



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche
CORSO DI LAUREA IN MEDICINA E CHIRURGIA

Tesi di Laurea

Dipartimento di Medicina Interna e Specialità Mediche (Di.M.I.)

**“Strategie di terapia antalgica nei pazienti con trauma
toracico: analisi sperimentale dei dati dello studio prospettico
multicentrico osservazionale TRACTIONS”**

Relatore

Prof. Roberto Pontremoli

Candidata

Vittoria Gualtieri

Correlatore

Dott. Stefano Sartini

anno accademico 2025/2026

Sommario

1	INQUADRAMENTO DEL TRAUMA TORACICO	5
1.1	DEFINIZIONI FONDAMENTALI	5
1.1.1	<i>Trauma</i>	5
1.1.2	<i>Trauma maggiore.....</i>	5
1.1.3	<i>Politrauma</i>	6
1.2	EPIDEMIOLOGIA.....	6
1.3	EZIOLOGIA.....	7
1.3.1	<i>Trauma toracico contusivo.....</i>	8
1.3.2	<i>Trauma toracico penetrante.....</i>	8
1.4	BIOMECCANICA.....	9
1.4.1	<i>Impatto diretto del torace.....</i>	9
1.4.2	<i>Compressione del torace.....</i>	10
1.4.3	<i>Decelerazione improvvisa</i>	10
1.4.4	<i>Trauma da esplosione.....</i>	10
1.5	FISIOPATOLOGIA.....	11
1.5.1	<i>Alterazioni della meccanica respiratoria</i>	11
1.5.2	<i>Alterazioni degli scambi gassosi</i>	12
1.5.3	<i>Alterazioni emodinamiche</i>	12
1.5.4	<i>Risposta infiammatoria locale e sistemica</i>	12
1.5.5	<i>Evoluzione verso insufficienza respiratoria e ARDS</i>	13
1.6	PRINCIPALI LESIONI TORACICHE	13
1.6.1	<i>Lesioni della parete toracica</i>	14
1.6.2	<i>Lesioni pleuropolmonari</i>	15

1.6.3	<i>Lesioni mediastiniche</i>	17
1.6.4	<i>Lesioni diaframmatiche</i>	18
1.7	GESTIONE CLINICA DEL PAZIENTE TRAUMATIZZATO	18
1.7.1	<i>Gestione pre-ospedaliera</i>	19
1.7.1.1	Il concetto di Golden Hour	20
1.7.1.2	Il ruolo dei Sistemi di Emergenza Territoriali (EMS)	21
1.7.1.3	Valutazione Primaria: ABCDE	21
1.7.1.4	Identificazione delle condizioni toraciche immediatamente letali	24
1.7.1.5	Stabilizzazione pre-trasporto e Presidi di immobilizzazione	26
1.7.2	<i>Gestione ospedaliera</i>	31
1.7.2.1	Esame clinico e monitoraggio dei Parametri Vitali	31
1.7.2.2	Emogasanalisi Arteriosa	32
1.7.2.3	Radiografia del torace	34
1.7.2.4	Tomografia Computerizzata	35
1.7.2.5	E-FAST	37
1.7.2.6	Ecografia polmonare e LUS Score	38
1.8	TRATTAMENTO	42
1.8.1	<i>Ossigenoterapia e ventilazione</i>	43
1.8.2	<i>Drenaggio Toracico</i>	45
1.8.3	<i>Toracotomia e VATS</i>	48
1.8.4	<i>Radiologia Interventistica</i>	49
2	ANALGESIA NEL TRAUMA TORACICO	50
2.1	STRUMENTI DI VALUTAZIONE DEL DOLORE	51
2.2	ANALGESIA SISTEMICA	54
2.2.1	<i>FANS e Paracetamolo</i>	54
2.2.2	<i>Oppioidi</i>	54

2.2.3	<i>Altri farmaci sistemici</i>	55
2.3	ANALGESIA LOCO-REGIONALE.....	56
2.3.1	<i>Analgesia Epidurale</i>	57
2.3.2	<i>Blocchi Paravertebrali</i>	57
2.3.3	<i>Blocchi Paraspinali: ESP block</i>	58
2.3.4	<i>Blocchi Intercostali</i>	59
2.3.5	<i>Blocchi Toracici Anteriori (PECS I, PECS II, Serratus)</i>	59
3	STUDIO CLINICO	61
3.1	INTRODUZIONE	61
3.2	MATERIALI E METODI	62
3.3	RISULTATI	66
3.4	DISCUSSIONE	84
3.5	CONCLUSIONI	93
4	BIBLIOGRAFIA	95

1 INQUADRAMENTO DEL TRAUMA TORACICO

1.1 DEFINIZIONI FONDAMENTALI

1.1.1 Trauma

Il trauma è definito come una lesione fisica causata dall'azione improvvisa di una forza esterna sull'organismo, in grado di determinare danni ai tessuti e alterazioni delle funzioni vitali. Le condizioni che lo possono determinare sono differenti: incidenti stradali, cadute, aggressioni, traumi sportivi o incidenti lavorativi. (1)

Le lesioni traumatiche rappresentano un importante problema di sanità pubblica a livello globale, in quanto sono una delle principali cause di morbidità e mortalità, con circa 40 milioni di persone che riportano disabilità permanenti e quasi 6 milioni di decessi ogni anno. (2)

1.1.2 Trauma maggiore

Il termine trauma maggiore (*major trauma*) indica un evento traumatico che, indipendentemente dal meccanismo di lesione, determina lesioni gravi che possono portare disabilità permanente o morte e che richiede spesso un trattamento urgente e multidisciplinare. (3)

Nonostante il termine “trauma maggiore” sia ampiamente utilizzato nella pratica clinica e nella letteratura scientifica, non esiste ancora una definizione universalmente condivisa. Nella maggior parte degli studi, la gravità del trauma viene valutata mediante sistemi di scoring, tra cui l'*Injury Severity Score* (ISS) > 15, che rappresenta un indice aggregato della gravità delle lesioni traumatiche. (4)

1.1.3 Politrauma

Per politrauma si intende una condizione clinica caratterizzata dalla presenza di lesioni traumatiche gravi e multiple che coinvolgono due o più regioni corporee, combinate a una significativa compromissione delle funzioni fisiologiche dell'organismo e a un elevato rischio di mortalità o disabilità permanente.

Una delle definizioni più utilizzate è la cosiddetta *Berlin Definition*, secondo la quale il politrauma è caratterizzato dalla presenza di lesioni con *Abbreviated Injury Scale* (AIS) ≥ 3 in almeno due diverse regioni anatomiche, associate ad almeno una delle seguenti alterazioni fisiologiche: pressione arteriosa sistolica ≤ 90 mmHg, punteggio della *Glasgow Coma Scale* ≤ 8 , base excess ≤ -6 mmol/L, coagulopatia (INR $\geq 1,4$) oppure età ≥ 70 anni. (5)

La gestione del politrauma richiede un approccio multidisciplinare, con il coinvolgimento di specialisti di medicina d'emergenza, chirurgia traumatologica, anestesia e terapia intensiva, e deve essere effettuata preferibilmente all'interno di sistemi di trauma organizzati o trauma center, al fine di migliorare gli esiti clinici e la sopravvivenza dei pazienti. (6)

1.2 EPIDEMIOLOGIA

Il trauma toracico costituisce una delle sfide di maggior rilievo nell'ambito della medicina d'emergenza e della chirurgia traumatologica d'urgenza. La sua rilevanza è dettata soprattutto dalla complessità delle strutture anatomiche coinvolte e dalla estrema eterogeneità del quadro clinico, che può essere caratterizzato da lesioni lievi, come le fratture costali, fino a gravi danni degli organi toracici potenzialmente letali, come pneumotorace, emotorace e tamponamento cardiaco. (7)

Nel contesto del politrauma, il trauma toracico rientra tra le lesioni più frequenti con un impatto rilevante in termini di morbidità e mortalità a livello globale. (7) Si stima che il coinvolgimento toracico sia presente in circa il 20-25% di tutti i pazienti traumatizzati e contribuisca a circa il 25% dei decessi, sia come causa diretta sia in associazione ad altre lesioni sistemiche (8,9). Il trauma toracico è responsabile di circa 140.000 decessi ogni anno ed è anche la principale causa di morte nei soggetti di età inferiore ai 40 anni. (10)

La distribuzione per sesso ed età evidenzia una chiara predominanza maschile e una maggiore frequenza nei soggetti giovani-adulti, dovuta alla maggiore esposizione a traumi ad alta energia. Tuttavia, negli ultimi anni si sta osservando un progressivo aumento dell'incidenza anche nella popolazione anziana, soprattutto in relazione a traumi da caduta. (11,12)

Il trauma toracico costituisce la seconda tipologia di lesione traumatica non intenzionale più frequente e, nel contesto del politrauma, si configura come la terza causa di morte dopo il trauma addominale e cranico. (13)

Relativamente al tipo di trauma, le forme chiuse/contusive (*blunt*) sono nettamente predominanti costituendo circa il 70% di tutti i traumi toracici. (14)

Per quanto riguarda l'impatto sul sistema sanitario, il trauma toracico si configura come una condizione caratterizzata da un elevato carico assistenziale. La maggioranza dei pazienti può essere gestita attraverso un approccio conservativo: circa nel 90% dei casi non è richiesto un trattamento chirurgico, mentre solo una quota minoritaria, ovvero circa il 10% dei casi, necessita di intervento chirurgico. Nonostante la maggioritaria gestione non chirurgica, il trauma toracico è frequentemente associato a complicanze respiratorie e sistemiche che contribuiscono in modo significativo all'utilizzo delle risorse ospedaliere, in termini di prolungamento della degenza e dei ricoveri in terapia intensiva. (14)

1.3 EZIOLOGIA

L'eziologia del trauma toracico va di pari passo con il meccanismo lesivo e costituisce un elemento fondamentale nella valutazione iniziale del paziente traumatizzato, in quanto consente di orientare il sospetto diagnostico e di prevedere i possibili pattern di lesione. (7)

In letteratura, il trauma toracico viene suddiviso in trauma contusivo e trauma penetrante. In contesti specifici, come quello militare, è descritta una terza categoria rappresentata dal trauma da esplosione, causato dall'azione dell'onda d'urto. (15)

1.3.1 Trauma toracico contusivo

Il trauma toracico contusivo è la forma eziologica più frequente. Si tratta di un trauma associato a meccanismi ad alta energia, come impatto diretto e decelerazione, che sono responsabili di lesioni complesse che possono coinvolgere simultaneamente più strutture toraciche senza determinare rottura di parete. (14)

Le cause più frequenti sono: incidenti stradali, che costituiscono il meccanismo predominante (57% dei casi di trauma toracico); cadute dall'alto, che ricoprono circa il 23% delle cause; aggressioni presenti in un circa 10% dei casi. (13)



Figura 1: trauma toracico contusivo da incidente stradale

1.3.2 Trauma toracico penetrante

Il trauma toracico penetrante rappresenta una quota minoritaria dei traumi toracici rispetto alla forma contusiva, ma è spesso una condizione acuta *life-threatening*.

È causato da oggetti che perforano la parete toracica: i più comuni sono le armi da fuoco, come pistole e fucili, che rappresentano circa il 10% delle cause di trauma penetrante, e le armi bianche, come strumenti da punta e da taglio responsabili di un 9.5% dei casi. (16)

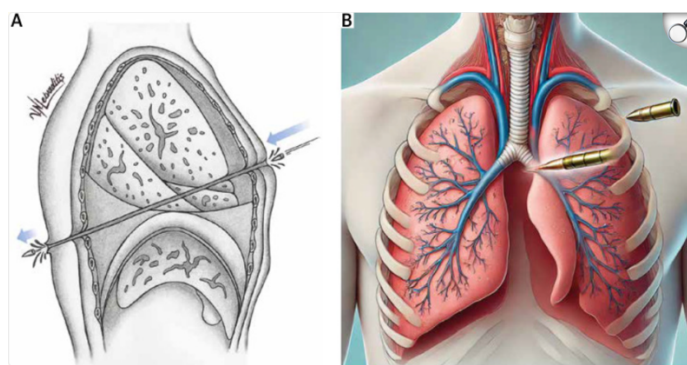


Figura 2: trauma toracico penetrante da arma da fuoco

1.4 BIOMECCANICA

La biomeccanica del trauma toracico si occupa di descrivere le conseguenze delle forze esterne applicate al torace e il modo con cui queste provocano le lesioni delle strutture anatomiche. Il danno tissutale si verifica quando il trasferimento di energia supera la capacità di resistenza del tessuto. Nel trauma toracico, l'energia cinetica si trasforma in energia di deformazione, che provoca alterazioni strutturali e funzionali dei tessuti. A causa della sua struttura e della presenza di aria, il polmone risulta particolarmente vulnerabile al danno traumatico. Un ruolo importante è svolto dalla compliance respiratoria: una maggiore compliance, come accade nei pazienti pediatrici, favorisce l'assorbimento dell'energia a livello del parenchima polmonare, con maggiori lesioni polmonari anche in assenza di fratture; una minore compliance, come si verifica negli anziani, determina una maggiore trasmissione di energia alla parete, con aumentato rischio di fratture costali.

I principali meccanismi responsabili delle lesioni toraciche includono: impatto diretto, compressione, accelerazione/decelerazione e trauma da esplosione (17).

1.4.1 Impatto diretto del torace

L'impatto diretto rappresenta uno dei principali meccanismi del trauma toracico contusivo e si verifica quando una forza esterna colpisce il torace, causando un trasferimento di energia alla parete e alle strutture toraciche sottostanti. (18)

Le lesioni risultanti sono meno gravi e interessano principalmente i tessuti molli della parete toracica, con ematomi ed escoriazioni, occasionalmente coinvolgono la componente ossea,

con fratture costali, e molto raramente possono estendersi anche agli organi profondi, con lesione a carico del cuore o del parenchima polmonare. (19)

1.4.2 Compressione del torace

Nel trauma da compressione toracica, le strutture intratoraciche urtano contro una struttura anatomica fissa, come il torace o la colonna vertebrale: questo meccanismo può causare contusioni o lacerazioni del parenchima polmonare, pneumotorace, emotorace, lesioni tracheobronchiali e rottura di diaframma. (19)

1.4.3 Decelerazione improvvisa

La decelerazione improvvisa è uno dei principali meccanismi che sottende il trauma toracico contusivo. Si verifica a seguito di una brusca riduzione della velocità, tipicamente negli incidenti stradali e nelle cadute dall'alto. (14,20) In tali condizioni, il corpo subisce un arresto improvviso, mentre gli organi interni continuano a muoversi per inerzia ad alta velocità, determinando la creazione delle forze di taglio responsabili della lacerazione dei vasi e dei tessuti nei punti di ancoraggio anatomico. (20)

Si tratta di uno dei meccanismi più potenzialmente letale in quanto può provocare rottura dell'aorta, lesioni tracheobronchiali, contusioni cardiache e rottura del diaframma. (19)

1.4.4 Trauma da esplosione

Nel trauma da esplosione si ha, in seguito alla detonazione di un esplosivo, una rapida conversione di materiale solido o liquido in gas, che determina la propagazione di un'onda d'urto capace di produrre improvvise e repentine variazioni di pressione, che si trasmettono attraverso i tessuti. Il maggiore danno si determina a livello dell'interfaccia aria-tessuto, e questo rende particolarmente vulnerabili gli organi contenenti aria, come il polmone. (19,21)

Dal punto di vista biomeccanico, il danno tissutale è determinato da vari fenomeni: il trasferimento di energia, che si verifica tra strutture con diversa densità (gas e tessuti biologici), responsabile di fenomeni di spallazione; la compressione ed espansione rapide dei tessuti contenenti aria, che causano fenomeni di implosione; l'accelerazione indotta dall'onda d'urto, che genera forze di taglio responsabili di danno inerziale. (21)

Le lesioni da esplosione vengono classificate in: lesioni primarie, dovute all'azione diretta dell'onda d'urto, che interessano soprattutto il parenchima polmonare; lesioni secondarie, causate dall'impatto dei frammenti proiettati; lesioni terziarie, determinate dallo spostamento del corpo contro superfici circostanti, che causano lesioni soprattutto a livello della parete toracica; lesioni quaternarie come ustioni e inalazione di sostanze tossiche. (22)

1.5 FISIOPATOLOGIA

Il trauma toracico determina una rottura dell'integrità della compartimentazione anatomica degli organi intratoracici: l'apertura dello spazio pleurico e il suo riempimento con liquido comportano l'interruzione dei normali meccanismi fisiologici respiratori ed emodinamici. Ipossiemia e ipotensione sono le manifestazioni fisiopatologiche più frequenti e sono conseguenza rispettivamente della compromissione degli scambi gassosi e della riduzione della perfusione periferica. (23)

Le principali alterazioni fisiopatologiche sono la compromissione della meccanica respiratoria, le alterazioni degli scambi gassosi e l'instabilità emodinamica. Nei casi più gravi e soprattutto in presenza di contusione polmonare si può evolvere verso insufficienza respiratoria acuta e ARDS. (14,24)

1.5.1 Alterazioni della meccanica respiratoria

La compromissione della meccanica respiratoria nel trauma toracico è determinata soprattutto dalle lesioni della parete toracica: fratture costali multiple, volet costale, pneumotorace ed emotorace comportano una riduzione dell'espansione toracica, con conseguente diminuzione dei volumi respiratori. (25)

In particolare, le fratture costali multiple possono causare immobilizzazione antalgica della parete toracica e riduzione dell'escursione respiratoria, facilitando lo sviluppo di ipoventilazione alveolare, atelettasia e ipossiemia arteriosa.

Nel volet costale il movimento paradossale del segmento instabile del torace interferisce con la normale dinamica ventilatoria, causando un aumento del lavoro respiratorio e una riduzione dell'efficacia della ventilazione. (23)

Anche lo pneumotorace iperteso e l'emotorace massivo, comprimendo il parenchima polmonare, determinano una riduzione dei volumi ventilatori. (25)

1.5.2 Alterazioni degli scambi gassosi

Le alterazioni degli scambi gassosi sono le principali conseguenze del danno del parenchima polmonare nel trauma toracico. (23) In particolare, la contusione polmonare causa la presenza di alveoli non ventilati ma perfusi, con conseguente alterazione del rapporto ventilazione perfusione, creazione di shunt intrapolmonari e sviluppo di ipossiemia arteriosa. (23,25) Anche in assenza di contusione polmonare, si ha alterazione degli scambi gassosi conseguente all'ispessimento della membrana alveolo-capillare.

Nelle forme più severe di trauma toracico si possono formare edema interstiziale ed emorragia intra-alveolare, che determinano un'ulteriore difficoltà dei gas a diffondere attraverso la membrana. (25)

1.5.3 Alterazioni emodinamiche

Le alterazioni emodinamiche sono dovute a diversi meccanismi: la perdita ematica, la riduzione del ritorno venoso e la compromissione diretta della contrattilità cardiaca.

Lo pneumotorace iperteso e quello aperto comportano una riduzione del ritorno venoso, con conseguente riduzione delle pressioni di riempimento e della gittata cardiaca. (25) Con lo stesso meccanismo la perdita ematiche in corso di emotorace massivo può causare ipotensione. (23)

Il paziente può andare incontro a shock cardiogeno, determinato da una riduzione della funzione contrattile a seguito di lesioni cardiache dirette, come contusione miocardica, tamponamento cardiaco o lesioni penetranti (25)

1.5.4 Risposta infiammatoria locale e sistemica

La contusione polmonare causa anche una risposta infiammatoria locale, caratterizzata da emorragia alveolare, edema interstiziale e infiltrazione di proteine, eritrociti e cellule infiammatorie negli spazi aerei con perdita dell'architettura alveolare.

