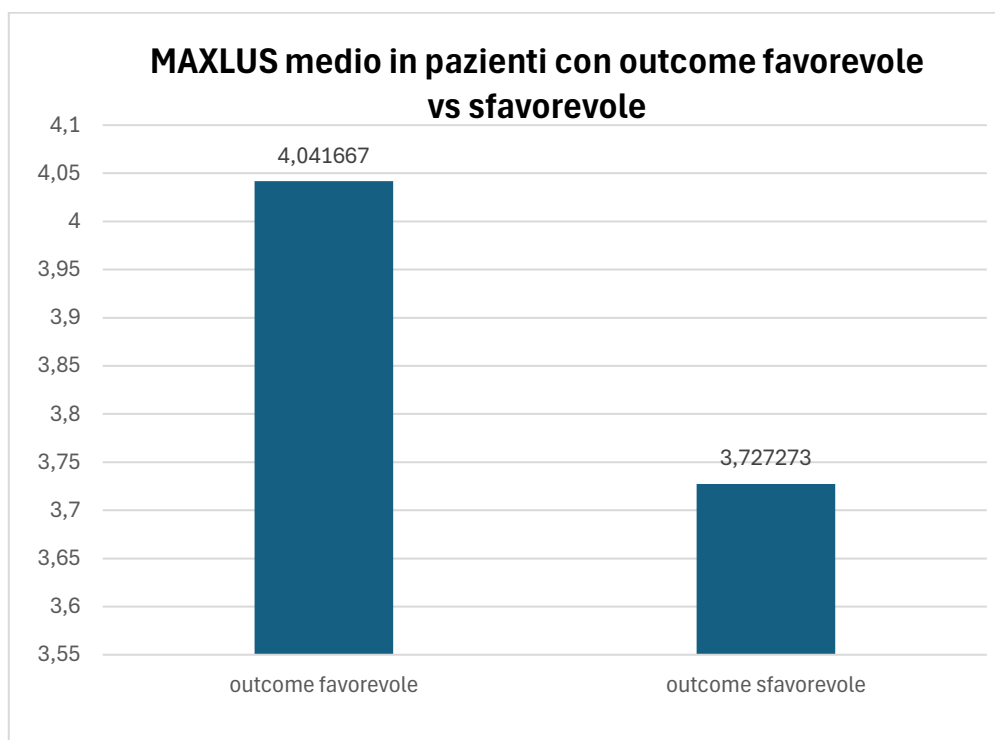


Figura 55: valori di MAXLUS in pazienti con outcome favorevole vs sfavorevole

L'analisi delle regioni non valutabili ha evidenziato che la principale causa di mancata valutazione ecografica era rappresentata dalle medicazioni, responsabili del 63,8% della non valutabilità. Il decubito del paziente costituiva il 22,3% dei casi, mentre lo pneumotorace e il versamento pleurico rappresentavano rispettivamente l'8,1% e il 5,8% delle regioni non valutabili.