La risposta infiammatoria sistemica, associata ad altre lesioni traumatiche, può contribuire alla disfunzione polmonare tardiva, che può essere causata anche dallo sviluppo di polmonite nosocomiale o dalla risposta infiammatoria locale del polmone lesionato. (24)

1.5.5 Evoluzione verso insufficienza respiratoria e ARDS

Nei casi più severi, l'unione di risposta infiammatoria locale e sistemica può contribuire allo sviluppo di insufficienza respiratoria e ARDS post-traumatica. (24) La causa più comune di ARDS rimangono le infezioni polmonari, ma il trauma, specialmente quando associato a trasfusioni di prodotti ematici, contusione polmonare, aspirazione e/o ustioni, rappresenta la terza causa più comune. (26)

1.6 PRINCIPALI LESIONI TORACICHE

Le lesioni toraciche comprendono un ampio spettro di quadri traumatici che possono interessare diverse strutture, tra cui la parete toracica, il parenchima polmonare, la pleura e gli organi mediastinici come cuore, grossi vasi, trachea ed esofago. (17)

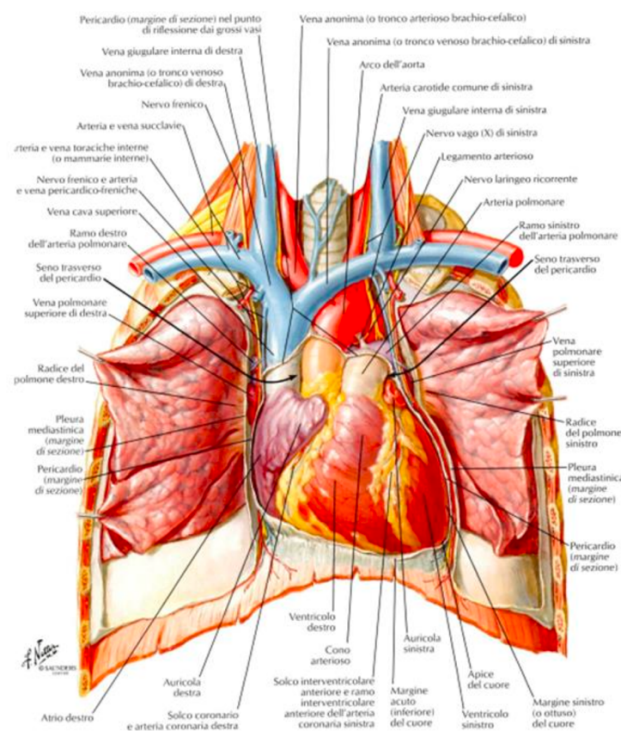


Figura 3: Anatomia del Torace

Le principali cause di morte immediata sono rappresentate dall'ostruzione delle vie aeree, lesioni dell'albero respiratorio e le emorragie intratoraciche massive, condizioni che richiedono un rapido riconoscimento e trattamento nelle fasi iniziali successive al trauma.

(10)

1.6.1 Lesioni della parete toracica

Le lesioni della parete toracica rappresentano una delle manifestazioni più frequenti nel trauma toracico contusivo e comprendono fratture costali, fratture sternali, volet costale e fratture scapolari. Queste lesioni hanno un importante impatto clinico, poiché possono incidere sulla meccanica respiratoria e favorire lo sviluppo di complicanze polmonari secondarie.

Le fratture costali si osservano in circa il 10% dei pazienti con trauma toracico e sono più comuni nei soggetti anziani. Clinicamente sono associate a dolore toracico, dolorabilità locale, dispnea e crepitio sottocutaneo. Se coinvolgono la prima o la seconda costa, si associano ad un aumento della mortalità per la possibile lesione di grossi vasi mediastinici. (18) Se coinvolgono le coste che partecipano maggiormente ai movimenti respiratori, ovvero dalla terza alla decima, possono compromettere la meccanica respiratoria. (8)

Il volet costale può essere definito dalla presenza di almeno tre fratture costali segmentarie oppure più di cinque fratture costali contigue. Determina un movimento paradossale del segmento toracico durante l'atto respiratorio. (18) Rappresenta una delle forme più severe di trauma della parete toracica, in quanto può comportare insufficienza respiratoria con necessità di ventilazione meccanica, aumento del rischio di ARDS e aumento del tempo di degenza ospedaliera. (8)

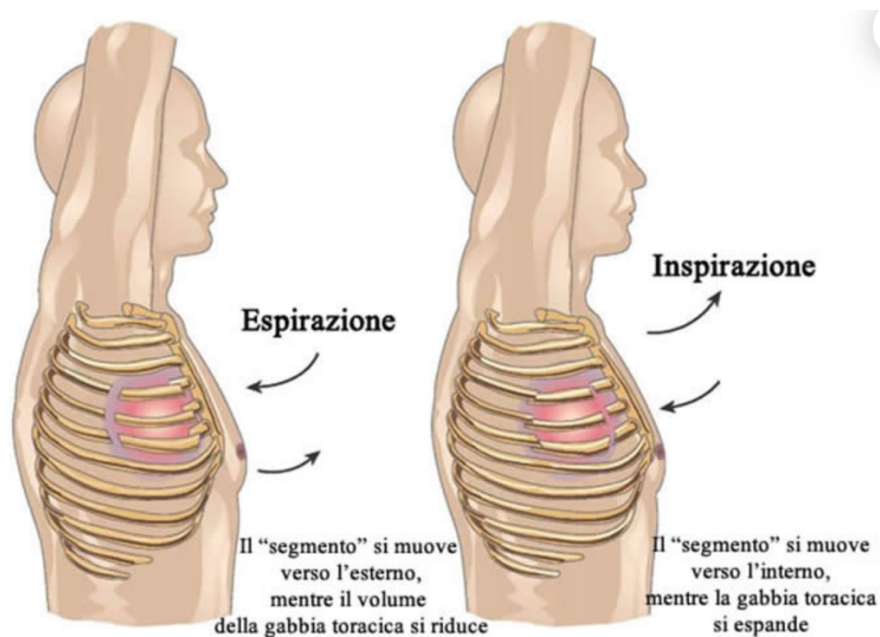


Figura 4: volet costale: movimento paradossale del torace durante l'atto respiratorio

Le fratture sternali hanno un'incidenza che varia tra l'1,5% e il 18% nei traumi toracici contusivi. Sono spesso determinate da movimenti di flessione o compressione del tronco oppure a impatto diretto contro il volante o airbag negli incidenti automobilistici. Si associano spesso a fratture costali o vertebrali. (18)

Le fratture scapolari sono rare, ma anche un importante indicatore di trauma ad alta energia (18)

1.6.2 Lesioni pleuropolmonari

Le lesioni pleuropolmonari comprendono un ampio spettro di lesioni che sono di solito associate a traumi ad alta energia; tra queste lesioni rientrano la contusione polmonare, le lacerazioni del parenchima, pneumotorace ed emotorace.

La contusione polmonare si caratterizza per un danno diretto o indiretto del parenchima polmonare, con edema ed emorragia alveolare, in assenza di distruzione macroscopica dell'architettura polmonare. Si caratterizza per la fuoriuscita di liquido dai capillari lesionati della parete alveolare e dei setti interalveolari. Può essere interessato anche il polmone controlaterale a causa della risposta infiammatoria sistemica. (17) Se viene ad essere

coinvolto più del 20% del volume polmonare si può avere una prognosi peggiore e un maggior rischio di ARDS. (18)

Per lacerazione polmonare si intende una perdita di continuità del parenchima polmonare, con conseguente formazione di una cavità intraparenchimale che può riempirsi di aria, formando lo pneumatocele traumatico, di sangue, costituendo ematomi polmonari, o di entrambe le sostanze, formando raccolte miste. A differenza della contusione polmonare, viene ad essere interrotta l'integrità anatomica polmonare. Si può osservare sia in traumi toracici penetranti sia in quelli contusivi associati ad elevata energia. (17)

Nello pneumotorace traumatico, lo spazio pleurico viene ad essere riempito di aria in seguito rottura degli alveoli polmonari o lacerazione della pleura viscerale secondaria a fratture costali. Nei casi peggiori, la situazione può evolvere a pneumotorace iperteso con progressivo aumento della pressione intratoracica, spostamento controlaterale del mediastino, riduzione del ritorno venoso e instabilità emodinamica. (8,18) Il rischio complessivo di pneumotorace nei pazienti politraumatizzati è del 20% circa, ma sale al 50% nei traumi toracici severi. (8)

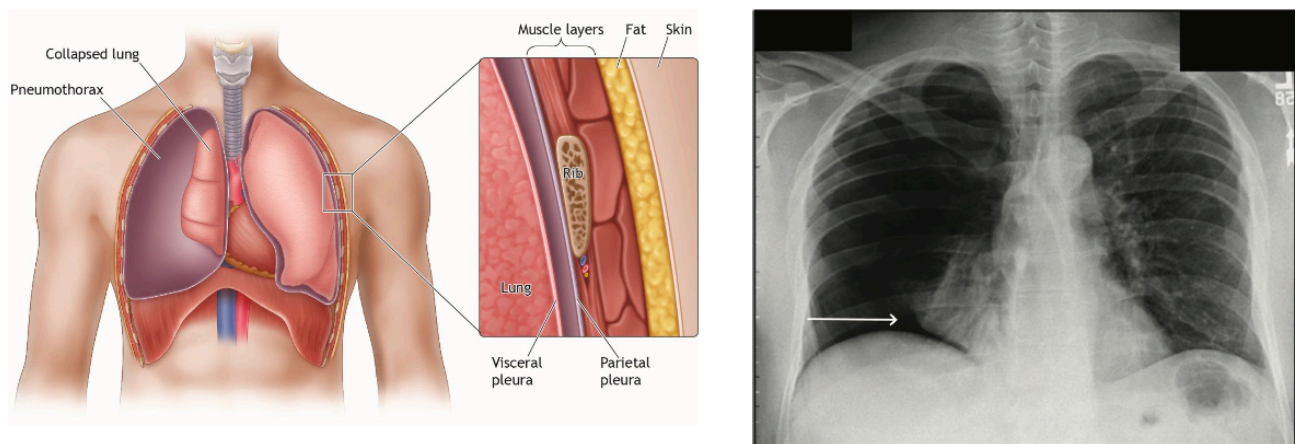


Figura 5: pneumotorace traumatico

L'emotorace corrisponde alla presenza di sangue nello spazio pleurico. È più tipico del trauma toracico contusivo e raramente si presenta come lesione isolata. In caso di grossi volumi di sangue, si può avere spostamento del mediastino controlaterale e atelettasia del polmone interessato. (18)

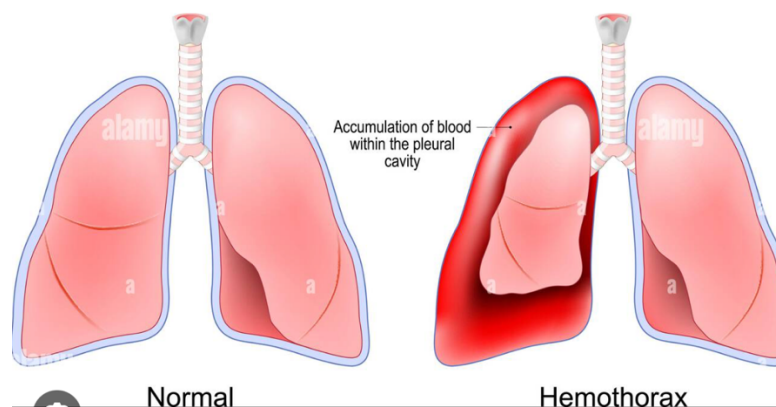


Figura 6: emotorace: sangue nello spazio pleurico

1.6.3 Lesioni mediastiniche

Le lesioni mediastiniche sono meno frequenti, ma associate ad elevata mortalità perché coinvolgono strutture vitali, come cuore, grossi vasi toracici, trachea ed esofago. (17)

Le lesioni cardiache comprendono forme relativamente lievi, come la contusione miocardica, e forme estremamente gravi, come la rottura delle camere cardiache. In corso di trauma, soprattutto contusivo, il cuore viene ad essere compresso tra lo sterno anteriormente e la colonna vertebrale posteriormente, con conseguente trasmissione di forze elevate a livello di tutte le strutture intracardiache. La forma più severa, che mette a rischio immediato la vita del paziente, è rappresentata dalla rottura della parete libera ventricolare, che porta rapidamente a tamponamento cardiaco e collasso emodinamico. (18) La camera cardiaca più frequentemente interessata dalla rottura è l'atrio destro, a causa del ridotto spessore della sua parete. (27)

Tra i grossi vasi toracici può essere coinvolta l'aorta toracica, soprattutto a livello dell'istmo in corso di decelerazione intensa. (10) Nei pazienti emodinamicamente stabili, le linee guida raccomandano un approccio preferenziale mediante trattamento endovascolare, mentre nei pazienti instabili è indicato un trattamento chirurgico immediato. (8)

Le lesioni traumatiche dei vasi polmonari sono rare, ma gravate da un'elevata mortalità per il possibile sviluppo di emorragia intratoracica massiva. Tali lesioni sono più frequenti nei traumi penetranti, ma possono verificarsi anche in traumi contusivi con meccanismi di brusca decelerazione. (17)

Le lesioni tracheobronchiali sono generalmente rare e associate a traumi ad alta energia, in cui le forze di compressione e decelerazione sollecitano le strutture delle vie aeree centrali. Anatomicamente, interessano più frequentemente la porzione distale della trachea e il bronco principale di destra. (18)

1.6.4 Lesioni diaframmatiche

Il diaframma viene coinvolto soprattutto nei traumi toracici ad alta energia oppure nelle lesioni penetranti del torace. La rottura diaframmatica si verifica nell'1-8% dei traumi toracici contusivi, a seguito di un improvviso aumento della pressione toracoaddominale contro un diaframma statico. (18) La perdita di continuità della anatomia diaframmatica può comportare l'erniazione di visceri addominali nella cavità toracica, con conseguente riduzione dello spazio disponibile per l'espansione polmonare e compromissione della funzione respiratoria. (17) È necessario un trattamento chirurgico appena il paziente risulta stabile, per evitare l'incarcerazione viscerale e lo strangolamento intestinale. (8) La lesione diaframmatica deve essere sospettata soprattutto in presenza di ferite localizzate inferiormente al livello dei capezzoli. (10)

1.7 GESTIONE CLINICA DEL PAZIENTE TRAUMATIZZATO

La gestione clinica del paziente con trauma toracico si inserisce all'interno del più ampio contesto organizzativo del trauma maggiore, che richiede un approccio sistematico, multidisciplinare e strutturato. Negli ultimi anni è emerso il ruolo dei *trauma systems*, che corrispondono ad una rete organizzata e coordinata, operante all'interno di una specifica area geografica, e che fornisce assistenza completa ai pazienti traumatizzati lungo il loro percorso di cura. È quindi fondamentale il concetto di continuità assistenziale, che non si esaurisce nella fase acuta del trauma, ma si estende fino alla riabilitazione. (28)

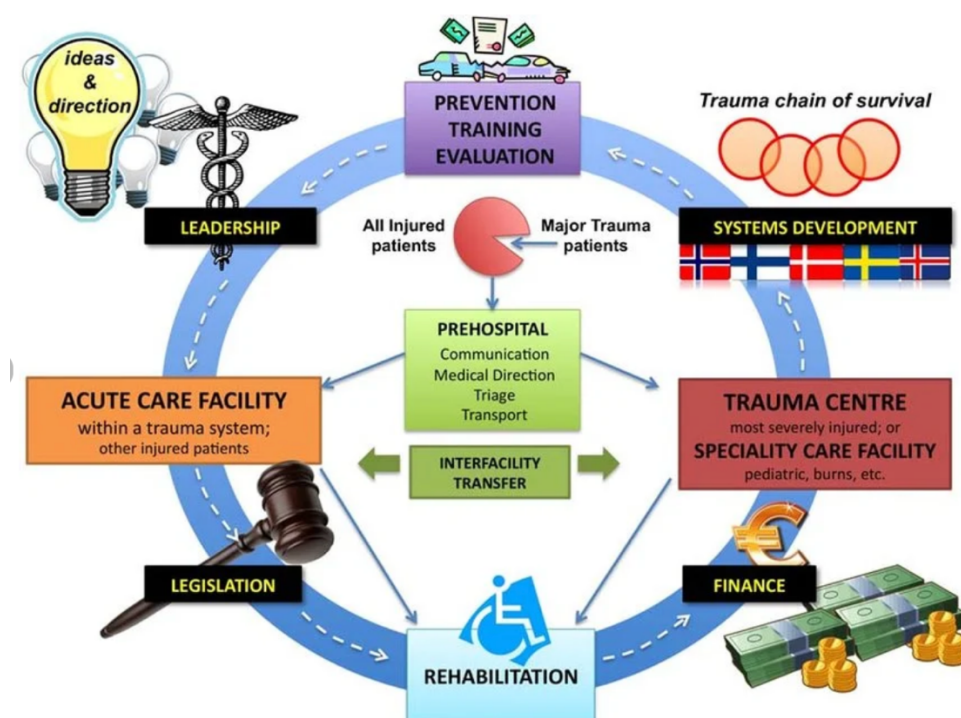


Figura 7: componenti del trauma systems

Le linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità sottolineano che il miglioramento dell'assistenza al trauma dipende, in misura rilevante, dall'organizzazione dei servizi, dalla definizione di standard essenziali e dalla disponibilità di adeguate risorse umane e strutturali. (29)

Secondo le raccomandazioni ESTES, il paziente politraumatizzato deve essere gestito da un *trauma team*, che deve operare seguendo un piano organizzativo definito e che deve essere dotato di una formazione specialistica specifica. Ogni *trauma team* deve comprendere almeno due medici con competenze in medicina d'emergenza e chirurgia d'urgenza e due infermieri. (30)

1.7.1 Gestione pre-ospedaliera

La gestione pre-ospedaliera del paziente traumatizzato costituisce la prima fase del percorso assistenziale, che ha come obiettivo quello di riconoscere le condizioni potenzialmente letali, garantire una stabilizzazione iniziale e un rapido e appropriato trasferimento verso la struttura sanitaria ideale in relazione alla gravità del trauma. (31) Il tempo che intercorre tra

il trauma e il trattamento definitivo influisce sulla sopravvivenza e sul recupero funzionale del paziente. (32)

1.7.1.1 Il concetto di Golden Hour

La *Golden Hour* corrisponde ai primi 60 minuti immediatamente successivi all'evento traumatico, durante i quali un intervento tempestivo ed appropriato dei pazienti gravemente traumatizzati aumenta la probabilità di sopravvivenza. Tale concetto fu introdotto da Cowley nella seconda metà del XX secolo, ma mantiene ancora ad oggi la sua rilevanza, sottolineando l'importanza della rapidità nell'avvio di un trattamento e di un trasferimento precoce verso trauma center specializzati. (33) Durante questo tempo limitato, risulta essere fondamentale la gestione delle risorse: al momento della ricezione di una chiamata per trauma, la centrale operativa del sistema di emergenza territoriale elabora una valutazione della situazione in modo tale da attribuire un corretto livello di priorità e attivare il mezzo di soccorso più appropriato. In caso di compromissione delle funzioni vitali o di rischio evolutivo, è indicato l'invio di mezzi di soccorsi avanzati (ALS); nei casi meno gravi possono essere impiegati mezzi di base (BLS). (34)

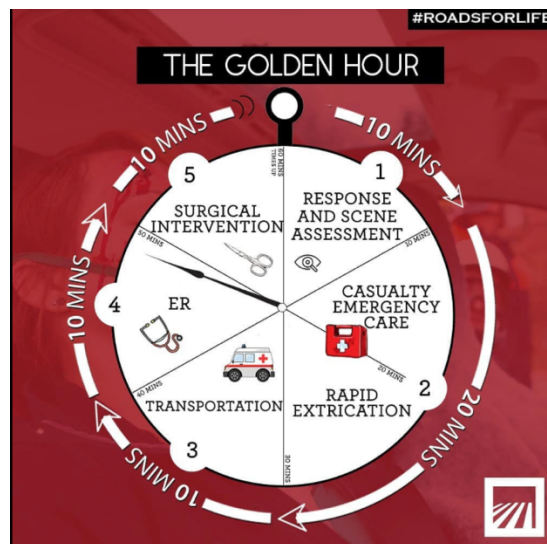


Figura 8: Golden Hour

Il concetto di *Golden Hour* non deve essere interpretato come un limite temporale rigidamente definito, ma è importante tenere presente che, nelle prime due ore dall'evento traumatico, un intervallo più breve tra trauma e trattamento definitivo è associato a maggiore

sopravvivenza e migliori esiti funzionali. In particolare, ogni ritardo di trenta minuti nel trattamento definitivo è associato, nei pazienti con trauma maggiore o con lesioni del tronco, a un aumento della mortalità a 30 giorni, rispettivamente del 16,4% e del 8,3%, e a una riduzione della probabilità di esito funzionale favorevole alla dimissione, rispettivamente del 31,4% e del 20,7%. (32)

1.7.1.2 Il ruolo dei Sistemi di Emergenza Territoriali (EMS)

I sistemi di emergenza territoriale rappresentano il primo livello operativo della risposta sanitaria al trauma e hanno come principale obiettivo la presa in carico precoce del paziente traumatizzato. Sono fondamentali nel garantire la continuità assistenziale tra la scena dell'evento e l'ospedale di riferimento e nel ridurre la mortalità prevenibile attraverso l'attivazione precoce del sistema di emergenza e dei soccorritori, la valutazione iniziale e l'identificazione delle condizioni potenzialmente letali, il trattamento delle condizioni tempo-dipendenti e il trasporto verso il centro sanitario più idoneo.

Dal punto di vista organizzativo i membri dei sistemi EMS hanno diversi livelli di competenza: il primo livello è formato dai *first responders*, che corrispondono ai cittadini o operatori non sanitari che vengono formati per riconoscere le situazioni di emergenza, attivare il sistema di soccorso ed eventualmente intraprendere le prime manovre salvavita; il secondo livello è rappresentato dagli operatori con formazione di base in assistenza pre-ospedaliera (*basic life support*), che devono eseguire una valutazione primaria del paziente, attuare degli interventi di stabilizzazione iniziale e garantire un trasporto sicuro verso la struttura sanitaria più appropriata; il terzo livello è presente solo in alcuni contesti dotati di maggiori risorse ed è costituito dall'assistenza avanzata (*advanced life support*), formata da personale in grado di eseguire procedure invasive e tecniche di supporto avanzato alle funzioni vitali. (35)

1.7.1.3 Valutazione Primaria: ABCDE

La valutazione primaria del paziente traumatizzato rappresenta la fase iniziale di gestione del trauma e ha come obiettivo principale quello di identificare, valutare e trattare rapidamente tutte le lesioni immediatamente pericolose per la vita. Tale valutazione si fonda su un approccio sistematico e prioritario, ben riassunto nell'acronimo ABCDE, che fa sì che

vengano prese in considerazione per prime le condizioni letali. Si tratta di una valutazione rapida, che richiede circa dieci secondi e che deve essere applicata a tutti i pazienti con trauma, a prescindere dalla loro età e dalla loro stabilità clinica. In questa fase, diagnosi e trattamento delle condizioni *life-threatening* avvengono simultaneamente.

Nell'approccio ABCDE, ogni lettera si riferisce ad una fase precisa: A sta per "airway", B per "breathing", C per "circulation and hemorrhage control", D per "disability" ed E per "exposure". Il passaggio alla fase successiva può avvenire solo nel momento in cui vengono gestite e trattate le alterazioni della fase precedente e, nel caso in cui ci sia un peggioramento delle condizioni cliniche, è necessario riprendere la valutazione dall'inizio della sequenza. (36,37)

In ambito pre-ospedaliero viene data priorità al controllo delle emorragie esterne maggiori secondo il principio dell'C-ABCDE, attraverso l'utilizzo di compressione diretta, tourniquet o altre tecniche di tamponamento di ferita. (38)

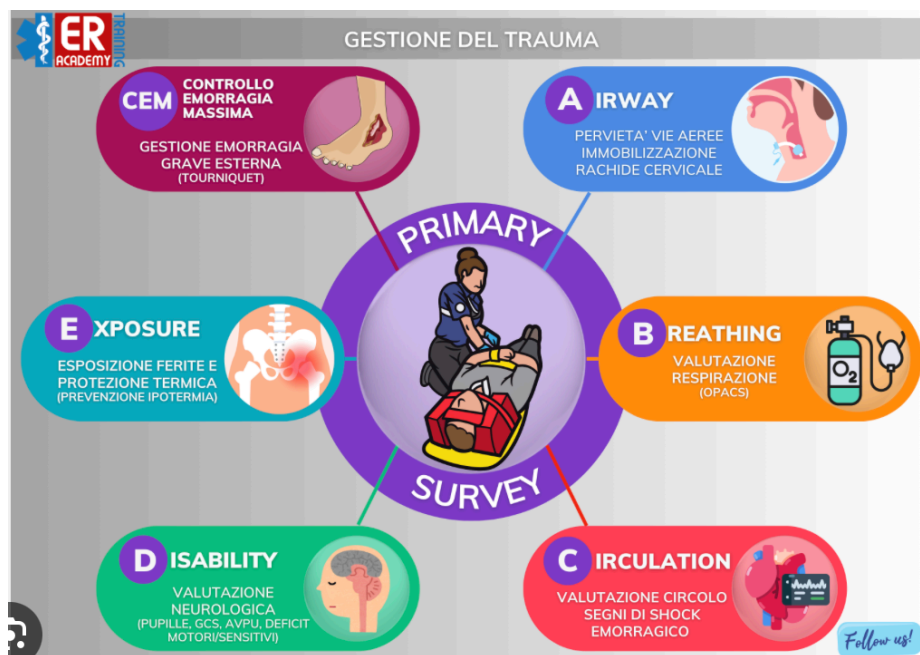


Figura 9: protocollo C-ABCDE nel trauma

La valutazione e il controllo delle vie aeree (A) costituiscono la prima fase nella gestione del paziente traumatizzato, in quanto la loro compromissione può mettere a rischio la vita del paziente fino all'arresto cardiorespiratorio. La capacità del paziente di parlare e di rispondere

alle domande dell'operatore del soccorso costituiscono un segnale positivo di vie aeree non ostruite; al contrario, anomalie del timbro vocale, rumori respiratori patologici o respiro difficoltoso devono far pensare ad una possibile ostruzione. Anche i pazienti con ridotto livello di coscienza sono esposti ad un maggior rischio di ostruzione per la perdita dei riflessi protettivi. In tali pazienti può essere richiesta anche l'intubazione endotracheale, che rappresenta il metodo più appropriato per il controllo definitivo delle vie aeree. La somministrazione di ossigeno ad alto flusso con maschera e reservoir è indicata soprattutto nei pazienti con trauma maggiore. Durante tutta la fase A, è importante anche l'immobilizzazione del rachide cervicale, che deve essere mantenuta fino all'esclusione di lesioni mediante indagini diagnostiche più approfondite. (37)

La sola pervietà delle vie aeree non garantisce automaticamente una ventilazione efficace, motivo per cui è necessario passare a B, valutando la respirazione attraverso ispezione, palpazione e auscultazione. È necessario andare a rilevare eventuali asimmetrie nell'espansione toracica, movimenti paradossi, ferite toraciche aperte, deviazioni tracheali e rumori respiratori patologici. La saturazione deve essere monitorata attraverso pulsossimetria. (36)

Con la lettera C si prendono in considerazione la circolazione e il controllo dell'emorragia. Di solito, i problemi circolatori sono dovuti a sanguinamenti che possono essere esterni oppure occulti, ovvero localizzati nel torace, nell'addome o nel bacino. In tale fase è importante rilevare alcuni parametri clinici come stato di coscienza, perfusione cutanea e polso. Per ricercare la sede del sanguinamento interno, può essere utile l'esecuzione dell'ecografia FAST.

La lettera D riguarda la valutazione neurologica rapida che viene eseguita tramite la Glasgow Coma Scale, che permette di stimare la gravità del danno neurologico. In particolare, vengono analizzati l'apertura degli occhi, la risposta motoria e la risposta verbale. È importante ricordare che una riduzione del livello di coscienza può dipendere anche da lesioni cerebrali focali o diffuse, da stati di ipossia o ipotensione e dall'assunzione di alcol o farmaci.

Durante la fase E si ha l'esposizione completa del traumatizzato, che permette di identificare lesioni non immediatamente evidenti. È importante coprire successivamente il paziente per evitare l'ipotermia, che rappresenta una complicanza potenzialmente letale. (36,37)

1.7.1.4 Identificazione delle condizioni toraciche immediatamente letali

Esistono una serie di condizioni che possono compromettere rapidamente la dinamica respiratoria ed emodinamica e che devono essere identificate e trattate tempestivamente per evitare la morte improvvisa del paziente.

Nello pneumotorace iperteso si sviluppa un meccanismo a valvola unidirezionale per cui l'aria entra progressivamente nello spazio pleurico senza possibilità di fuoriuscita. Si ha un aumento improvviso della pressione intrapleurica, con collasso del polmone omolaterale e spostamento del mediastino controlaterale, che determina ridotto ritorno venoso, compressione del polmone sano e riduzione della gittata cardiaca, con sviluppo di shock. La diagnosi è clinica, con segni quali dolore toracico, tachipnea marcata, sensazione di fame d'aria, deviazione tracheale controlaterale e riduzione o assenza del murmure vescicolare omolaterale. Il trattamento precede la conferma radiologica e consiste in una decompressione mediante toracentesi con ago o toracotomia digitale, seguita dal posizionamento del drenaggio toracico.

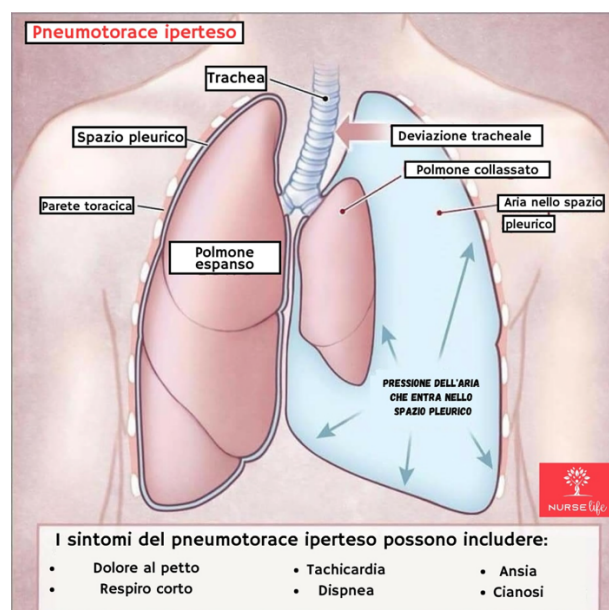


Figura 10: fisiopatologia dello pneumotorace iperteso

Lo pneumotorace aperto si viene a creare quando è presente un'ampia soluzione di continuo della parete toracica, che permette una comunicazione diretta tra ambiente esterno e spazio pleurico. La clinica si caratterizza per dispnea, tachipnea, riduzione del murmure vescicolare e passaggio rumoroso di aria attraverso la ferita. È necessario creare una medicazione occlusiva con meccanismo a valvola, che impedisca entrata di aria durante inspirazione e faciliti la fuoriuscita durante espirazione. Spesso viene inserito il drenaggio toracico, con successiva riparazione chirurgica della lesione.

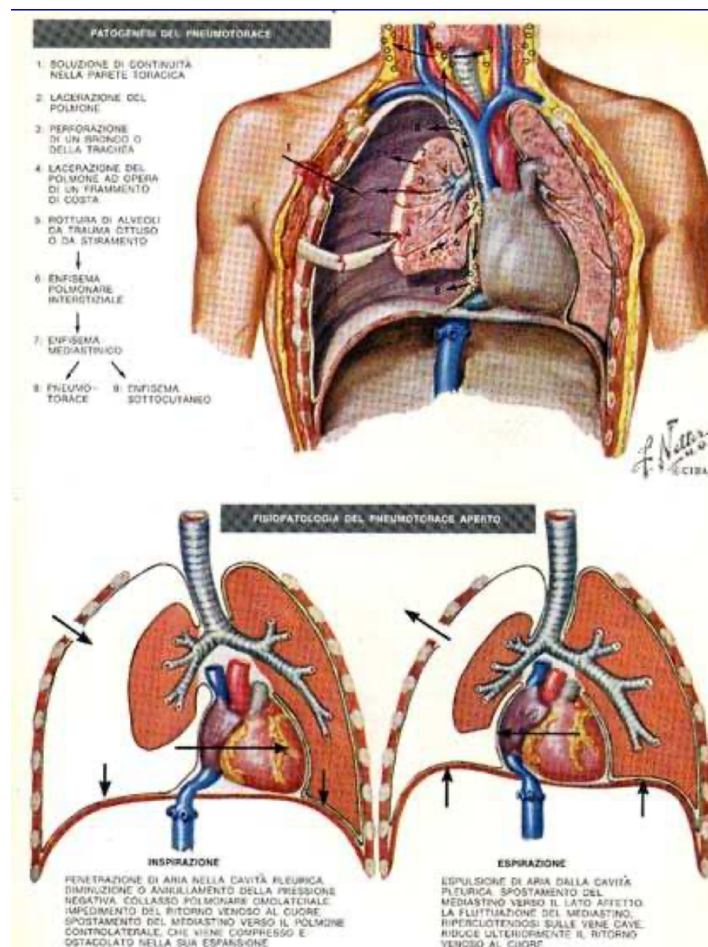


Figura 11: fisiopatologia dello pneumotorace aperto

L'emotorace massivo si definisce come rapida raccolta di sangue oltre 1500mL di sangue, oppure almeno un terzo della volemia, nella cavità pleurica. Ciò comporta una compressione del polmone, con compromissione respiratoria e una grande perdita di liquidi, con instabilità emodinamica. Come trattamento iniziale è importante somministrare cristalloidi, eseguire trasfusioni precoci e decomprimere la cavità pleurica mediante drenaggio toracico.

Nel tamponamento cardiaco, l'accumulo di sangue nel sacco pericardico determina un aumento della pressione intrapericardica e riduzione del riempimento ventricolare, con conseguente riduzione della gittata cardiaca. La clinica è spesso caratterizzata dalla triade di Beck, con ipotensione arteriosa, distensione delle vene giugulari e attenuazione dei toni cardiaci. Uno strumento molto utile nella diagnosi è rappresentato dall'ecografia FAST. A livello terapeutico, è necessario eseguire una decompressione mediante pericardiocentesi, toracotomia o sternotomia. (39)

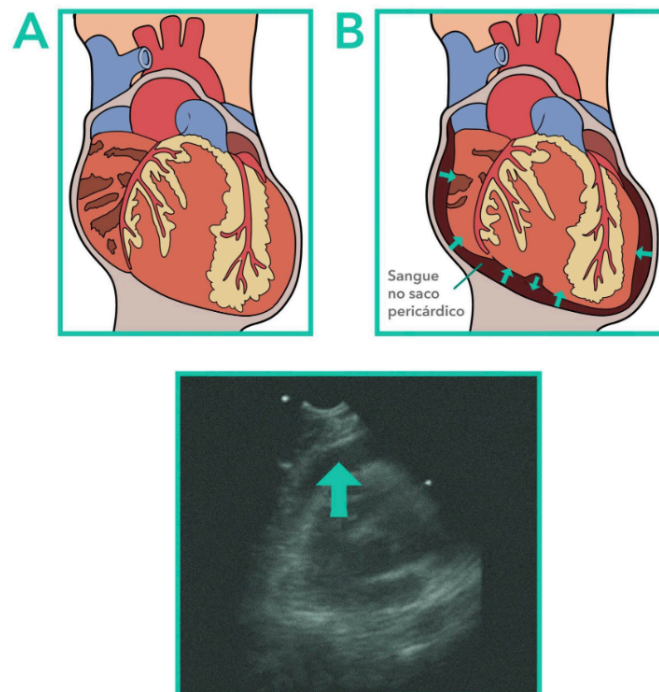


Figura 12: tamponamento cardiaco in E-FAST

1.7.1.5 Stabilizzazione pre-trasporto e Presidi di immobilizzazione

La stabilizzazione pre-trasporto del paziente traumatizzato è una fase fondamentale della gestione pre-ospedaliera, che precede il trasferimento verso il centro ospedaliero più appropriato. Nella maggior parte dei casi, il trasporto viene eseguito con l'ambulanza progettata, equipaggiata e dotata di personale adeguato. In alcuni contesti può essere disponibile anche il sistema di trasporto sanitario aereo, che riduce i tempi di trasferimento, facendo sì che ci sia un'aumentata sopravvivenza, soprattutto in caso di trauma maggiore in aree geograficamente isolate. (35)

Durante la fase di pre-trasporto e trasporto è fondamentale mantenere le funzioni vitali (pervietà delle vie aeree, valido respiro, buon supporto circolatorio) e prevenire i danni neurologici secondari. Possono essere messe in atto una serie di precauzioni spinali, che hanno l'obiettivo di ridurre il rischio di danno midollare nei pazienti con sospetta instabilità della colonna vertebrale ed evitare il peggioramento di lesioni neurologiche già presenti. (39,40)

In passato, lo standard di riferimento è stato considerato per lungo tempo l'immobilizzazione spinale completa mediante collare cervicale rigido e tavola spinale. Negli ultimi anni si sta adottando un approccio definito "*spinal motion restriction*", che prevede un'iniziale valutazione clinica e del meccanismo traumatico ed un'eventuale successiva limitazione selettiva dei movimenti spinali. Questo perché l'utilizzo routinario della tavola spinale non è supportato da prove definitive di efficacia nella prevenzione del danno neurologico secondario e può essere associato a complicanze significative. (40,41)