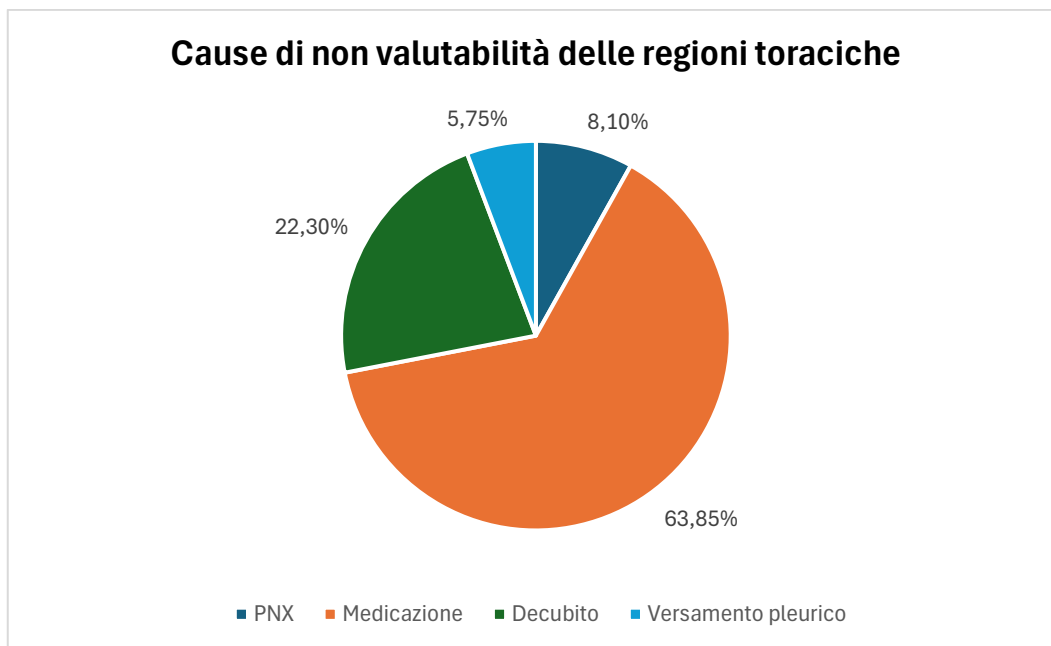


Figura 56: Cause di non valutabilità delle regioni toraciche

#### 4.4 Discussione

L'analisi delle caratteristiche demografiche della popolazione studiata evidenzia una prevalenza di sesso maschile, che rappresenta circa il 70% del campione, tra i pazienti che giungono in pronto soccorso con trauma toracico, dato coerente con la letteratura. [11] Gli uomini risultano più frequentemente coinvolti per via di una maggiore esposizione lavorativa, sportiva, ricreativa a rischio.

L'età media dei pazienti inclusi nello studio è di circa 58 anni con un intervallo compreso tra 19 e 95, la popolazione è estremamente eterogenea. Questo dato rispecchia l'eziologia principale del trauma toracico che comprende da un lato i traumi ad alta energia soprattutto per i giovani mentre dall'altro troviamo traumi a bassa energia che riguardano soprattutto pazienti più anziani. In letteratura, la prima causa di trauma viene attribuita agli incidenti automobilistici. [9] Nel campione studiato la causa più frequente di trauma al torace è risultata l'incidente motociclistico nel 33,7% dei casi, seguito da cadute a bassa energia nel 25,3% dei casi e cadute ad alta energia 18,1%. Mentre gli incidenti automobilistici hanno rappresentato soltanto il 6% dei casi. Questi dati riflettono le caratteristiche peculiari del territorio ligure, caratterizzato da un elevato utilizzo di motocicli. Mentre il dato riguardante l'elevata frequenza delle cadute a bassa energia può essere correlato alle caratteristiche demografiche della

popolazione. Infatti, la Liguria è la regione più anziana d'Italia, come suggerisce l'ISTAT. In particolare, l'età media è di circa 49,6 anni e un indice di vecchiaia pari a 283 anziani di età  $\geq 65$  anni ogni 100 giovani di età inferiore ai 15 anni. [77]

L'esame FAST è stato eseguito in 45 pazienti (54,2%) al momento dell'accesso in Pronto Soccorso, mentre in 38 pazienti (45,8%) non è stato effettuato. In 20 pazienti esaminati l'esame è risultato negativo. La FAST nei pazienti traumatizzati rappresenta una metodica diagnostica di fondamentale importanza. Il campione arruolato era estremamente eterogeneo, nei casi di trauma maggiore, i pazienti sono stati direttamente indirizzati alla TC total body. Mentre nei traumi lievi, non vi era indicazione per la FAST.

L'analisi dei punteggi LUS evidenzia che la media complessiva dei valori LUS osservati durante il periodo di follow-up risulta pari a 2,7 nei pazienti con outcome favorevole a 1,67 nei pazienti con outcome sfavorevole. Pertanto, il LUS può riflettere il grado di coinvolgimento polmonare conseguente al trauma toracico ma non rappresenta da solo un indicatore sufficientemente accurato per identificare pazienti con outcome sfavorevole. Inoltre, alcune aree toraciche non sono risultate valutabili per la presenza di pneumotorace, versamento pleurico, medicazioni chirurgiche rischiando di sottostimare il punteggio del Global LUS.

L'andamento del Global LUS nei pazienti con pneumotorace e/o emotorace non ha mostrato differenze marcate rispetto ai pazienti senza patologie toraciche correlate. Il punteggio LUS si basa sulla valutazione delle alterazioni del parenchima e sulla perdita di aerazione, in presenza di patologie toraciche correlate potrebbe sottostimare la gravità del quadro clinico. La riduzione progressiva del G-LUS nei pazienti con pneumotorace o emotorace potrebbe essere compatibile con un miglioramento del quadro clinico toracico. Questa informazione è descrittiva, non essendo stata condotta un'analisi specifica dell'evoluzione delle lesioni nello studio. Resta da sottolineare che pneumotorace ed emotorace richiedono una valutazione specifica.