Il collare cervicale rigido rappresenta uno dei dispositivi più utilizzati per la stabilizzazione del rachide cervicale fin dagli anni Sessanta. È costituito da un materiale radiotrasparente ed è disponibile in diverse misure. La funzione principale è quella di mantenere il tratto cervicale della colonna vertebrale in posizione neutra, che è quella che consente la maggiore stabilità della colonna e il massimo spazio a disposizione per il midollo spinale. (42) Nonostante la limitazione dei movimenti di estensione, flessione e rotazione cervicale, rimangono limitate le evidenze a supporto di un miglioramento degli esiti neurologici. Inoltre, sono possibili anche alcuni effetti avversi, tra cui aumento della pressione intracranica, disfagia e difficoltà respiratorie. Per tale motivo, è importante valutare un bilanciamento tra rischi e benefici nell'utilizzo di tale dispositivo. (43)



Figura 13: collare cervicale rigido

La tavola spinale viene utilizzata insieme al collare cervicale e ai sistemi di fissaggio laterali per l'immobilizzazione completa della colonna vertebrale. Risulta essere particolarmente utile nelle manovre di estricazione, mentre il suo impiego durante il trasporto deve essere limitato ai casi in cui i potenziali benefici superino i rischi associati. Infatti, il suo utilizzo prolungato può determinare alcune conseguenze negative, come dolore, agitazione del traumatizzato, compromissione respiratoria e riduzione della perfusione tissutale nei punti di pressione, con sviluppo di lesioni cutanee. (40,41)



Figura 14: tavola spinale

Un dispositivo alternativo alla tavola spinale può essere il materassino a depressione. Si tratta di un presidio formato da una struttura flessibile contenente microgranuli di polistirene,

che può essere modellata attorno alla superficie posteriore e laterale del paziente, andando a seguire la sua conformazione anatomica; una volta modellato sul paziente, viene aspirata l'aria contenuta al suo interno, il che fa sì che i granuli si compattino, determinando l'irrigidimento del dispositivo e un efficace stabilizzazione del paziente. Alcuni studi sottolineano come il materassino a depressione sia meno doloroso, più efficace nel supportare le fisiologiche lordosi cervicale e lombare della colonna vertebrale e nel ridurre i movimenti durante le manovre eseguite nelle fasi iniziali della gestione del paziente. (44)



Figura 15: materassino a depressione

Altri due dispositivi utili nella fase pre-ospedaliera sono la barella cucchiaio e la barella scoop, che presentano caratteristiche strutturali simili, ma funzioni differenti. La barella cucchiaio non è radiotrasparente ed è utile esclusivamente per sollevare il paziente dal piano in cui è posizionato e trasferirlo poi su un presidio di immobilizzazione e trasporto definitivo. Al contrario, la barella scoop è radiotrasparente e progettata per consentire non solo la movimentazione del paziente, ma anche una parziale restrizione dei movimenti della colonna vertebrale. (34,42)



Figura 16: barella cucchiaio



Figura 17: barella scoop

In corso di incidenti automobilistici può risultare utile il dispositivo di estricazione Kendrick, soprattutto quando il paziente rimane intrappolato in posizione seduta all'interno del veicolo. Si tratta di un dispositivo semirigido progettato per essere fissato al torace, al bacino e al capo, con l'obiettivo di ridurre i movimenti del rachide durante le manovre di estricazione e trasferimento. (45)



Figura 18: dispositivo Kendrick

1.7.2 Gestione ospedaliera

La gestione ospedaliera del paziente con trauma toracico si basa su un approccio sistematico e multidisciplinare, finalizzato all'identificazione delle lesioni potenzialmente letali, alla stabilizzazione delle funzioni vitali e alla prevenzione delle complicanze respiratorie e sistemiche. In fase iniziale, tra gli obiettivi più importanti rientrano la protezione del parenchima polmonare, un'adeguata ventilazione e ossigenazione e la riduzione delle complicanze secondarie, come le infezioni. (38)

Le linee guida della World Society of Emergency Surgery (WSES) sottolineano l'importanza di una valutazione sistematica e dinamica del paziente, che integri l'esame clinico con metodiche di imaging, quali E-FAST e radiografia del torace nei pazienti instabili e tomografia computerizzata con mezzo di contrasto nei pazienti emodinamicamente stabili. Tutto questo ha l'obiettivo di identificare precocemente le lesioni pleuro-polmonari, mediastiniche e della parete toracica che richiedono trattamento urgente o monitoraggio intensivo. (8)

1.7.2.1 Esame clinico e monitoraggio dei Parametri Vitali

All'arrivo in ospedale, l'approccio clinico al traumatizzato segue lo schema ABCDE dell'ATLS, ma i diversi elementi della valutazione clinica vengono eseguiti

contemporaneamente da membri differenti del *trauma team*: di solito l'anestesista si occupa di A, ovvero della valutazione e gestione delle vie aeree; un altro clinico si occupa di BCDE; altri operatori applicano il monitoraggio di saturazione, ECG e pressione arteriosa non invasiva. È importante anche ottenere un accesso venoso ed eseguire i prelievi ematici. (38)

Dopo aver stabilizzato il paziente dal punto di vista emodinamico e completato la valutazione primaria secondo il modello ABCDE, è necessario passare alla valutazione secondaria, che ha come principale obiettivo quello di identificare tutte le lesioni traumatiche. Tale fase comprende un'anamnesi completa del paziente, la descrizione del meccanismo traumatico, l'esame obiettivo completo testa-piedi e tutti gli altri esami laboratoristici o strumentali necessari.

Per l'anamnesi può essere utilizzato come strumenti l'acronimo AMPLE: A si riferisce alle allergie farmacologiche, M a tutte le medicazioni assunte dal paziente, P indaga la "*past medical history*", L riguarda l'ultimo pasto assunto ed E fa riferimento agli eventi che hanno determinato le lesioni traumatiche.

Successivamente, è importante l'esecuzione dell'esame obiettivo toracico, in cui è necessario ispezionare eventuali deformità, contusioni o movimenti paradossi del torace, palpare eventuali crepitii e auscultare i suoni cardiaci e polmonari.

Dall'arrivo del paziente devono essere continuamente monitorati alcuni parametri vitali, tra cui rientrano la pressione arteriosa, la frequenza cardiaca, la frequenza respiratoria e la saturazione dell'ossigeno. (46)

1.7.2.2 Emogasanalisi Arteriosa

L'emogasanalisi arteriosa è uno strumento diagnostico largamente utilizzato nella valutazione del paziente critico, poiché permette di analizzare le pressioni parziali dei gas ematici e l'equilibrio acido-base. Una sua corretta interpretazione consente di riconoscere alterazioni respiratorie, circolatorie e metaboliche. Nel paziente con trauma toracico riveste una particolare importanza per documentare precocemente il grado di compromissione respiratoria e per identificare i segni indiretti di ipoperfusione periferica. È importante ricordare che il campione EGA deve essere costituito da sangue arterioso intero, prelevato

mediante puntura arteriosa o tramite catetere arterioso in condizioni anaerobiche, e analizzato il più rapidamente possibile

I parametri più importanti da prendere in considerazione sono: pO_2 , pCO_2 , P/F ratio, pH, bicarbonati, eccesso di basi e lattati. (47)

La pO_2 fornisce informazioni sullo stato di ossigenazione del paziente e valori inferiori a 60 mmHg riflettono uno stato di insufficienza respiratoria. Il trauma toracico può determinare insufficienza respiratoria di tipo I (ipossiémica e normocapnica/ipocapnica) quando si presenta con emotorace, pneumotorace, versamento pleurico e contusioni polmonari, che alterano il mismatch ventilazione/perfusione. In caso di dolore toracico acuto, con riduzione del movimento toracico e ipoventilazione si può evolvere verso una forma di insufficienza respiratoria di tipo II (ipossiémica e ipercapnica). (47,48)

La pCO_2 rappresenta un indice della ventilazione alveolare e valori superiori a 45-50 mmHg indicano uno stato di ipercapnia.

Il P/F ratio indica il rapporto tra la pressione parziale di ossigeno nel sangue arterioso e la frazione inspirata di ossigeno; in un adulto sano che respira in aria ambiente, è pari a 400. È un parametro molto utilizzato per stimare la gravità dell'alterazione dello scambio gassoso: un valore inferiore a 200-250 indica un significativo deterioramento della funzione respiratoria e la necessità di supporto ventilatorio. (49)

Il valore del pH, integrato con pCO_2 , bicarbonati ed eccesso di basi permette di identificare eventuali alterazioni dell'equilibrio acido-base di origine respiratoria o metabolica. (47)

Valori alterati di lattati ed eccesso di basi, al momento dell'ammissione in ospedale, sono associati ad un aumento della mortalità nei pazienti con trauma maggiore. In particolare, essi predicono un fabbisogno trasfusionale precoce, un aumento della durata della degenza e un maggiore consumo delle risorse ospedaliere. (50) Inoltre, i lattati sono utili perché riflettono il grado di ipoperfusione tissutale, di metabolismo anaerobio e la severità dello shock. (47)

1.7.2.3 Radiografia del torace

La radiografia del torace rappresenta un esame disponibile nella maggior parte dei contesti ospedalieri, rapido, facilmente eseguibile ed economico. Si tratta di un'indagine fortemente raccomandata nei pazienti con trauma maggiore, in particolare quando c'è coinvolgimento toracico. (8)

Permette di identificare rapidamente diverse condizioni associate al trauma toracico: lo pneumotorace, durante il quale è possibile visualizzare la linea pleurica viscerale associata all'assenza di segni vascolari periferici; l'emotorace massivo che si manifesta sottoforma di opacità pleurica; le fratture costali dislocate e le eventuali complicanze ad esse associate (18).

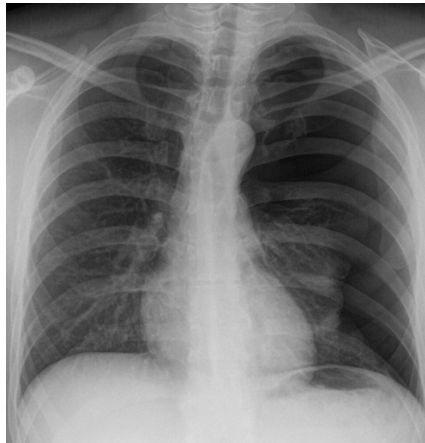


Figura 19: rappresentazione PNX in RX

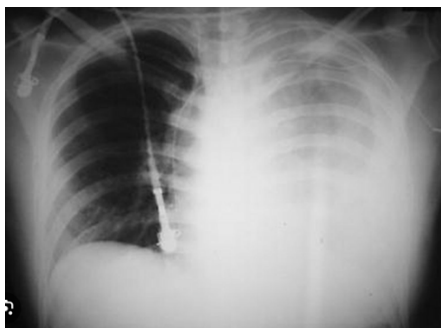


Figura 20: rappresentazione emotorace in RX

Viene largamente utilizzata nella fase iniziale di valutazione in pronto soccorso, ma non consente una valutazione completa dell'entità del danno toracico, in quanto ha una sensibilità limitata nel rilevare le lesioni toraciche traumatiche (58,3%). (38) Tale limite è ulteriormente accentuato dal fatto che nei pazienti traumatizzati, la radiografia del torace viene frequentemente eseguita in proiezione antero-posteriore con paziente supino e posizionato sulla tavola spinale, condizione che riduce la sensibilità diagnostica soprattutto per piccoli pneumotoraci ed emotoraci. (18) Non vengono rilevate circa il 50% delle fratture costali, può non essere evidenziata l'aria pleurica in oltre la metà dei casi di pneumotorace e anche per l'emotorace la sensibilità risulta essere limitata, in quanto sono necessari grossi volumi di sangue per renderlo visibile. (14)

1.7.2.4 Tomografia Computerizzata

La Tomografia Computerizzata rappresenta l'indagine successiva di prima scelta nel momento in cui siano necessari ulteriori approfondimenti diagnostici. Se eseguita con mezzo di contrasto, permette una valutazione delle lesioni vascolari toraciche sia nei traumi chiusi che in quelli penetranti. (18) Consente di indentificare lesioni toraciche non rilevate alla radiografia nel 71% dei pazienti e, nel 37,5% dei casi, tali lesioni richiedono un intervento salvavita. (8)

Risulta utile anche nell'approfondimento di diverse condizioni associate all'evento traumatico: in corso di pneumotorace è più sensibile rispetto alla radiografia standard e permette di fare diagnosi differenziale con alcune patologie polmonari pre-esistenti, come enfisema bolloso e malattie cistiche, prima di posizionare il drenaggio toracico; in presenza di emotorace, la TC permette la distinzione tra sangue e liquido semplice, l'identificazione della sede di lesione vascolare, la valutazione dell'eventuale spostamento del mediastino controlaterale e l'identificazione di atelettasia compressiva polmonare; per le fratture costali, la TC risulta sensibile nel rilevare anche quelle più sottili non visibili alla radiografia. Tale indagine diagnostica può mostrare anche segni indiretti di rottura miocardica, come l'emopericardio e la discontinuità della parete ventricolare. Possono essere visibili anche le contusioni polmonare sotto forma di consolidamenti non segmentari, opacità nodulari o aeree a vetro smerigliato. (18)

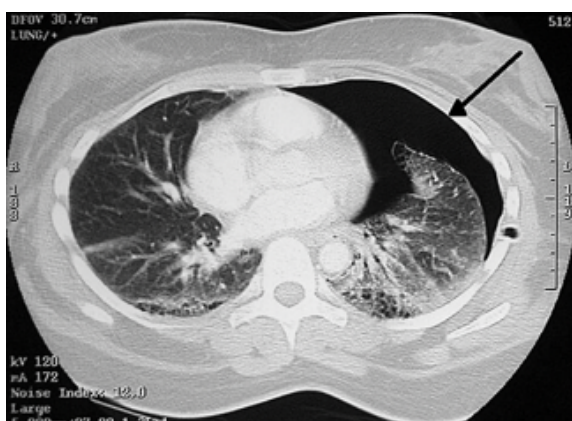


Figura 21: rappresentazione di PNX in TAC



Figura 22: rappresentazione di emotorace in TAC

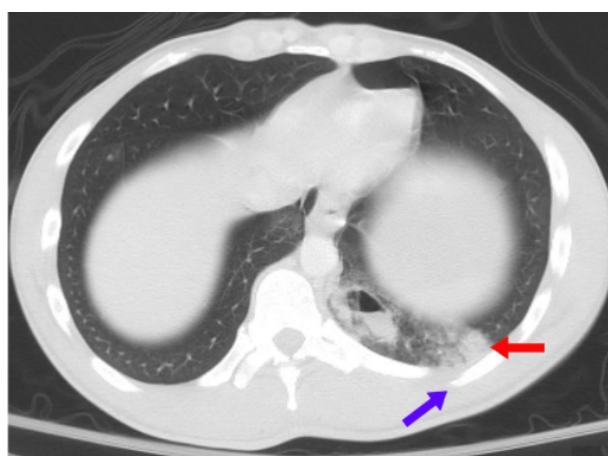


Figura 23: contusione polmonare in TAC

Nel paziente politraumatizzato può essere valida l'esecuzione della TC total-body durante la fase iniziale di gestione: diversi studi sottolineano come tale metodica sia superiore nell'aumentare la probabilità di sopravvivenza rispetto all'utilizzo di protocolli diagnostici selettivi per distretto anatomico. (51)

1.7.2.5 E-FAST

L'esame ecografico E-FAST (*Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma*) rappresenta uno strumento bedside rapido ed efficace. (8)

Si tratta di un'evoluzione dell'esame FAST: a differenza di quest'ultimo, che ha l'obiettivo di diagnosticare emopericardio ed emoperitoneo, l'E-FAST ha la finalità di identificare emotorace e pneumotorace. Il FAST include le tradizionali quattro finestre (quadrante addominale superiore destro, quadrante addominale superiore sinistro, pelvi e finestra cardiaca), mentre l'E-FAST aggiunge le finestre toraciche. (52) Si tratta di un esame che è stato progettato unicamente per valutare la presenza/assenza di sanguinamento, e non per quantificare la sua entità o valutare le lesioni d'organo. (53)

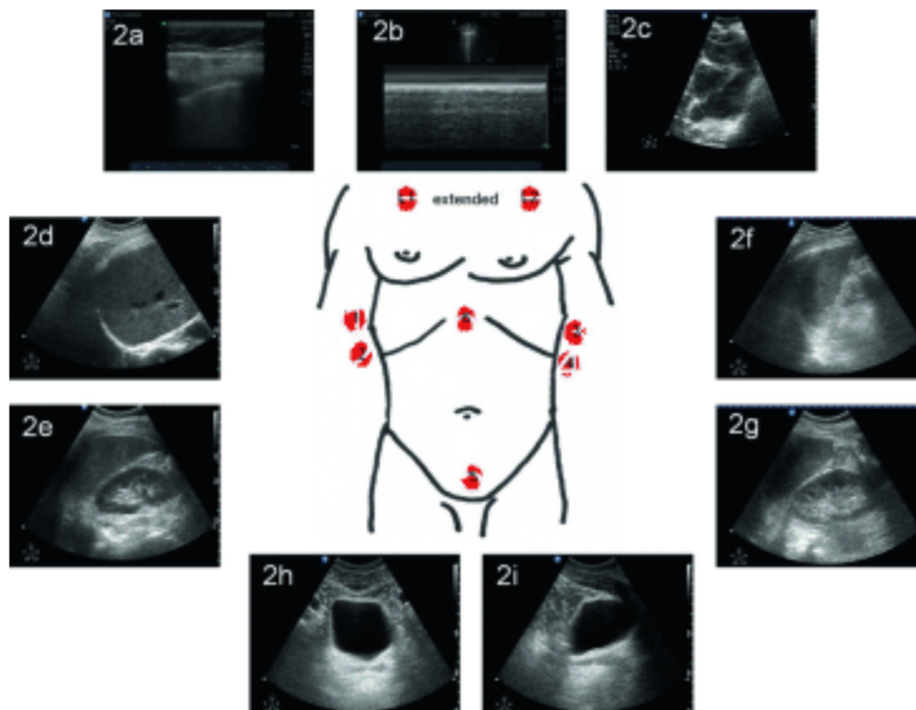


Figura 24: E-FAST

Viene eseguito al letto del paziente in 3-4 minuti e ha il vantaggio di essere un esame ripetibile nel tempo, poco invasivo per il mancato utilizzo di radiazioni ionizzanti e poco pericoloso, in quanto evita i rischi legati al trasporto del paziente. Ha una sensibilità del 78,9% e una specificità del 99,2%. Presenta gli svantaggi di avere un'accuratezza dipendente dall'esperienza dell'operatore e di non poter escludere piccoli sanguinamenti intraddominali. Per tali motivi, una FAST negativa non è conclusiva e richiede eventuale TC

Il *National Institute for Health and Care Excellence* (NICE) raccomanda l'utilizzo del FAST nei pazienti emodinamicamente instabili e non responsivi alla rianimazione con fluidi. Non deve essere utilizzato come test di screening per decidere l'esecuzione della TC nei pazienti con trauma maggiore. (52)

1.7.2.6 Ecografia polmonare e LUS Score

Nei pazienti traumatizzati che non richiedono immediatamente interventi invasivi, l'esame ecografico polmonare viene effettuato durante la valutazione iniziale come estensione dell'esame FAST standard. Spesso la valutazione viene eseguita in due tempi: in primo luogo, vengono esaminate le regioni posterolaterali per la ricerca di versamento ematico significativo (emotorace); in secondo luogo, si procede alla valutazione delle regioni toraciche anteriori per la ricerca di pneumotorace. (53,54)

Si tratta di un esame che presenta diversi vantaggi rispetto alla radiografia toracica: è eseguibile al letto del paziente, è ripetibile, poco invasivo per l'assenza di radiazioni, ha una maggiore sensibilità rispetto alla radiografia supina nella diagnosi di pneumotorace e può essere utilizzata anche in ambiente pre-ospedaliero. (54)

Gli svantaggi della tecnica sono rappresentati dall'incapacità distinguere il sangue da liquido non ematico o dalla presenza di alcune condizioni che non permettono di rilevare il sanguinamento, come enfisema dei tessuti molli superficiali ed obesità. (53)

I parametri che vengono valutati sono la presenza di *sliding* pleurico, ovvero del movimento respiratorio tra la pleura viscerale e parietale, e la presenza di artefatti *comet-tail*, che sono artefatti iperecogeni che originano dalla pleura e indicano la normale apposizione delle superfici pleuriche. In corso di pneumotorace, tali due reperti non sono visibili. Per

confermare la diagnosi di pneumotorace, è necessario dimostrare il cosiddetto “*lung point*”, cioè l’esatto punto di transizione tra *sliding* polmonare presente e assente, identificando così dove inizia lo pneumotorace. (53,54)

Un altro reperto da ricercare sono le cosiddette *B-lines*, ovvero artefatti verticali iperecogeni che originano dalla linea pleurica e si muovono in maniera sincrona con lo *sliding* pleurico. La presenza di multiple *B-lines* rappresenta il segno ecografico di sindrome interstiziale polmonare. Nel contesto del trauma toracico, questo è rilevante perché la contusione polmonare può presentarsi con un pattern interstiziale focale all’ecografia.

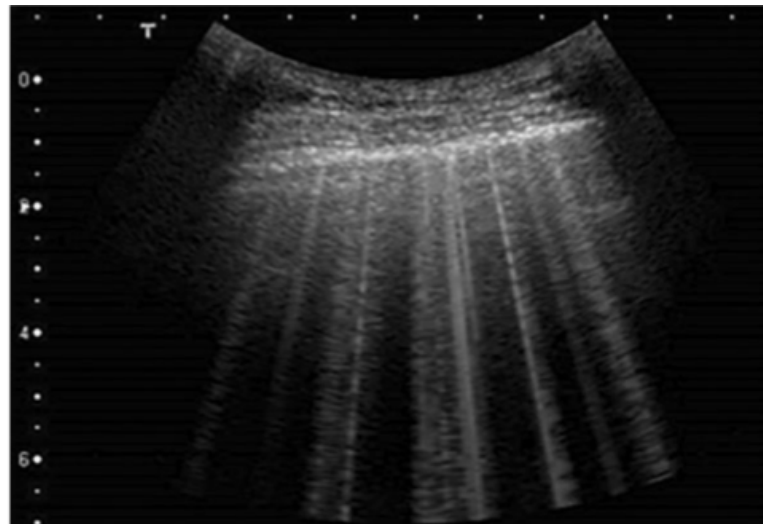


Figura 25: sindrome interstiziale polmonare

Sempre in corso di trauma, è possibile riscontrare dei consolidamenti polmonari, che possono presentarsi sotto forma di regione subpleurica ipoecogena o con ecostruttura simile a quella dei tessuti solidi. Ci possono essere anche dei segni ecografici aggiuntivi, come la presenza di broncogrammi aerei o fluidi, un pattern vascolare all'interno del consolidamento, l'aspetto dei margini profondi del consolidamento e la presenza di artefatti di riverberazione *comet-tail* al margine profondo.

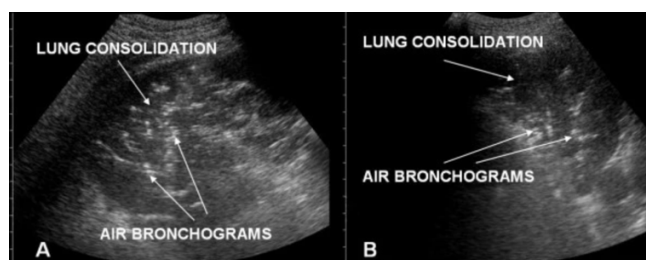


Figura 26: consolidazione polmonare con broncogramma aereo

L'ecografia polmonare permette di riscontrare anche il versamento pleurico, che si caratterizza per due segni caratteristici: la presenza di uno spazio, di solito anecogeno tra pleura parietale e viscerale, e il *sinusoid sign*, ovvero il movimento del polmone dentro in versamento. Se sono presenti degli echi interni, questo indica la presenza di essudato o emotorace, anche se alcuni essudati possono apparire anecogeni. (55)



Figura 27: versamento pleurico in ecografia polmonare

Oltre alla valutazione qualitativa dei reperti ecografici, l'ecografia polmonare consente anche una valutazione semiquantitativa del grado di areazione polmonare attraverso l'utilizzo del *Lung Ultrasound Score* (LUS score). Tale score suddivide il torace in dodici regioni (sei per ciascun emitorace), attribuisce un punteggio ad ogni regione e somma tali punteggi per ottenere uno score globale. In particolare, tale sistema valuta la perdita di areazione in base all'estensione con cui gli artefatti *B-line* occupano la pleura:

- Score 0: presenza di linee A e di massimo 2 linee B, areazione normale
- Score 1: presenza di B-line che occupano <50% della pleura, perdita moderata di areazione
- Score 2: presenza di B-line che occupano >50% della pleura, perdita severa di areazione
- Score 3: pattern tissutale, perdita completa di areazione

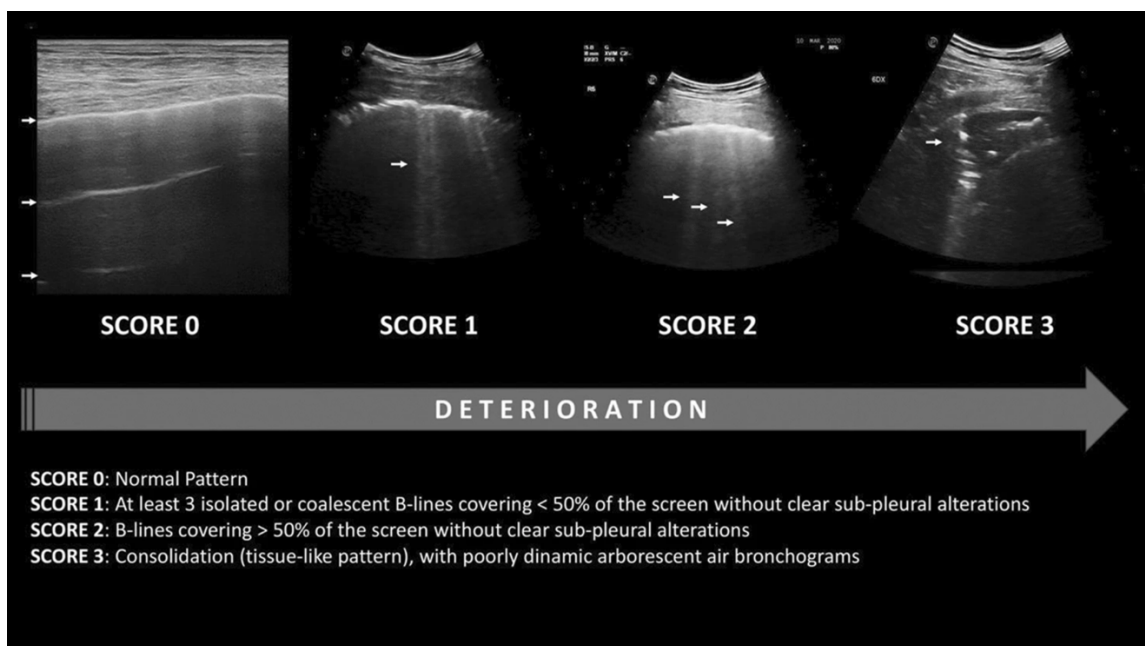


Figura 28: LUS Score

Il LUS score trova applicazione in diverse patologie polmonari: prima fra tutte l'ARDS, in cui lo score permette di valutare la progressione da normale areazione, aumento e confluenza delle linee B, comparsa di irregolarità pleuriche e consolidamenti subpleurici, fino alla deaerazione completa. In tale contesto, lo score risulta utile anche per il monitoraggio clinico e terapeutico, in quanto identifica precocemente l'aumento dell'acqua polmonare extravascolare e la reaerazione post-trattamento. Un secondo campo di applicazione è rappresentato dalle condizioni che determinano congestione polmonare, come l'edema polmonare cardiogeno, dove lo score permette di stimare il grado di imbibizione interstiziale e di monitorare la risposta alla terapia. Lo score è stato utilizzato anche in corso di pandemia

da COVID-19, sia a scopo diagnostico che prognostico: punteggi elevati sono stati associati a maggiore estensione del coinvolgimento polmonare e maggiore rischio di intubazione con ricovero in terapia intensiva. Anche nel paziente in ventilazione meccanica, la rivalutazione seriata del punteggio consente di documentare la progressiva reaerazione polmonare durante il trattamento antibiotico di polmonite associata al ventilatore (VAP). In ambito neonatologico, il LUS score è stato validato nella *Respiratory Distress Syndrome* (RDS) del neonato pretermine, dove correla con la gravità del coinvolgimento polmonare e con la necessità di somministrazione di surfattante esogeno, offrendo un criterio decisionale privo di radiazioni ionizzanti e di facile ripetibilità. (56) Nel trauma toracico il LUS score non è ancora stato standardizzato, ma ci sono alcuni studi che sottolineano valori elevati all'ingresso possono quantificare l'estensione della contusione polmonare con un'accuratezza comparabile alla tomografia computerizzata e identificare precocemente i pazienti ad alto rischio di sviluppare ARDS dopo trauma toracico chiuso. (57,58)

1.8 TRATTAMENTO

Il trauma toracico richiede un approccio multidisciplinare e strutturato all'interno dei sistemi di emergenza-urgenza, dal momento che colpisce una sede anatomica al cui interno sono presenti diversi sistemi d'organo. (8)

Il riconoscimento precoce delle lesioni mediante adeguati strumenti diagnostici e l'avvio tempestivo del trattamento già nelle fasi iniziali della gestione in Pronto Soccorso, rappresentano elementi determinanti per migliorare la prognosi del paziente traumatizzato. (10)

La gestione iniziale ha come obiettivo la stabilizzazione delle condizioni respiratorie ed emodinamiche del paziente, modulando successivamente le strategie terapeutiche in base alla stabilità clinica e alle caratteristiche delle lesioni. (8,10)

Le principali strategie terapeutiche comprendono misure di supporto respiratorio, procedure di drenaggio pleurico, interventi chirurgici d'urgenza e tecniche di radiologia interventistica. (8)

1.8.1 Ossigenoterapia e ventilazione

Il supporto respiratorio rappresenta un elemento cardine nella gestione del trauma toracico, dal momento che le lesioni polmonari traumatiche possono compromettere l'ossigenazione e la ventilazione determinando la necessità di una rapida stabilizzazione respiratoria. (8) Gli obiettivi principali consistono nel garantire una corretta ossigenazione e ventilazione, riducendo il lavoro della muscolatura respiratoria e prevenendo il peggioramento del danno polmonare secondario. (59) La scelta e il monitoraggio del supporto respiratorio devono tenere conto dei segni di distress respiratorio, del pattern ventilatorio, dello sforzo inspiratorio e del rischio di ritardare l'intubazione. (59,60)

Le principali modalità di supporto respiratorio comprendono l'ossigenoterapia convenzionale, i sistemi a FiO₂ controllata, l'ossigenoterapia ad alto flusso, la ventilazione non invasiva (NIV) e la ventilazione invasiva. Nel paziente traumatizzato cosciente, ipossimico e che non necessita di immobilizzazione, quando le condizioni lo consentano, è inoltre raccomandato il mantenimento della posizione più eretta possibile, poiché la posizione supina può peggiorare l'ossigenazione. (61) Dopo aver impostato la terapia il paziente deve essere sottoposto a monitoraggio clinico e respiratorio continuo, con rivalutazione della saturazione, in modo tale da riconoscere tempestivamente il fallimento del supporto in atto e l'eventuale necessità di modificazione terapeutica. (59)

L'ossigenoterapia convenzionale è indicata nei pazienti emodinamicamente stabili che presentano ipossiemia lieve o moderata e in assenza di un quadro di distress respiratorio franco o di insufficienza respiratoria. Nel contesto del paziente traumatizzato, è spesso il primo approccio in corso di trauma minore, a volte anche in ambito pre-ospedaliero. Deve essere considerata come trattamento dell'ipossiemia e non della sola dispnea e deve avere un preciso range target di saturazione: nei pazienti non a rischio di insufficienza respiratoria ipercapnica il target si attesta tra il 94% e il 98%; nei pazienti con fattori di rischio per ritenzione di CO₂, quali i pazienti BPCO, il range raccomandato è tra l'88% e il 92%. Può essere somministrata attraverso diversi dispositivi come cannule nasali, maschere faciali semplici o maschera con reservoir. Nei pazienti critici con saturazione marcatamente ridotta, soprattutto in corso di trauma maggiore, le linee guida raccomandano l'impiego iniziale di una maschera con reservoir a 15 L/min. La Maschera di Venturi è indicata quando è

necessario somministrare una FiO₂ più controllata, soprattutto in caso di rischio di ipercapnia.

L'ossigenoterapia ad alto flusso tramite cannule nasali (*High Flow Nasal Cannula*, HFNC) dovrebbe essere considerata una possibile alternativa superiore alla maschera con reservoir nei pazienti con insufficienza respiratoria acuta senza ipercapnia (61). Si tratta di una tecnica che fornisce aria e ossigeno riscaldati ed umidificati a flussi elevati (fino 60 l/min), con una FiO₂ regolabile tra il 21% e il 100%. (62)

La ventilazione non invasiva (NIV) consiste nella somministrazione di ventilazione meccanica mediante tecniche che non richiedono una via aerea endotracheale invasiva. Può essere impostata in due modalità: la CPAP (*Continuous Positive Airway Pressure*), in cui il ventilatore eroga una pressione positiva costante durante tutto il ciclo respiratorio; la BiPAP (*Bilevel Positive Airway Pressure*), che fornisce due diversi livelli di pressione positiva: durante l'inspirazione il ventilatore eroga la IPAP, valore pressorio dato dalla somma di una PEEP e di una PS (pressure support); durante l'espirazione fornisce esclusivamente la EPAP, che numericamente corrisponde alla PEEP. (63) Tale modalità di ventilazione è indicata nei pazienti vigili, collaboranti, emodinamicamente stabili, in grado di proteggere le vie aeree e con insufficienza respiratoria ipossiémica o ipercapnica lieve o moderata. (64) L'effetto della NIV è legato alla sua capacità di ridurre il drive respiratorio attraverso diversi meccanismi: in primis la riduzione del lavoro dei muscoli respiratori attraverso un minor sforzo inspiratorio con ridotta produzione di CO₂; in secondo luogo, l'incremento della PEEP (pressione positiva di fine espirazione) che prevenendo il collasso alveolare, migliora l'ossigenazione e la meccanica polmonare. (60) Può essere utilizzata sia per correggere la compromissione respiratoria associata al trauma sia come ponte verso la ventilazione meccanica, ma devono essere assenti alcune controindicazioni, come il rischio di aspirazione o traumi facciali. Inoltre, è importante ricordare che la NIV non deve mai ritardare il ricorso alla ventilazione meccanica invasiva quando sono presenti un peggioramento della funzione respiratoria o un deterioramento emogasanalitico. (38)

La ventilazione meccanica invasiva rappresenta il trattamento di scelta nei pazienti con trauma toracico grave e insufficienza respiratoria severa, soprattutto nei casi di importante compromissione degli scambi gassosi, necessità di proteggere le vie aeree, alterazione dello

stato di coscienza, instabilità emodinamica o fallimento delle tecniche non invasive. Può essere necessaria sia nei pazienti con severa alterazione della barriera alveolo-capillare, come accade nei pazienti con estesa contusione polmonare, sia nei pazienti con grave alterazione della meccanica respiratoria, come si verifica nel volet costale. È importante impostare la ventilazione secondo i principi della ventilazione protettiva, ovvero limitare la pressione di plateau sotto i 30 cm H₂O e utilizzare bassi volumi correnti, inferiori a 6 mL/kg di peso corporeo predetto. Tutto ciò per evitare il rischio di barotrauma, volutrauma e danno polmonare indotto dalla ventilazione meccanica. Nel paziente con trauma toracico nessuna forma di ventilazione si è dimostrata chiaramente superiore alle altre: si possono utilizzare sia forme a pressione controllata, sia forme a volume controllato ed è importante impostare una corretta PEEP, che consenta una strategia di “polmone aperto”, prevenendo il collasso polmonare e migliorando la compliance. (38)

La gestione del supporto respiratorio va oltre la semplice scelta del presidio ventilatorio e modalità ventilatoria: un ruolo centrale è svolto anche dalla fisioterapia respiratoria, dal supporto nutrizionale e dal bilancio idrico. In particolare, nei pazienti con danno polmonare acuto o ARDS post-traumatica, una strategia restrittiva nella somministrazione di fluidi ha mostrato benefici in termini di ossigenazione e riduzione della dipendenza dal ventilatore. Nei casi più gravi, refrattari alle terapie convenzionali, l'ECMO costituisce un'opzione salvavita, utilizzabile solo in centri altamente specializzati e condizionata dalle difficoltà legate alla necessità di anticoagulazione sistemica in pazienti politraumatizzati già a rischio emorragico. (38)

1.8.2 Drenaggio Toracico

Il drenaggio toracico rappresenta una delle procedure fondamentali nella gestione del trauma toracico poiché consente il trattamento delle principali lesioni pleuriche traumatiche, come pneumotorace ed emotorace. (8)

L'obiettivo principale del drenaggio toracico è quello di evacuare aria o sangue dalla cavità pleurica, in modo tale da ristabilire la fisiologica pressione intratoracica negativa e favorire la riespansione polmonare. I drenaggi vengono distinti in base al loro calibro, ovvero si definiscono di piccolo calibro se <20 French, di grosso calibro se >20 French. La sede più

tipica di posizionamento del tubo è rappresentata dal “triangolo di sicurezza”, delimitato dal margine del muscolo grande dorsale, dal muscolo grande pettorale, dalla base dell’ascella e da una linea orizzontale a livello del capezzolo o del solco sottomammario, al livello o al di sopra del quinto spazio intercostale.