L'analisi per classi ha evidenziato un progressivo incremento del valore medio del MAX LUS all'aumentare dell'età, coerentemente al valore medio di Global LUS osservato durante il follow up. Inoltre, valori più elevati sono stati riscontrati nei

soggetti con fratture costali multiple e in presenza di patologie toraciche correlate. Il MAX LUS non ha mostrato una chiara associazione con l'outcome clinico, i pazienti con outcome favorevole hanno presentato un valore medio di MAXLUS molto vicino a quello osservato nei pazienti con outcome sfavorevole.

Inoltre, tra le principali cause di non valutabilità delle regioni ecografiche è emersa al primo posto la presenza di medicazioni (63,8%). Questo risultato è verosimilmente legato alla natura traumatica della popolazione studiata, nella quale sono frequenti drenaggi toracici, medicazioni chirurgiche e dispositivi di monitoraggio che limitano l'accesso diretto della sonda alla parete toracica.

Tra i limiti dello studio rientrano la dimensione contenuta del campione analizzato che potrebbe aver diminuito la potenza statistica delle analisi effettuate. Questo aspetto può aver influenzato la precisione delle stime ottenute, andando a sovra- o sottostimare parametri come sensibilità e specificità.

Un ulteriore limite è rappresentato da un potenziale bias di selezione legato alle modalità di accesso dei pazienti al Pronto Soccorso del policlinico San Martino. I pazienti con condizioni cliniche più gravi venivano direttamente indirizzati al punto di rianimo gestito da anestesisti-rianimatori senza transitare dalle salette gestite dai medici di emergenza-urgenza dove è stata condotta la raccolta dei dati. Quindi questa categoria di pazienti potrebbe essere stata sottorappresentata nel campione, con possibili ripercussioni sulla sua rappresentatività complessiva. Questo aspetto deve essere tenuto in considerazione durante l'analisi e l'interpretazione dei risultati.

Infine, non in tutti i giorni, previsti dal protocollo, è stato possibile eseguire l'esame ecografico in quanto i pazienti potevano essere impegnati in altre procedure diagnostiche o terapeutiche.

## 4.5 Conclusioni

L'analisi dei dati conferma il valore del Lung Ultrasound Score (LUS) come strumento dinamico per il monitoraggio dei pazienti con trauma toracico chiuso. Tramite il Global LUS è possibile quantificare il grado di coinvolgimento polmonare e valutare

l'evoluzione delle lesioni nel tempo, al fine di identificare precocemente pazienti a rischio di sviluppare complicanze come l'ARDS. Nel corso della degenza, il punteggio si è dimostrato sensibile nel rilevare variazioni dell'aerazione polmonare e nella descrizione dell'evoluzione clinica dei diversi quadri patologici.

Tuttavia, l'interpretazione dei risultati richiede alcune considerazioni metodologiche. La presenza di aree polmonari non valutabili imputabile alla presenza di drenaggio toracico o medicazioni chirurgiche può aver influenzato l'accuratezza dello score. Inoltre, in condizioni quali pneumotorace e versamenti pleurici, il LUS tende a sottostimare il grado reale di compromissione polmonare, poiché tali reperti, nonostante siano identificabili all'ecografia non vengono considerati nel calcolo del punteggio del LUS. Inoltre, è da tenere in considerazione la natura operatore-dipendente dell'ecografia toracica, fattore che può influenzare l'accuratezza e la riproducibilità delle misurazioni. Sebbene la letteratura riporti un'associazione tra valori elevati di LUS score e prognosi sfavorevole, i risultati del presente studio non confermano del tutto questa correlazione, evidenziando invece una tendenza differente. Questa discrepanza suggerisce la necessità di interpretare con cautela il LUS quando utilizzato come indicatore prognostico isolato, integrandone i risultati con la clinica e le indagini strumentali.

Complessivamente, il LUS si può ritenere un metodo non invasivo, ripetibile e applicabile facilmente nella valutazione iniziale e follow up del paziente con trauma toracico, costituendo per tanto un valido supporto per il monitoraggio dell'evoluzione clinica e per l'identificazione precoce delle complicanze respiratorie.