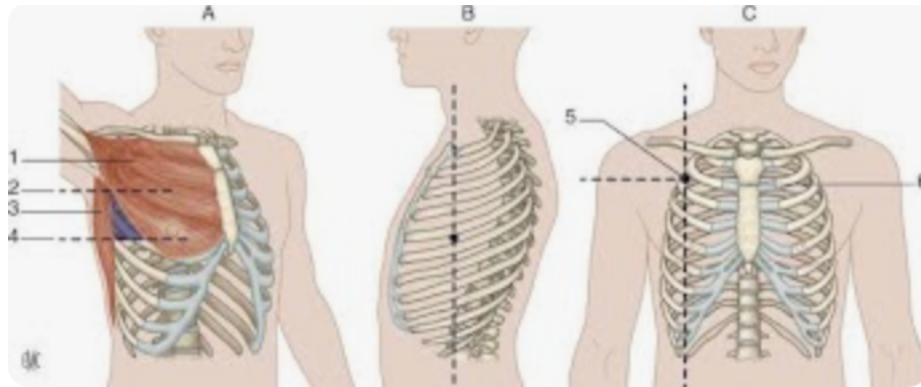


Figura 29: triangolo di sicurezza

Dal punto di vista tecnico, il drenaggio può essere posizionato con tecnica dissectiva, con tecnica di Seldinger oppure, più raramente, mediante trocar. Indipendentemente dalla tecnica scelta, è fondamentale avanzare il tubo lungo il margine superiore della costa, evitando così il fascio vascolo-nervoso intercostale, che decorre sul versante inferiore della costa soprastante e che rappresenta una fonte potenziale di sanguinamento iatrogeno. Nei casi più complessi, l'ecografia bedside si rivela uno strumento prezioso poiché consente di localizzare con precisione la raccolta e di identificare le strutture adiacenti prima dell'inserzione, riducendo il margine di errore e aumentando la sicurezza della procedura. (65)

L'indicazione al drenaggio dipende dalla clinica del paziente, ovvero dall'entità della compromissione respiratoria e dalle condizioni emodinamiche, e dal tipo di raccolta pleurica. In caso di piccolo pneumotorace (< 2cm) e paziente stabile, il trattamento può essere conservativo con osservazione clinico-radiologica per almeno 24 ore. Allo stesso modo, un piccolo emotorace (<300ml) può essere gestito in fase iniziale senza il posizionamento di un drenaggio, purché il paziente sia sottoposto ad attento monitoraggio e rimanga stabile. In corso di pneumotorace traumatico è obbligatorio il posizionamento di drenaggio toracico in presenza di ventilazione a pressione positiva, compromissione respiratoria o instabilità

emodinamica. Per quanto riguarda la tecnica di inserzione, la sede laterale tra il quarto e il sesto spazio intercostale sulla linea ascellare anteriore o media, è quella raccomandata dalle linee guida come approccio di riferimento. Nello pneumotorace piccolo e isolato, il catetere pigtail rappresenta un'alternativa percorribile alla tradizionale procedura di drenaggio. In fase pre-ospedaliera o in condizioni di emergenza, la decompressione con ago al secondo spazio intercostale sulla linea emiclaveare, o, in alternativa, al quinto sulla linea ascellare media, rimane una manovra praticabile e rapida. (8)

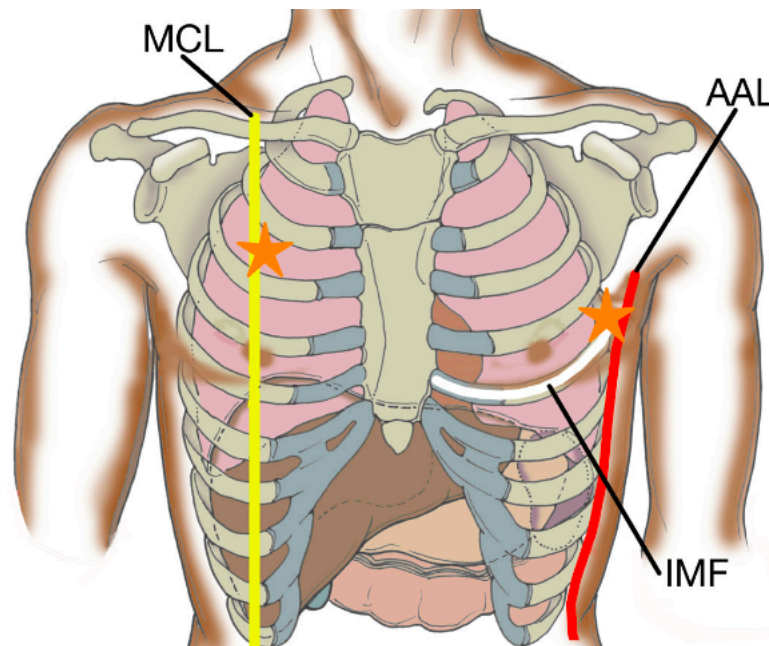


Figura 30: toracentesi decompressiva in urgenza

Nel caso dell'emotorace, le indicazioni al drenaggio tengono conto delle condizioni emodinamiche del paziente: nei soggetti stabili, la soglia è fissata a 500 mL, mentre nel paziente instabile il drenaggio è indicato a prescindere dall'entità della raccolta. Risulta importante anche la scelta del calibro del tubo: in genere sono raccomandati i drenaggi di grosso calibro, tra 28 e 40 Fr, poiché i tubi più sottili, nonostante siano meglio tollerati dal paziente, tendono a lasciare sangue residuo in cavità, creando le condizioni per lo sviluppo di un empiema. (8)

1.8.3 Toracotomia e VATS

La toracotomia costituisce una procedura chirurgica fondamentale nella gestione del trauma toracico severo, nonostante la maggior parte dei pazienti venga trattata attraverso il posizionamento di un drenaggio toracico e solo il 10-15% richiede un'indicazione chirurgica definitiva. Il timing chirurgico dipende dallo stato clinico del paziente traumatizzato. (10)

Nei casi più critici, la toracotomia viene eseguita in regime di emergenza all'interno del dipartimento di emergenza. La *Emergency Department Thoracotomy* (EDT) è indicata nelle seguenti condizioni:

- Trattamento acuto dell'arresto cardiaco traumatico dopo trauma toracico penetrante;
- Trattamento dell'ipotensione non responsiva alla rianimazione con fluidi e/o al supporto inotropo, dovuta a emorragia intratoracica maggiore (>1500 mL dal drenaggio toracico), tamponamento cardiaco, embolia gassosa o fistole broncopleuriche;
- Clampaggio dell'aorta toracica per arrestare un'emorragia addominale come procedura di salvataggio pre-laparotomica;

La tecnica è controindicata quando sono assenti segni di vita e il paziente è in arresto cardiaco in ritmo non defibrillabile da più di cinque minuti. (10)

Nelle prime ore dal trauma si ricorre alla toracotomia urgente in tutti quei pazienti che non sono in arresto cardiaco, ma presentano delle lesioni intratoraciche maggiori che richiedono un controllo chirurgico. Le indicazioni principali comprendono il tamponamento cardiaco, l'embolia gassosa, la perdita aerea massiva persistente e il sanguinamento dal drenaggio toracico. Sul versante emorragico, i parametri di riferimento classici sono un drenaggio iniziale superiore a 1000–1500 mL oppure una perdita ematica che si mantiene attorno ai 200–300 mL/h, condizioni che impongono una valutazione chirurgica urgente, soprattutto nei traumi penetranti o nei traumi chiusi con emorragia in atto. Anche una perdita aerea massiva, che impedisce la riespansione polmonare e compromette la ventilazione, rappresenta un'indicazione chiara all'esplorazione chirurgica.

In una fase più tardiva, l'esplorazione chirurgica può essere indicata per la gestione delle complicanze evolutive e si parla di toracotomia ritardata. Un esempio tipico è rappresentato da quelle condizioni in cui l'emotorace non sia completamente evacuabile tramite drenaggio correttamente posizionato, nelle quali è necessario prendere in considerazione la toracotomia o la toracosopia video-assistita mininvasiva; in caso di emotorace cronico o sostenuto da sanguinamento persistente da fratture costali non trattate, la toracotomia risulta indispensabile. (10)

Accanto alla chirurgia open, la VATS rappresenta una risorsa importante nel trauma toracico selezionato. Si tratta di una metodica mininvasiva che deve essere utilizzata nel paziente emodinamicamente stabile, soprattutto per la valutazione ed eventuale riparazione di lesioni diaframmatiche. Tale tecnica potrebbe anche essere utilizzata in corso di sanguinamenti persistenti in pazienti stabili oppure in corso di stabilizzazione chirurgica delle fratture costali. (8) I vantaggi rispetto alla toracotomia sono rappresentati da un minor tasso di morbilità, migliore visualizzazione anche delle piccole lesioni e minore dolore post-operatorio. (66)

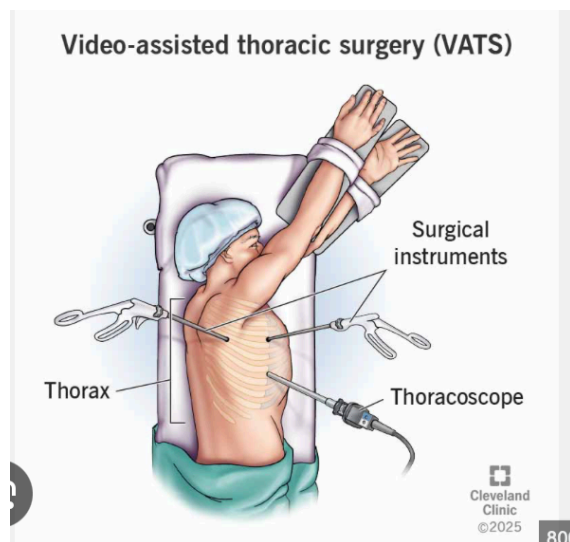


Figura 31: VATS

1.8.4 Radiologia Interventistica

La radiologia interventistica ha un ruolo sempre maggiore nella gestione del trauma toracico, potendo determinare, nello stesso momento, la definizione diagnostica della lesione e il suo

trattamento. Nei pazienti appropriatamente selezionati, questo approccio consente di ottenere il controllo della lesione evitando i rischi legati all'anestesia generale e alla chirurgia open, con ricadute positive sulla morbidità perioperatoria, sui tempi di recupero e sull'utilizzo complessivo delle risorse ospedaliere. (67)

Il suo impiego riguarda sia il versante non vascolare, dove il posizionamento ecoguidato o TC-guidato di drenaggi pleurici rappresenta la soluzione di scelta nelle raccolte complesse o difficilmente accessibili con tecnica cieca, sia quello vascolare, attraverso l'embolizzazione selettiva delle arterie intercostali o bronchiali e il trattamento endovascolare delle lesioni aortiche e dei grandi vasi. (67) In particolare, nelle lesioni traumatiche dell'aorta toracica la TEVAR rappresenta ad oggi l'intervento di prima scelta, in quanto rispetto all'intervento open si associa a minor mortalità, minor morbidità peri operatoria, ridotta perdita ematica e degenza più breve. (8,68)

2 ANALGESIA NEL TRAUMA TORACICO

Nel contesto del trauma toracico, il dolore non rappresenta soltanto un sintomo, ma rientra tra gli elementi patogenetici in grado di andare a modificare l'evoluzione clinica del paziente. L'International Association for the Study of Pain definisce il dolore come un'esperienza sensoriale ed emotiva spiacevole, associata a un danno tissutale reale o potenziale. Si tratta di una condizione multifattoriale, in grado di determinare gran parte della morbidità associata al trauma toracico. (14)

La presenza di dolore compromette la meccanica respiratoria del paziente, aggravando le alterazioni ventilatorie già causate dal trauma, dall'infiammazione locale e dall'eventuale contusione polmonare. Inoltre, il dolore determina ritenzione delle secrezioni polmonari, con ulteriore soppressione del riflesso della tosse, che favorisce l'atelettasia polmonare e lo sviluppo di polmonite. Quindi, un'inadeguata gestione del dolore comporta ridotta compliance polmonare, mismatch ventilazione-perfusione, ipossiemia e distress respiratorio. (14,69)

Un controllo insufficiente del dolore può causare anche conseguenze a livello sistemico, come sonno inadeguato, malnutrizione, stress psicologico, depressione e limitazione delle normali attività quotidiane. Possono esserci effetti negativi anche sulla stabilità

emodinamica, sul sistema gastrointestinale, sulla funzione renale e su quella coagulativa. (14)

Tra le lesioni associate al trauma quelle che determinano maggior dolore per il paziente sono le fratture costali: in tali contesti, il fabbisogno analgesico aumenta con il numero di fratture e con il grado di scomposizione. È necessario una strategia multimodale e graduale, basata su rivalutazioni frequenti, integrazione tra analgesia sistemica e loco-regionale e con l'obiettivo di favorire una ventilazione efficace, la tosse e la riabilitazione precoce. (38) La strategia multimodale prevede l'utilizzo di diversi farmaci, che agiscono su differenti punti della via di trasmissione del dolore con l'obiettivo di allieviare il dolore, ridurre la dipendenza da un singolo tipo di farmaco e minimizzare gli effetti collaterali. (70)

Ogni strategia analgesica presenta specifici vantaggi, svantaggi e possibili effetti indesiderati, quindi nessuna può essere considerata universalmente ideale. La terapia deve essere personalizzata sul paziente in base alle sue condizioni cliniche, alla gravità del trauma e in base al suo profilo di tollerabilità. È importante ricordare anche che la risposta all'analgesia non dipende esclusivamente dalla tecnica adottata, ma può essere influenzata anche da fattori individuali, tra cui componenti psicologiche e caratteristiche socioculturali. Un controllo non adeguato del dolore acuto può favorire l'evoluzione verso esiti sfavorevoli a lungo termine, tra cui lo sviluppo di stress post-traumatico e di dolore cronico persistente. È stato infatti osservato che una quota non trascurabile di pazienti continua a riferire sintomi dolorosi anche a distanza di mesi o anni dal trauma. Questo contribuisce al peggioramento della qualità di vita e può ritardare il normale ritorno alle normali attività quotidiane e lavorative, motivo per cui l'analgesia assume un ruolo centrale non solo dal punto di vista clinico, ma anche funzionale e sociale. (14)

2.1 Strumenti di valutazione del dolore

La valutazione del dolore rappresenta una fase essenziale nella gestione del paziente traumatizzato, in quanto consente di impostare e monitorare l'efficacia di un trattamento analgesico adeguato, evitando il sotto trattamento o una somministrazione eccessiva di analgesici. Nonostante il dolore sia uno dei sintomi più frequenti dei pazienti che giungono in Pronto Soccorso a seguito di un trauma, la sua rilevazione e indagine rimangono spesso

incomplete, con un elevato rischio di sotto trattamento soprattutto nelle fasi iniziali, quando l'attenzione del medico è maggiormente rivolta verso le priorità salvavita. (71)

Diversi studi in letteratura considerano il dolore come “quinto segno vitale”, perché in grado di influenzare le conseguenze cliniche a breve termine e il recupero funzionale a lungo termine. Nonostante non sia oggettivo come gli altri parametri vitali tradizionali, il dolore deve essere valutato e registrato nella documentazione clinica del paziente. (71)

In fase iniziale la valutazione comprende la raccolta anamnestica secondo l'acronimo OPQRST che considera l'esordio (*Onset*), i fattori che lo provocano/alleviano (*Provocation or Palliation factors*), la qualità (*Quality*), la sede e l'irradiazione (*Region and Radiation*), l'intensità (*Severity*) e l'evoluzione temporale (*Time*). (71)

Per misurare l'intensità dolorifica nella pratica clinica vengono utilizzate diverse scale unidimensionali: la *Visual Analogue Scale* (VAS), in cui viene richiesto di tracciare un segno su una linea di 100 mm che rappresenta l'intensità media del dolore negli ultimi 7 giorni; la *Numerical Rating Scale* (NRS), in cui viene valutata l'intensità media dolorifica in una scala da 0 a 10, dove 0 corrisponde a nessun dolore e 10 al peggior dolore mai sentito prima; la *Verbal Rating Scale* (VRS) in cui è necessario selezionare uno tra quattro descrittori rappresentativi di quattro diversi livelli di intensità del dolore (nessuno, lieve, moderato, severo); la *Faces Pain Scale* (FPS), in cui si richiede di scegliere uno tra sei disegni stilizzati di volti che esprimono un livello crescente di intensità del dolore. (72) I vantaggi di tali scale sono rappresentati dalla semplicità di utilizzo, dalla riproducibilità e dalla possibilità di effettuare rivalutazioni seriali, che permettono di adattare la strategia analgesica rapidamente. Lo svantaggio principale risiede nell'incapacità di cogliere in maniera completa tutte le componenti qualitative e multidimensionali del dolore. (71)

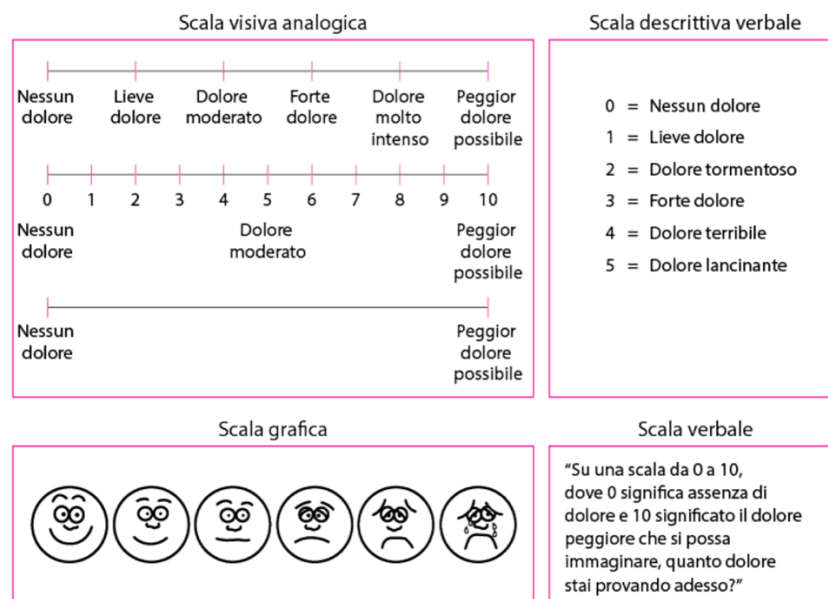


Figura 32: scale di valutazione del dolore

Nel trauma toracico, il dolore dovrebbe essere valutato sia dal punto di vista statico, ovvero quando il paziente è a riposo, sia dal punto di vista dinamico, ovvero durante la respirazione, i colpi di tosse e i movimenti del torace. Alcuni autori hanno proposto come strumento il *Pain Inspiration Cough* (PIC) score, che integra la valutazione dell'intensità del dolore con la capacità inspiratoria e l'efficacia della tosse. (71)

In caso di pazienti critici non comunicanti, occorre applicare scale diverse, che si basano sull'osservazione di parametri clinici e comportamentali che permettono una stima indiretta del dolore, come espressione facciale, movimenti corporei, tensione muscolare e adattamento al ventilatore. Tra queste scale sono comprese il *Critical-Care Pain Observation Tool* (CPOT) e la *Behavioral Pain Scale* (BPS).

La valutazione del dolore non deve essere considerata un atto isolato, ma un processo dinamico da ripetere nel tempo, al fine di monitorare l'andamento del sintomo e l'efficacia del trattamento analgesico instaurato. (71)

2.2 Analgesia sistemica

L'analgesia sistemica rappresenta il primo livello di trattamento del dolore nel trauma toracico ed è una componente essenziale dell'approccio multimodale. Dovrebbe includere l'utilizzo di paracetamolo, FANS e oppioidi. (73)

2.2.1 FANS e Paracetamolo

I farmaci antinfiammatori non steroidei e il paracetamolo sono i farmaci che dovrebbero essere somministrati in fase iniziale, per via orale in maniera regolare. Hanno il grande vantaggio di determinare un effetto di risparmio di oppioidi, ma sono controindicati nei pazienti con grave scompenso cardiaco e devono essere usati con cautela nei pazienti con cardiopatia ischemica, grave insufficienza renale e a rischio di problematiche gastrointestinali. (38)

Il paracetamolo fa parte dei regimi di analgesia multimodale, anche se sono pochi gli studi che ne abbiano valutato l'efficacia e utilità nei pazienti con fratture costali. (74) Grazie al suo favorevole profilo di sicurezza e alla minore incidenza di effetti avversi, è considerato adatto nel trattamento del dolore lieve e moderato, soprattutto nella formulazione endovena, che ha un rapido inizio d'azione. (70)

In letteratura ci sono diversi studi che suggeriscono un beneficio clinico nell'utilizzo dei FANS: uno studio retrospettivo comparativo ha infatti evidenziato una riduzione del consumo totale di equivalenti di morfina a 7 giorni nei pazienti trattati con ibuprofene endovena rispetto alla terapia standard, mentre un più recente studio di coorte retrospettivo su pazienti con fratture costali traumatiche, ha mostrato che un breve ciclo di FANS non si associava a un peggioramento del danno renale acuto rispetto ai controlli. (74) Infine, è stato osservato che la somministrazione precoce di FANS per via parenterale riduce l'incidenza di polmonite, la durata della degenza ospedaliera e in terapia intensiva e il numero di giorni di ventilazione meccanica (75)

2.2.2 Oppioidi

In passato, gli oppioidi sono stati utilizzati come trattamento di prima linea per alleviare il dolore derivante da fratture costali multiple. La somministrazione può avvenire attraverso

diverse vie, ovvero orale, endovenosa (intermittente, continua e mediante *patient controlled analgesia*), intramuscolare, transdermica e nebulizzata. (75) L'Organizzazione Mondiale della Sanità nel 1986 ha proposto una distinzione secondo la storica scala analgesica a tre gradini in oppioidi minori (o deboli), tra cui rientrano codeina e tramadolo, e oppioidi maggiori (o forti), dove rientrano morfina, metadone e buprenorfina. Si tratta di una suddivisione che si fonda su differenze di potenza ed efficacia analgesica. È importante però sottolineare che la letteratura più recente ha messo in discussione l'utilità di tale classificazione, ritenendola arbitraria e in parte fuorviante e ponendo maggiore attenzione sul singolo farmaco, sul suo dosaggio e su contesto clinico, piuttosto che su una rigida distinzione. (76)

Nel contesto del dolore acuto severo da trauma toracico, il ricorso clinico riguarda prevalentemente gli oppioidi maggiori, mentre gli oppioidi minori trovano un ruolo più limitato nei quadri meno intensi o come possibile passaggio in fase di de-escalation terapeutica. (76) La morfina e l'ossicodone sono gli oppioidi maggiori più comunemente utilizzati e possono avere una durata d'azione variabile, a seconda che siano preparazioni a rilascio immediato o modificato. (38)

Gli oppioidi, pur garantendo un controllo aggressivo del dolore, hanno una serie di effetti collaterali come sedazione, ipoventilazione, soppressione del riflesso della tosse e insufficienza respiratoria. Per tali motivi, devono essere sempre inseriti in un regime multimodale, piuttosto che essere utilizzati come unico trattamento. (14,73)

2.2.3 Altri farmaci sistemici

Accanto ai farmaci di uso più consolidato, esistono anche altri adiuvanti sistemici che vengono utilizzati in pazienti selezionati, come strategia multimodale di risparmio di oppioidi.

La clonidina, che è agonista dei recettori alfa₂-adrenergici, può essere utilizzata sia nel dolore acuto che quello cronico. Dal momento che presenta effetti collaterali come ipotensione e sedazione, è meglio tollerata nei pazienti che non presentano altri segni di compromissione emodinamica.

La ketamina agisce attraverso diversi meccanismi d'azione: blocca i recettori NMDA, interagisce con altri sistemi recettoriali e ha un possibile effetto antiinfiammatorio. Spesso è utilizzata in associazione con oppioidi, con l'obiettivo di potenziare l'effetto analgesico.

Per il controllo del dolore da frattura costale possono essere impiegati i cerotti alla lidocaina. Nei casi in cui il dolore persista nonostante la terapia di base, oppure quando sono poco tollerati gli effetti collaterali da oppioidi, si possono considerare anche le infusioni endovenose di lidocaina.

Anche farmaci come il pregabalin, tradizionalmente impiegato nel dolore neuropatico, potrebbero avere un ruolo in pazienti selezionati nella gestione del dolore acuto secondario a trauma toracico, soprattutto quando siano presenti caratteristiche suggestive di una componente neuropatica del dolore. (38)

2.3 Analgesia Loco-Regionale

Le opzioni di analgesia loco-regionale sono aumentate negli ultimi anni e possono determinare benefici analgesici significativi. Se eseguita precocemente, ovvero entro 24 ore, è associata ad una minore incidenza di intubazione non pianificata, minor numero di ricoveri in terapia intensiva e maggiore probabilità di dimissione. La tecnica scelta deve basarsi sulla sede prevalente del dolore, sul numero e sulla localizzazione delle fratture, sulla clinica del paziente, sulle eventuali controindicazioni e sull'esperienza dell'operatore locale. (74)

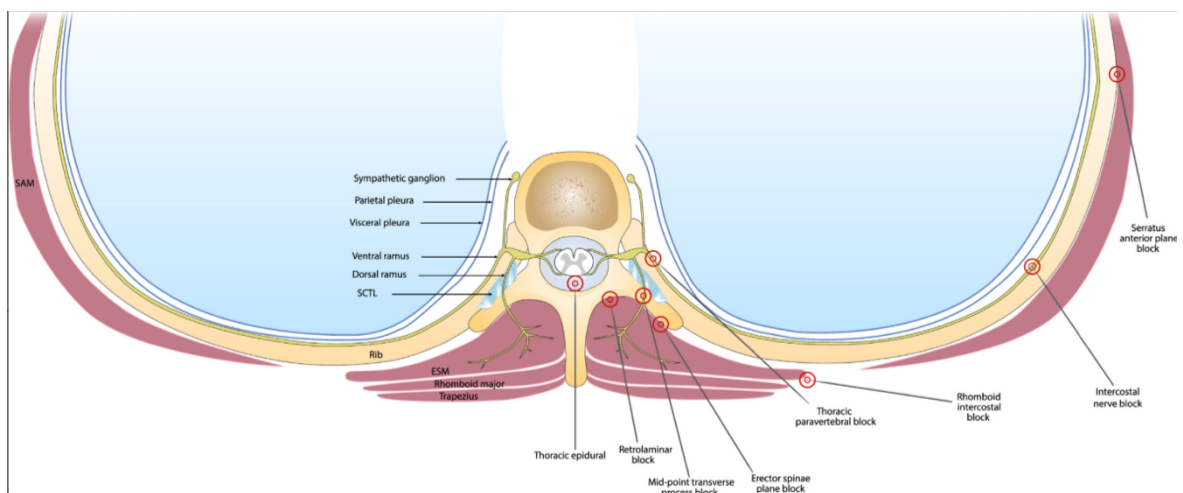


Figura 33: tipologie di anestesia loco-regionale

2.3.1 Analgesia Epidurale

L'analgisia epidurale è stata, soprattutto in passato, il cardine dell'analgisia regionale nelle fratture costali. Si tratta di una tecnica che ha mostrato un miglior controllo del dolore rispetto ad altre tecniche locoregionali, ma non mostra superiorità in termini di durata della degenza ospedaliera o rischio di complicanze polmonari. (74) In particolare, sono stati dimostrati dei benefici in termini di punteggio soggettivo del dolore, miglioramento di alcuni parametri respiratori come capacità funzionale residua, compliance polmonare, PaO₂ e capacità vitale, una minore incidenza di sonnolenza, disturbi gastrointestinali e depressione respiratoria. (75) Tuttavia, può essere controindicata nei pazienti traumatizzati in caso di terapia anticoagulante o coagulopatia, instabilità della colonna, con o senza lesione midollare e instabilità emodinamica. (74) Il principale vantaggio dell'analgisia epidurale rispetto agli oppioidi sistemici consiste nel garantire una migliore fisioterapia respiratoria del paziente, che rimane vigile visto il mancato effetto sedativo. Gli svantaggi sono rappresentati dalla necessità di personale esperto e dai diversi possibili effetti avversi, tra cui ipotensione, ritenzione urinaria, blocco motorio, nausea e vomito, cefalea e lesione nervosa. (14,77)

2.3.2 Blocchi Paravertebrali

I blocchi paravertebrali sono considerati, da molti clinici, la più valida alternativa evolutiva rispetto all'analgisia epidurale toracica. Determinano un blocco sia dei rami dorsali e ventrali dei nervi spinali a livello dello spazio paravertebrale, causando così una interruzione della trasmissione nocicettiva proveniente dalla parete toracica lesionata.

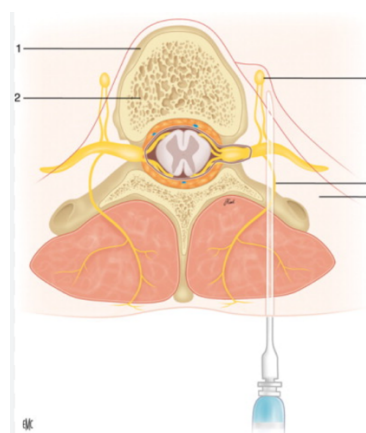


Figura 34: Blocco Paravertebrale

Il principale vantaggio è quello di essere una tecnica più selettiva rispetto all'analgisia epidurale, in quanto limitata ai livelli vertebrali effettivamente interessati. Due ulteriori punti di forza sono rappresentati dalla possibilità di eseguire la procedura per via eco guidata, migliorando così il profilo di sicurezza e l'efficacia, e dalla possibilità di inserire un catetere, che consente di prolungare l'effetto analgesico nel tempo. (77)

È da tenere in considerazione che rispetto all'epidurale non comportano il rischio di lesione del midollo, ma presentano alcune possibili complicanze, tra cui il rischio di puntura tissutale, pneumotorace, diffusione epidurale dell'anestetico e lesione nervosa. (14,77)

2.3.3 Blocchi Paraspinali: ESP block

Il blocco del piano dell'ereettore della colonna (*Erector Spinae Plane block*, ESP) costituisce una delle tecniche paraspinali di più recente introduzione e maggiormente utilizzata nel trattamento del dolore da trauma toracico. Esercita un'azione analgesica grazie alla diffusione dell'anestetico attraverso i piani tissutali fino allo spazio vertebrale, con blocco dei nervi spinali; la copertura analgesica è ampia, in quanto la diffusione dell'anestetico si estende per tre o quattro metameri cranialmente e caudalmente rispetto al punto di iniezione.

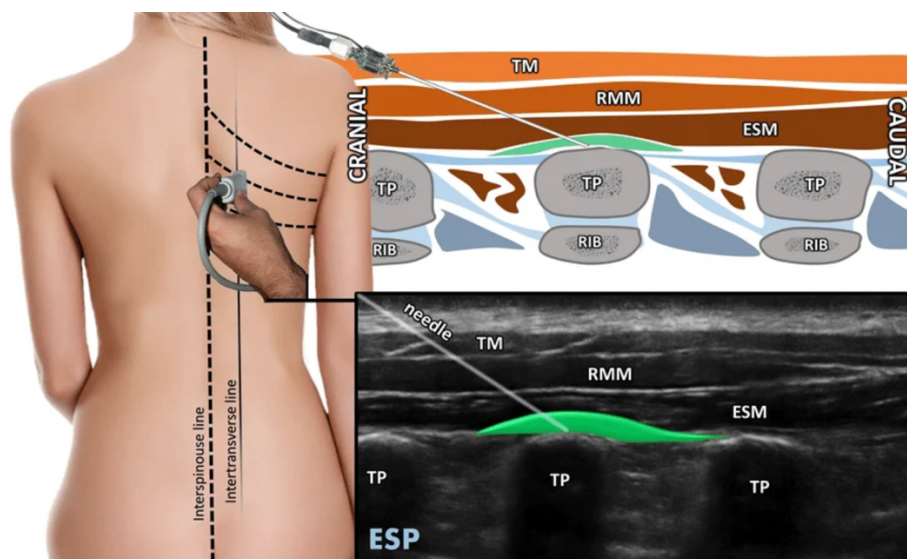


Figura 35: ESP block

È possibile eseguire una singola somministrazione di anestetico (*single-shot*) con durata dell'effetto limitata a poche ore, oppure posizionare un catetere per infusione continua o intermittente in caso di controllo antalgico più prolungato.

I principali vantaggi sono rappresentati dalla relativa semplicità di esecuzione, dalla possibilità di impiego sia unilaterale sia bilaterale e dal suo profilo di sicurezza, che ne consente l'utilizzo anche in pazienti con alterazioni della coagulazione. (38)

I dati attualmente disponibili suggeriscono un possibile beneficio sia sul dolore acuto sia sulla funzione respiratoria a breve termine. (77)

2.3.4 Blocchi Intercostali

I blocchi intercostali rappresentano una tecnica di analgesia relativamente semplice e localizzata. Per ottenere una copertura adeguata, vista la sovrapposizione segmentaria tra i nervi intercostali, è spesso necessaria l'infiltrazione di più spazi, sia al di sopra sia al di sotto della costa interessata.

Tali iniezioni multiple aumentano il rischio di complicanze, tra cui puntura vascolare, pneumotorace e tossicità sistemica da anestetico locale, legata al suo elevato assorbimento. Per i segmenti toracici superiori, la somministrazione dell'anestetico può risultare più complessa per la presenza della scapola e dei muscoli romboidi.

Vista la durata breve dell'effetto analgesico, compresa tra 4 e 8 ore, è possibile ricorrere a cateteri per il blocco intercostale continuo, che dovrebbe offrire una copertura più prolungata. (75)

2.3.5 Blocchi Toracici Anteriori (PECS I, PECS II, Serratus)

Il PECS I prevede l'iniezione di anestetico locale nel piano compreso tra il muscolo grande pettorale e il muscolo piccolo pettorale, con blocco prevalente dei nervi pettorali mediale e laterale.

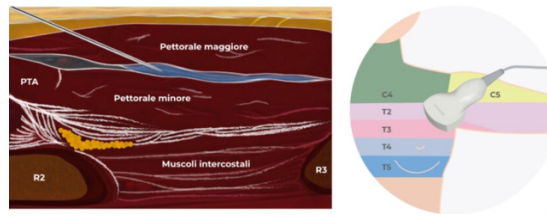


Figura 36: PECS I

Il PECS II rappresenta un'estensione del PECS I e si caratterizza per una seconda iniezione tra il muscolo piccolo pettorale e il muscolo serrato anteriore, determinando il blocco anche del nervo intercostobrachiale, dei rami laterali dei nervi intercostali T3-T6 e del nervo toracico lungo.

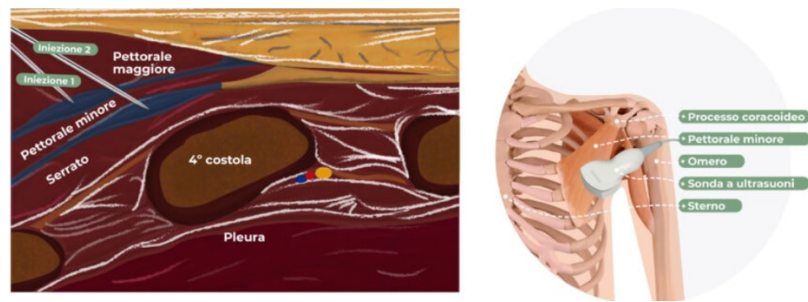


Figura 37: PECS II

Nel contesto del trauma toracico, tali blocchi vengono utilizzati soprattutto in caso di dolore localizzato alla parete toracica antero-laterale, anche se la loro applicazione in tale ambito è meno studiata rispetto ad altre tecniche e le evidenze disponibili provengono da altri contesti chirurgici. (78)

Il blocco del piano anteriore del muscolo serrato (*Serratus Anterior Plane Block*, SAPB) rappresenta un'opzione di analgesia loco-regionale indicata soprattutto nelle fratture costali localizzate in sede antero-laterale, in quanto consente il blocco dei rami laterali dei nervi intercostali. L'anestetico viene iniettato unilateralmente o bilateralmente a livello della quinta costa lungo la linea ascellare media, nel piano fasciale compreso tra il muscolo serrato anteriore e il muscolo grande dorsale. (38,75) Ha il vantaggio di richiedere una minore collaborazione da parte del paziente, in quanto può essere eseguito anche in posizione supina e con minimi riposizionamenti. Bisogna però tenere in considerazione l'aumentato rischio di pneumotorace. (74)

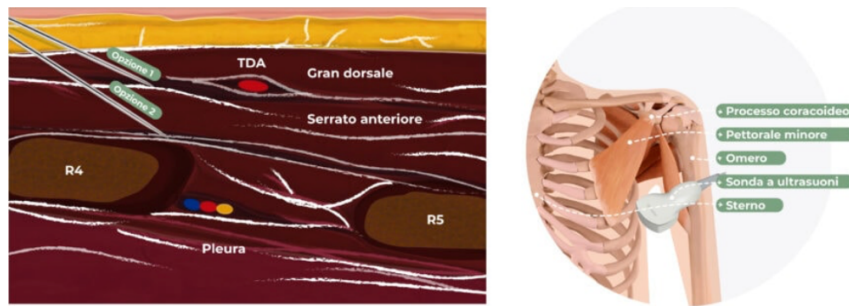


Figura 38: SAPB

3 STUDIO CLINICO

3.1 Introduzione

Il trauma toracico rappresenta una delle condizioni di maggiore rilevanza nell'ambito della medicina d'emergenza e della traumatologia, sia per la frequenza con cui si presenta nel paziente politraumatizzato, sia per il suo impatto in termini di morbidità, mortalità e utilizzo delle risorse sanitarie. Il coinvolgimento toracico è presente in circa il 20-25% dei pazienti traumatizzati e contribuisce a una quota rilevante dei decessi correlati al trauma, configurandosi come una delle principali cause di mortalità nel paziente politraumatizzato (7-9).

Il quadro clinico può essere estremamente eterogeneo, variando da lesioni relativamente semplici, come fratture costali isolate, fino a condizioni rapidamente evolutive e potenzialmente letali, quali pneumotorace iperteso, emotorace massivo e tamponamento cardiaco. (7) Tuttavia, sono poche le situazioni che richiedono un intervento chirurgico e nella maggior parte dei casi è sufficiente una gestione conservativa con drenaggio toracico, ventilazione meccanica e controllo aggressivo del dolore. (14)

Accanto al trattamento delle lesioni traumatiche e al supporto ventilatorio, un ruolo centrale è rivestito dalla gestione del dolore. Nel trauma toracico, infatti, il dolore non rappresenta soltanto un sintomo, ma un fattore in grado di influenzare direttamente l'evoluzione clinica del paziente. (14) Un controllo antalgico inadeguato può limitare l'escursione toracica, ridurre la capacità di tossire efficacemente, favorire il ristagno di secrezioni bronchiali e aumentare il rischio di atelettasie, polmonite e insufficienza respiratoria. Al contrario, una

strategia analgesica efficace può migliorare la ventilazione, facilitare la mobilitazione precoce, ridurre le complicanze respiratorie e contribuire a un miglioramento degli esiti clinici complessivi. (14,69)

In questo contesto si inserisce lo studio prospettico multicentrico osservazionale TRACTIONs, acronimo di “*ThoRAciC Trauma IntubatiON risk Score for blunt trauma*”, disegnato con l’obiettivo primario di valutare i fattori di rischio associati alla necessità di intubazione orotracheale nei pazienti adulti con trauma toracico contusivo, non intubati sul territorio e senza indicazione all’intubazione legata al punteggio della Glasgow Coma Scale all’ingresso in Pronto Soccorso. Lo studio prevede la costruzione di uno score predittivo basato su dati clinici, laboratoristici e radiologici raccolti entro le prime sei ore dall’ammissione ospedaliera, con l’obiettivo di stimare precocemente il rischio di intubazione e orientare il livello di monitoraggio e di intensità assistenziale più appropriato (56).