Considerando la crescente diffusione dell'ecografia polmonare nella pratica clinica, ulteriormente accelerata dall'esperienza maturata durante la pandemia da COVID-19, saranno necessari studi futuri condotti su campioni più ampi e implementati in modo tale da poter superare le attuali limitazioni. Questi studi potranno contribuire a definire con maggior precisione il reale valore prognostico del Lung Ultrasound Score nel trauma toracico contusivo.

## 5 Bibliografia

- [1] «Trauma - Significato ed etimologia - Vocabolario», Treccani. [Online]. Disponibile su: <https://www.treccani.it/vocabolario/trauma/>
- [2] T. Marx e T. Desmettre, «Gestione del paziente traumatizzato grave in fase preospedaliera», *EMC - Urgenze*, vol. 28, fasc. 1, pp. 1–14, mar. 2024, doi: 10.1016/S1286-9341(24)48705-X.
- [3] T. Hartka, A. Weaver, e M. Sochor, «Breadth of use of The Abbreviated Injury Scale in The National Trauma Data Bank bank», *Traffic Inj Prev*, vol. 23, fasc. sup1, pp. S219–S222, 2022, doi: 10.1080/15389588.2022.2125233.
- [4] J. M. Colnaric, R. H. El Sibai, R. H. Bachir, e M. J. El Sayed, «Injury severity score as a predictor of mortality in adult trauma patients by injury mechanism types in the United States: A retrospective observational study», *Medicine (Baltimore)*, vol. 101, fasc. 28, p. e29614, lug. 2022, doi: 10.1097/MD.00000000000029614.
- [5] D. Usuda *et al.*, «Crush syndrome: a review for prehospital providers and emergency clinicians», *J Transl Med*, vol. 21, p. 584, ago. 2023, doi: 10.1186/s12967-023-04416-9.
- [6] A. J. Fauci *et al.*, «Clinical practice guideline for the integrated management of major trauma by the Italian National Institute of Health: process and methods», *Ann Ist Super Sanita*, vol. 57, fasc. 4, pp. 343–351, 2021, doi: 10.4415/ANN\_21\_04\_09.
- [7] J. C. Van Ditschuijzen *et al.*, «The definition of major trauma using different revisions of the abbreviated injury scale», *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, vol. 29, fasc. 1, p. 71, mag. 2021, doi: 10.1186/s13049-021-00873-7.
- [8] Z. J. Balogh, «Polytrauma: It is a disease», *Injury*, vol. 53, fasc. 6, pp. 1727–1729, giu. 2022, doi: 10.1016/j.injury.2022.05.001.
- [9] P. Bouzat *et al.*, «Chest trauma: First 48hours management», *Anaesth Crit Care Pain Med*, vol. 36, fasc. 2, pp. 135–145, apr. 2017, doi: 10.1016/j.accpm.2017.01.003.
- [10] F. Coccolini *et al.*, «Thoracic trauma WSES-AAST guidelines», *World J Emerg Surg*, vol. 20, fasc. 1, p. 78, ott. 2025, doi: 10.1186/s13017-025-00651-1.
- [11] B. N. Dogrul, I. Kiliccalan, E. S. Asci, e S. C. Peker, «Blunt trauma related chest wall and pulmonary injuries: An overview», *Chin J Traumatol*, vol. 23, fasc. 3, pp. 125–138, giu. 2020, doi: 10.1016/j.cjte.2020.04.003.

- [12] B. N. Dogrul, I. Kiliccalan, E. S. Asci, e S. C. Peker, «Blunt trauma related chest wall and pulmonary injuries: An overview», *Chin J Traumatol*, vol. 23, fasc. 3, pp. 125–138, giu. 2020, doi: 10.1016/j.cjtee.2020.04.003.
- [13] J. V. Lodhia, L. Eyre, M. Smith, L. Toth, M. Troxler, e R. S. Milton, «Management of thoracic trauma», *Anaesthesia*, vol. 78, fasc. 2, pp. 225–235, 2023, doi: 10.1111/anae.15934.
- [14] D. Varma, P. Brown, e W. Clements, «Importance of the Mechanism of Injury in Trauma Radiology Decision-Making», *Korean Journal of Radiology*, vol. 24, fasc. 6, pp. 522–528, giu. 2023, doi: 10.3348/kjr.2022.0966.
- [15] M. Tahtabasi, S. Er, R. Karasu, e E. R. Ucaroglu, «Bomb blast: imaging findings, treatment and clinical course of extremity traumas», *BMC Emerg Med*, vol. 21, p. 28, mar. 2021, doi: 10.1186/s12873-021-00421-7.
- [16] M. Kim e J. E. Moore, «Chest Trauma: Current Recommendations for Rib Fractures, Pneumothorax, and Other Injuries», *Curr Anesthesiol Rep*, vol. 10, fasc. 1, pp. 61–68, 2020, doi: 10.1007/s40140-020-00374-w.
- [17] «Advanced-Trauma-Life-Support American College of Surgeons». Consultato: 2 maggio 2026. [Online]. Disponibile su: <https://cirugia.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2018/07/Advanced-Trauma-Life-Support.pdf>
- [18] «Traumatic Tension Pneumothorax: A Tale of Two Pathologies», *Journal of Special Operations Medicine*. Consultato: 3 maggio 2026. [Online]. Disponibile su: <https://jsomonline.org/product/traumatic-tension-pneumothorax-a-tale-of-two-pathologies/>
- [19] V. Zotzmann *et al.*, «Obstructive Shock, from Diagnosis to Treatment», *Rev. Cardiovasc. Med.*, vol. 23, fasc. 7, p. 248, giu. 2022, doi: 10.31083/j.rcm2307248.
- [20] D. J. Roberts *et al.*, «Clinical manifestations of tension pneumothorax: protocol for a systematic review and meta-analysis», *Syst Rev*, vol. 3, fasc. 1, p. 3, gen. 2014, doi: 10.1186/2046-4053-3-3.
- [21] C. L. McKnight e B. Burns, «Pneumothorax», in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2026. Consultato: 10 maggio 2026. [Online]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441885/>
- [22] S. Kumar, M. Kaur, A. Saurabh, N. K. Srivastava, e P. Kushwaha, «Delayed life-threatening hemothorax following blunt thoracic trauma: A rare and catastrophic evolution in a polytrauma patient», *Trauma Case Rep*, vol. 60, p. 101290, dic. 2025, doi: 10.1016/j.tcr.2025.101290.
- [23] K.-C. Lee, L.-C. Cheng, e K.-T. Chen, «Massive Hemothorax Resulting from Blunt Vertebral Fracture», *J Emerg Trauma Shock*, vol. 19, fasc. 1, pp. 9–14, 2026, doi: 10.4103/jets.jets\_40\_25.

- [24] S. Gopal, B. Sokup Ivanov, e J. M. Meer, «Cardiac Tamponade», in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2026. Consultato: 10 maggio 2026. [Online]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK431090/>
- [25] K. Kuo e A. M. Kim, «Rib Fracture», in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2026. Consultato: 11 maggio 2026. [Online]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541020/>
- [26] B. W. Koch, D. M. Howell, e C. I. Kahwaji, «EMS Pneumothorax», in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2026. Consultato: 12 maggio 2026. [Online]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482161/>
- [27] A. Fantin *et al.*, «A Practical Approach to Pneumothorax Management», *Pulm Ther*, vol. 11, fasc. 2, pp. 327–346, giu. 2025, doi: 10.1007/s41030-025-00297-z.
- [28] S. Choudhary, D. Pasrija, e M. D. Mendez, «Pulmonary Contusion», in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2026. Consultato: 14 maggio 2026. [Online]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558914/>
- [29] T. B. Perera, M. H. Alahmadi, e K. C. King, «Flail Chest», in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2026. Consultato: 14 maggio 2026. [Online]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534090/>
- [30] A. H. Alkhazendar, M. Awan, M. Taha, S. Ahmad, S. M. B. Raza, e D. Aakash, «Management of Blunt Thoracic Aortic Injury in Polytrauma Patients: A Review of Clinical Outcomes and Intervention Strategies», *Cureus*, vol. 17, fasc. 4, p. e82400, doi: 10.7759/cureus.82400.
- [31] C. Harper, S. A. Collier, e T. L. Slesinger, «Traumatic Aortic Injuries», in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2026. Consultato: 29 aprile 2026. [Online]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555980/>
- [32] K. C. H. A. Verkoulen *et al.*, «Management of tracheobronchial ruptures in blunt chest trauma: pushing the boundaries towards a minimally invasive surgical approach», *AME Case Rep*, vol. 7, p. 21, giu. 2023, doi: 10.21037/acr-23-54.
- [33] R. N. Mubang, D. F. Sigmon, e S. P. Stawicki, «Esophageal Trauma», in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2026. Consultato: 18 maggio 2026. [Online]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470161/>
- [34] P. Zhang, C. Sun, R. Zou, L. Zhou, e C. Jiang, «Development and Validation of a Multidimensional Predictive Model for 28-Day Mortality in Patients with Post-Traumatic Acute Respiratory Distress Syndrome», *J Clin Med*, vol. 15, fasc. 5, p. 2073, mar. 2026, doi: 10.3390/jcm15052073.

- [35] H. Banavasi, P. Nguyen, H. Osman, e A. O. Soubani, «Management of ARDS – What Works and What Does Not», *The American Journal of the Medical Sciences*, vol. 362, fasc. 1, pp. 13–23, lug. 2021, doi: 10.1016/j.amjms.2020.12.019.
- [36] P. Dickmann, R. A. Claus, e M. Bauer, «Sepsis after trauma—evolving paradigms in stress biology and host response failure», *Burns Trauma*, vol. 13, p. tkaf014, feb. 2025, doi: 10.1093/burnst/tkaf014.
- [37] A. Khadka e N. Niraula, «UNMASKING A SILENT SEQUELA OF CHEST TRAUMA: A 26-YEAR-OLD JOURNEY TO DIAGNOSING POSTTRAUMATIC PULMONARY FIBROSIS», *CHEST*, vol. 168, fasc. 4, pp. A5318–A5319, ott. 2025, doi: 10.1016/j.chest.2025.07.2978.
- [38] J. T. H. Prins, E. M. M. Van Lieshout, H. C. G. Overtom, Y. S. Tekin, M. H. J. Verhofstad, e M. M. E. Wijffels, «Long-term pulmonary function, thoracic pain, and quality of life in patients with one or more rib fractures», *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, vol. 91, fasc. 6, p. 923, dic. 2021, doi: 10.1097/TA.0000000000003378.
- [39] S.-L. Hsieh *et al.*, «Association between the time to definitive care and trauma patient outcomes: every minute in the golden hour matters», *Eur J Trauma Emerg Surg*, vol. 48, fasc. 4, pp. 2709–2716, ago. 2022, doi: 10.1007/s00068-021-01816-8.
- [40] M. Chiaranda, *Urgenze ed Emergenze: istituzioni*, 5. ed. Padova: Piccin, 2022.
- [41] Y.-K. Lin, K.-C. Chen, J.-H. Wang, e P.-F. Lai, «Simple triage and rapid treatment protocol for emergency department mass casualty incident victim triage», *Am J Emerg Med*, vol. 53, pp. 99–103, mar. 2022, doi: 10.1016/j.ajem.2021.12.037.
- [42] J. M. Franc, S. W. Kirkland, U. D. Wisnesky, S. Campbell, e B. H. Rowe, «METASTART: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Diagnostic Accuracy of the Simple Triage and Rapid Treatment (START) Algorithm for Disaster Triage», *Prehosp Disaster Med*, vol. 37, fasc. 1, pp. 106–116, feb. 2022, doi: 10.1017/S1049023X2100131X.
- [43] N. J. Marsden e F. Tuma, «Polytraumatized Patient», in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2026. Consultato: 3 giugno 2026. [Online]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554426/>
- [44] M. R. Zemaitis, J. H. Planas, e M. Waseem, «Trauma Secondary Survey», in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2026. Consultato: 3 giugno 2026. [Online]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441902/>
- [45] E. J. Spoelder, C. Slagt, G. J. Scheffer, e G. J. van Geffen, «Transport of the patient with trauma: a narrative review», *Anaesthesia*, vol. 77, fasc. 11, pp. 1281–1287, 2022, doi: 10.1111/anae.15812.

- [46] D. Vickery, «The use of the spinal board after the pre-hospital phase of trauma management», *Emerg Med J*, vol. 18, fasc. 1, pp. 51–54, gen. 2001, doi: 10.1136/emj.18.1.51.
- [47] J. Bucher, F. Dos Santos, D. Frazier, e M. A. Merlin, «Rapid Extrication versus the Kendrick Extrication Device (KED): Comparison of Techniques Used After Motor Vehicle Collisions», *West J Emerg Med*, vol. 16, fasc. 3, pp. 453–458, mag. 2015, doi: 10.5811/westjem.2015.1.21851.
- [48] M. N. Sanagustín e J. Osredkar, «Blood gas analysis: Clinical applications, interpretation and future directions (Review)», *Med Int (Lond)*, vol. 6, fasc. 1, p. 7, 2026, doi: 10.3892/mi.2025.291.
- [49] C. Battle, E. Cole, K. Carter, e E. Baker, «Clinical prediction models for the management of blunt chest trauma in the emergency department: a systematic review», *BMC Emerg Med*, vol. 24, p. 189, ott. 2024, doi: 10.1186/s12873-024-01107-6.
- [50] P. de F. B. Colares, T. T. Mafort, F. M. Sanches, L. B. Monnerat, C. A. M. Menegozzo, e A. W. Mariani, «Thoracic ultrasound: a review of the state-of-the-art», *J. bras. pneumol.*, vol. 50, p. e20230395, 2024, doi: <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20230395>.
- [51] A. Oikonomou e P. Prassopoulos, «CT imaging of blunt chest trauma», *Insights Imaging*, vol. 2, fasc. 3, pp. 281–295, feb. 2011, doi: 10.1007/s13244-011-0072-9.
- [52] Y.-C. Wong, L.-J. Wang, R. Kaewlai, e C.-H. Wu, «Watch Out for the Early Killers: Imaging Diagnosis of Thoracic Trauma», *Korean Journal of Radiology*, vol. 24, fasc. 8, pp. 752–760, ago. 2023, doi: 10.3348/kjr.2022.1021.
- [53] S. M. J. Galvagno *et al.*, «Pain management for blunt thoracic trauma: A joint practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma and Trauma Anesthesiology Society», *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, vol. 81, fasc. 5, p. 936, nov. 2016, doi: 10.1097/TA.0000000000001209.
- [54] Q. Zhu, D. Tan, H. Wang, R. Zhao, e B. Ling, «High-flow nasal cannula oxygen therapy for mild-moderate acute respiratory failure in patients with blunt chest trauma: An exploratory descriptive study», *Am J Emerg Med*, vol. 83, pp. 76–81, set. 2024, doi: 10.1016/j.ajem.2024.07.002.
- [55] R. G. Elsayed, A. F. Hafez, M. M. Maarouf, e F. K. AbdElAziz, «Impact of the Early Use of High-flow Nasal Cannula in Patients with Post-traumatic Lung Contusion: A Randomized Clinical Trial», *Indian J Crit Care Med*, vol. 29, fasc. 2, pp. 117–124, feb. 2025, doi: 10.5005/jp-journals-10071-24904.
- [56] R. W. Werle, A. L. Delevati, N. C. Righi, G. S. Nunes, L. U. Signori, e A. M. V. da Silva, «Noninvasive ventilation in adults with blunt chest trauma: A meta-

- analysis of randomized clinical trials», *Brazilian Journal of Physical Therapy*, vol. 30, fasc. 1, p. 101540, gen. 2026, doi: 10.1016/j.bjpt.2025.101540.
- [57] S. Fattori, E. Reitano, O. Chiara, e S. Cimbanassi, «Predictive Factors of Ventilatory Support in Chest Trauma», *Life*, vol. 11, fasc. 11, p. 1154, nov. 2021, doi: 10.3390/life11111154.
- [58] B. Long, A. J. Lacy, J. Mason, e M. Gottlieb, «Tube Thoracostomy and Pleural Catheters: A Review for Emergency Clinicians», *The Journal of Emergency Medicine*, vol. 77, pp. 100–116, ott. 2025, doi: 10.1016/j.jemermed.2025.07.053.
- [59] J. A. Roebker, A. Kord, K. Chan, R. Rao, C. E. Ray, e R. Ristagno, «Chest Tube Placement and Management: A Practical Review», *Semin Intervent Radiol*, vol. 40, fasc. 2, pp. 231–239, giu. 2023, doi: 10.1055/s-0043-1768680.
- [60] M. C. S. S. Higgins, J. Shi, M. Bader, P. A. Kohanteb, e T. S. Brahmhatt, «Role of Interventional Radiology in the Management of Non-aortic Thoracic Trauma», *Semin Intervent Radiol*, vol. 39, fasc. 3, pp. 312–328, ago. 2022, doi: 10.1055/s-0042-1753482.
- [61] R. Tesoriero *et al.*, «Adult emergency resuscitative thoracotomy: A Western Trauma Association clinical decisions algorithm», *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, vol. 97, fasc. 6, p. 961, dic. 2024, doi: 10.1097/TA.0000000000004462.
- [62] «BPC-Ultrasonografia.pdf». Consultato: 8 giugno 2026. [Online]. Disponibile su: <https://sirm.org/wp-content/uploads/2024/11/BPC-Ultrasonografia.pdf>
- [63] E. Nazarian, J. S. Sinnige, L. D. J. Bos, e M. R. Smit, «Advances in bedside imaging: lung ultrasound», *Intensive Care Med Exp*, vol. 13, p. 126, dic. 2025, doi: 10.1186/s40635-025-00838-5.
- [64] J. Kossoff, S. Duncan, J. Acharya, e D. Davis, «Automated Analysis of Ultrasound for the Diagnosis of Pneumothorax: A Systematic Review», *Cureus*, vol. 16, fasc. 11, p. e72896, doi: 10.7759/cureus.72896.
- [65] F. Mojoli, B. Bouhemad, S. Mongodi, e D. Lichtenstein, «Lung Ultrasound for Critically Ill Patients», *Am J Respir Crit Care Med*, vol. 199, fasc. 6, pp. 701–714, mar. 2019, doi: 10.1164/rccm.201802-0236CI.
- [66] R. Bhoil, A. Ahluwalia, R. Chopra, M. Surya, e S. Bhoil, «Signs and lines in lung ultrasound», *J Ultrason*, vol. 21, fasc. 86, pp. e225–e233, ago. 2021, doi: 10.15557/JoU.2021.0036.
- [67] F. Mojoli, B. Bouhemad, S. Mongodi, e D. Lichtenstein, «Lung Ultrasound for Critically Ill Patients», *Am J Respir Crit Care Med*, vol. 199, fasc. 6, pp. 701–714, mar. 2019, doi: 10.1164/rccm.201802-0236CI.

- [68] L. Berry, L. Rehnberg, P. Groves, M. Knight, M. Stewart, e A. Dushianthan, «Lung Ultrasound in Critical Care: A Narrative Review», *Diagnostics (Basel)*, vol. 15, fasc. 6, p. 755, mar. 2025, doi: 10.3390/diagnostics15060755.
- [69] M. J. Francisco, A. Rahal, F. A. C. Vieira, P. S. D. da Silva, e M. B. de G. Funari, «Advances in lung ultrasound», *Einstein (Sao Paulo)*, vol. 14, fasc. 3, pp. 443–448, 2016, doi: 10.1590/S1679-45082016MD3557.
- [70] P. Łyżniak, D. Świętoń, Z. Serafin, e E. Szurowska, «Lung ultrasound in a nutshell. Lines, signs, some applications, and misconceptions from a radiologist's point of view», *Pol J Radiol*, vol. 88, pp. e294–e310, giu. 2023, doi: 10.5114/pjr.2023.128866.
- [71] L. Pumarejo Gomez e V. H. Tran, «Hemothorax», in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2026. Consultato: 8 giugno 2026. [Online]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538219/>
- [72] J. Zeiler, S. Idell, S. Norwood, e A. Cook, «Hemothorax: A Review of the Literature», *Clin Pulm Med*, vol. 27, fasc. 1, pp. 1–12, gen. 2020, doi: 10.1097/CPM.0000000000000343.
- [73] S. Rovida, D. Orso, S. Naeem, L. Vetrugno, e G. Volpicelli, «Lung ultrasound in blunt chest trauma: A clinical review», *Ultrasound*, vol. 30, fasc. 1, pp. 72–79, feb. 2022, doi: 10.1177/1742271X21994604.
- [74] A. Bartolomé-Solanas *et al.*, «Narrative review of chest wall ultrasound: a practical approach», *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, vol. 14, fasc. 11, pp. 7983000–7988000, nov. 2024, doi: 10.21037/qims-24-355.
- [75] J. Lee, «Lung Ultrasound in Critically Ill Patients», *ACC*, vol. 31, fasc. 1, pp. 4–9, feb. 2016, doi: 10.4266/kjccm.2016.31.1.4.
- [76] T. J. Marini *et al.*, «Lung Ultrasound: The Essentials», *Radiol Cardiothorac Imaging*, vol. 3, fasc. 2, p. e200564, apr. 2021, doi: 10.1148/ryct.2021200564.
- [77] «Censimento-permanente-popolazione\_Anno-2023\_Liguria.pdf». Consultato: 18 giugno 2026. [Online]. Disponibile su: [https://www.istat.it/wp-content/uploads/2025/04/Censimento-permanente-popolazione\\_Anno-2023\\_Liguria.pdf](https://www.istat.it/wp-content/uploads/2025/04/Censimento-permanente-popolazione_Anno-2023_Liguria.pdf)