Tra gli obiettivi secondari dello studio TRACTIONs, oggetto della mia discussione, rientra anche la valutazione delle strategie di terapia antalgica somministrate nei primi sette giorni dall’accesso in ospedale, con particolare attenzione al protocollo analgesico basale ricevuto dal paziente, all’eventuale escalation terapeutica e al fabbisogno di terapie rescue espresso in equivalenti di morfina.

In particolare, nel presente elaborato è stato preso in considerazione il sottogruppo di pazienti afferenti al Pronto Soccorso dell’Ospedale Policlinico San Martino di Genova.

3.2 Materiali e Metodi

Lo studio TRACTIONs è uno studio prospettico multicentrico osservazionale, che prevede l’arruolamento consecutivo dei pazienti con trauma toracico contusivo, ammessi al Pronto Soccorso dei vari centri partecipanti, ovvero Bologna, Cesena, Genova, Novara, Pisa, Rozzano e Varese. Per la presente analisi, tuttavia, sono stati inclusi esclusivamente i pazienti afferenti al Policlinico San Martino di Genova, che sono stati arruolati tra il 21 febbraio 2023 e il 1° aprile 2026, per un totale di 83 soggetti.

Sono stati considerati elegibili per arruolamento tutti i pazienti che rispettavano i seguenti criteri di inclusione:

- Trauma toracico contusivo con lesioni documentabili significative (punteggio toracico AIS, T-AIS ≥ 2);
- Età ≥ 18 anni;
- Glasgow Coma Scale all'ingresso in Pronto Soccorso > 8 ;
- Disponibilità di TC total body eseguita entro sei ore dall'ammissione in Pronto Soccorso

Sono stati invece esclusi dallo studio i pazienti che presentavano uno dei seguenti criteri di esclusione:

- Trauma toracico penetrante;
- Età < 18 anni;
- Glasgow Coma Scale ≤ 8 all'ingresso in Pronto Soccorso;
- Intubazione già presente all'arrivo in Pronto Soccorso;
- Indicazione a non procedere a intubazione, indipendentemente dalla motivazione;
- Intubazione eseguita per necessità di intervento chirurgico urgente o emergente entro le prime 24 ore dall'arrivo in ospedale

Dopo la raccolta del consenso informato per ciascun paziente, al giorno 0 sono stati acquisiti i seguenti dati:

- Variabili antropometriche: età, sesso, peso e altezza;
- Comorbidità;
- Assunzione di anticoagulanti e antiaggreganti piastrinici;
- Dati pre-ospedalieri: dinamica del trauma, intenzionalità del trauma, pressione arteriosa sistolica, frequenza cardiaca, frequenza respiratoria, GCS;
- Emogasanalisi arteriosa entro le prime 6 ore (PaO₂/FiO₂, lattati, BE, massima FiO₂ richiesta nelle prime 6 ore);
- Parametri vitali peggiori nelle prime 6 ore (PAS minima, FC massima, FR massima, SpO₂, GCS, NRS)

- Presenza di fratture vertebrali mieliche;
- Presenza di trauma cardiaco;
- Stato infettivo da SARS-CoV2 al momento del ricovero;
- Dati radiologici: e-FAST, ecografia toracica, TC (numero di fratture costali, numero di lobi contusi, presenza di emotorace/pneumotorace, presenza di volet costale);
- Trasfusioni di sangue/plasma fresco congelato/piastrine e somministrazione di cristalloidi entro 6 ore ed entro 24 ore;
- Somministrazione di acido tranexamico e/o fibrinogeno;
- Posizionamento di drenaggio toracico entro le prime 24 ore;
- Necessità di intervento chirurgico urgente entro le prime 24 ore;
- Regime analgesico basale

Al termine della raccolta dei dati relativi al giorno 0, ciascun paziente è stato sottoposto a valutazione ecografica toracica mediante sonda convex. L'esame è stato eseguito esplorando dodici regioni polmonari, sei per ciascun emitorace, al fine di determinare il Lung Ultrasound Score (LUS). Il punteggio è stato attribuito sia a livello regionale, assegnando a ogni area esaminata un valore compreso tra 0 e 3, sia a livello globale, mediante la somma dei punteggi ottenuti nelle singole regioni.

Nei sette giorni successivi all'arruolamento, i pazienti sono stati sottoposti a monitoraggio clinico ed ecografico giornaliero. Per ciascuna giornata di osservazione sono stati raccolti i seguenti dati:

- Dolore riferito dal paziente secondo la NRS (Numerical Rating Scale);
- Terapia analgesica programmata e al bisogno, con le seguenti opzioni:
 - Paracetamolo o FANS;
 - Paracetamolo + FANS;
 - Oppioidi minori;
 - Oppioidi maggiori;
 - Catetere epidurale;
 - Blocchi paravertebrali;
 - Blocco anteriore (PECS I o II o Serratus);

- Blocco del Piano Erettore Spinale (ovvero ESP)
- Analgesia Controllata dal Paziente (PCA)
- Nessuna analgesia ricevuta
- Eventuale supporto ossigenoterapico (ossigenoterapia convenzionale, HFNC, CPAP, NIV, IOT) con relativi parametri (PEEP, PS);
- Necessità di intubazione tracheale;
- Necessità di drenaggio toracico;
- Necessità di intervento chirurgico (con o senza intubazione);
- Reparto di ricovero;
- LUS regionale e globale.

Al termine del periodo di osservazione, oppure al momento della dimissione ospedaliera, è stata compilata una scheda conclusiva relativa agli outcome clinici del paziente. In particolare, sono stati registrati:

- Punteggi AIS e ISS (Injury Severity Score);
- New RTS (Revised Trauma Score);
- Giorno di massima terapia analgesica;
- Sviluppo di ARDS entro 1 settimana dal trauma;
- Durata complessiva di NIV e ventilazione meccanica invasiva;
- Giorni di ricovero in ICU e durata totale del ricovero;
- Outcome finale (dimissione o decesso)

Tutti i dati sono stati raccolti in forma anonima mediante la piattaforma online REDCap, accessibile ai ricercatori coinvolti nello studio. A ciascun paziente è stato assegnato un codice identificativo progressivo in base al centro di arruolamento (ad esempio GE01, GE02 e successivi per il centro di Genova), consentendo la gestione centralizzata delle informazioni nel rispetto della riservatezza e della normativa vigente in materia di protezione dei dati personali.

3.3 Risultati

Il campione arruolato presso il Policlinico San Martino è costituito da 83 pazienti. Dal punto di vista della distribuzione per sesso, si è osservata una prevalenza del genere maschile, rappresentato da 62 pazienti, pari al 74,7% del totale, mentre le pazienti di sesso femminile sono state 21, corrispondenti al 25,3%.

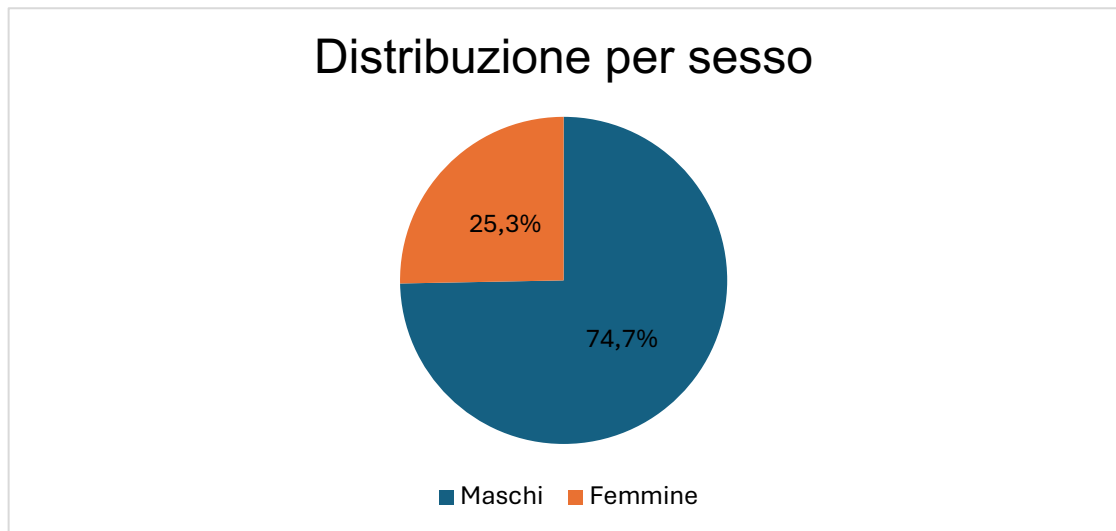


Figura 39

L'età media della popolazione in studio è pari a 58,3 anni, con una deviazione standard di $\pm 18,7$ anni.

L'analisi della dinamica del trauma ha evidenziato una distribuzione eterogenea dei meccanismi lesivi. La modalità più frequentemente riscontrata è rappresentata dagli incidenti motociclistici, osservati nel 33,7% dei casi. Le cadute hanno costituito una quota rilevante degli eventi traumatici: in particolare, le cadute a bassa energia ($\leq$ propria statura) e quelle ad alta energia hanno interessato rispettivamente il 25,3% e il 18,1%. Gli investimenti pedonali sono stati documentati nell'8,4% dei casi, mentre gli incidenti con autocarro hanno rappresentato il 6,0% degli eventi. I traumi correlati all'utilizzo della bicicletta sono stati osservati nel 4,8% dei pazienti, mentre gli eventi inclusi nella categoria "altro" hanno costituito il 3,6% del campione.

Distribuzione per dinamica del trauma

■ Motocicletta 33,7% ■ Caduta bassa energia 25,3% ■ Caduta alta energia 18,1% ■ Pedone 8,4%
■ Auto/autocarro 6,0% ■ Bicicletta 4,8% ■ Altro/Sbattuto 3,6%

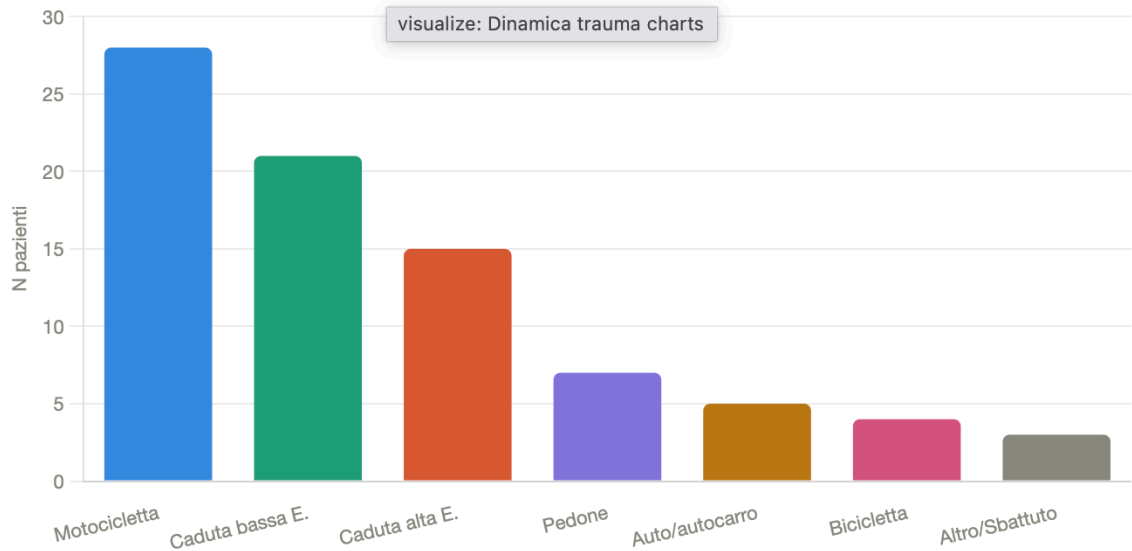


Figura 40

La quasi totalità (82 pazienti) ha riportato traumi di natura accidentale, mentre un solo caso è risultato essere un'autolesione.

Nel campione analizzato è stata valutata la presenza delle principali comorbidità: quella più frequentemente osservata risulta essere l'insufficienza cardiaca cronica, presente in 5 pazienti, pari al 6% del campione totale. La malattia cronica polmonare e la malattia cronica cardiaca sono state riscontrate ciascuna in 3 pazienti, corrispondenti al 3,6% del campione. Non sono invece stati registrati casi di malattia cronica epatica né di malattia cronica renale nella popolazione in studio.

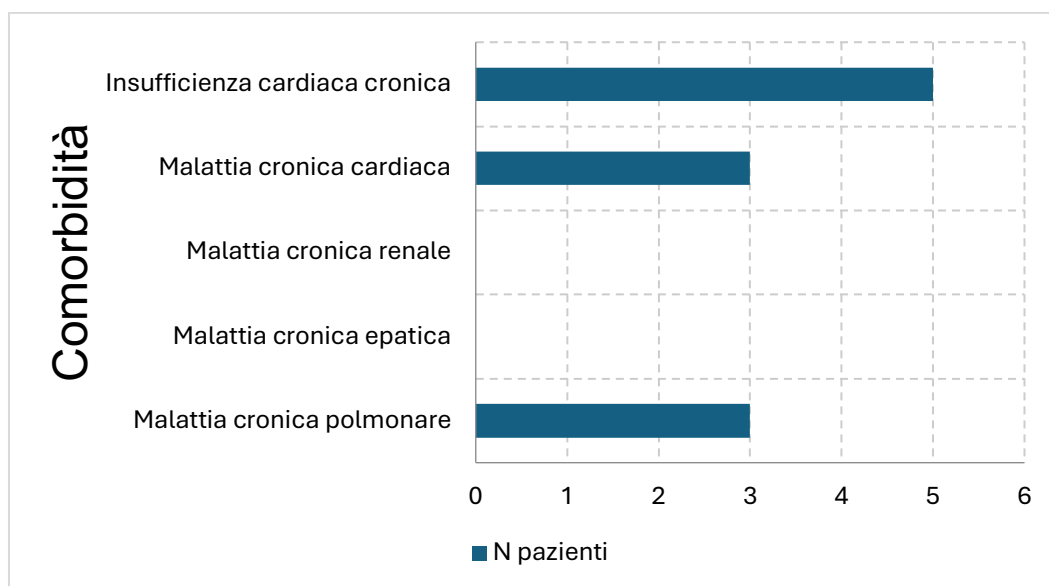


Figura 41

Al momento della presa in carico, l'intensità del dolore è stata valutata mediante la *Numerical Rating Scale* (NRS), uno strumento validato e di semplice applicazione che consente al paziente di quantificare la propria esperienza dolorosa su una scala numerica da 0 a 10, dove 0 corrisponde all'assenza di dolore e 10 al massimo dolore immaginabile. In particolare, nel presente studio sono stati considerati i punteggi NRS registrati al giorno 0, che hanno permesso di descrivere l'entità del dolore al momento dell'accesso al Pronto Soccorso. La maggior parte dei soggetti inclusi nello studio ha riferito un dolore di grado severo, ovvero 43 pazienti su 83 (51,8%) hanno presentato un valore NRS compreso tra 7 e 10. Un dolore moderato, definito da punteggi NRS compresi tra 4 e 6, è stato osservato in 30 pazienti (36,1%), mentre 10 pazienti (12,0%) hanno riportato un dolore lieve, con valori NRS compresi tra 1 e 3.

Frequenza NRS Day 0

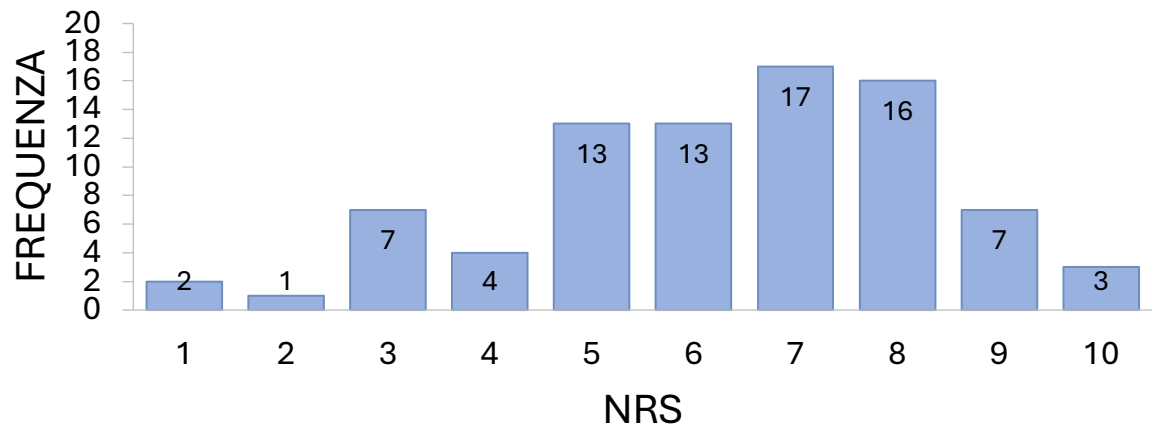


Figura 42

Nonostante la presenza di un elevato dolore, tra gli 83 pazienti arruolati, il 16,9% (14 pazienti) non ha ricevuto alcuna terapia analgesica al momento della valutazione iniziale (giorno 0). In questo sottogruppo, 11 pazienti su 14 (78,6%) hanno presentato un punteggio NRS ≥ 5 , indicativo di dolore almeno moderato: nello specifico, 3 pazienti hanno riportato un valore NRS pari a 5, 4 pazienti un valore pari a 6, 2 pazienti un valore pari a 8, 1 paziente un valore pari a 9 e 1 paziente un valore pari a 10. I restanti 3 pazienti (21,4%) hanno presentato valori NRS inferiori a 5: in particolare, 1 paziente ha riportato un NRS pari a 1, 1 paziente un NRS pari a 3 e 1 paziente un NRS pari a 4.

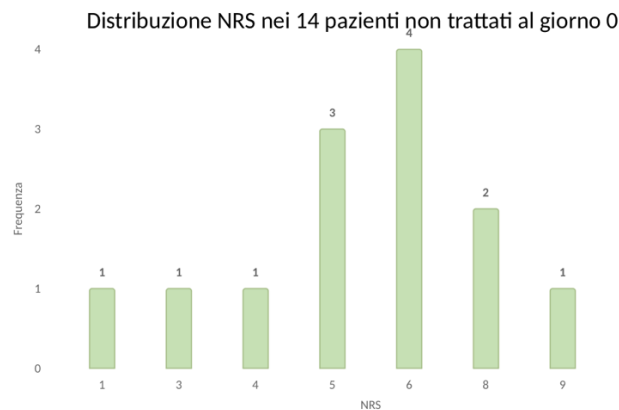


Figura 43

Il regime analgesico più intensivo è stato raggiunto mediamente entro 1,46 giorni dall'evento traumatico con una deviazione standard di 1,71.

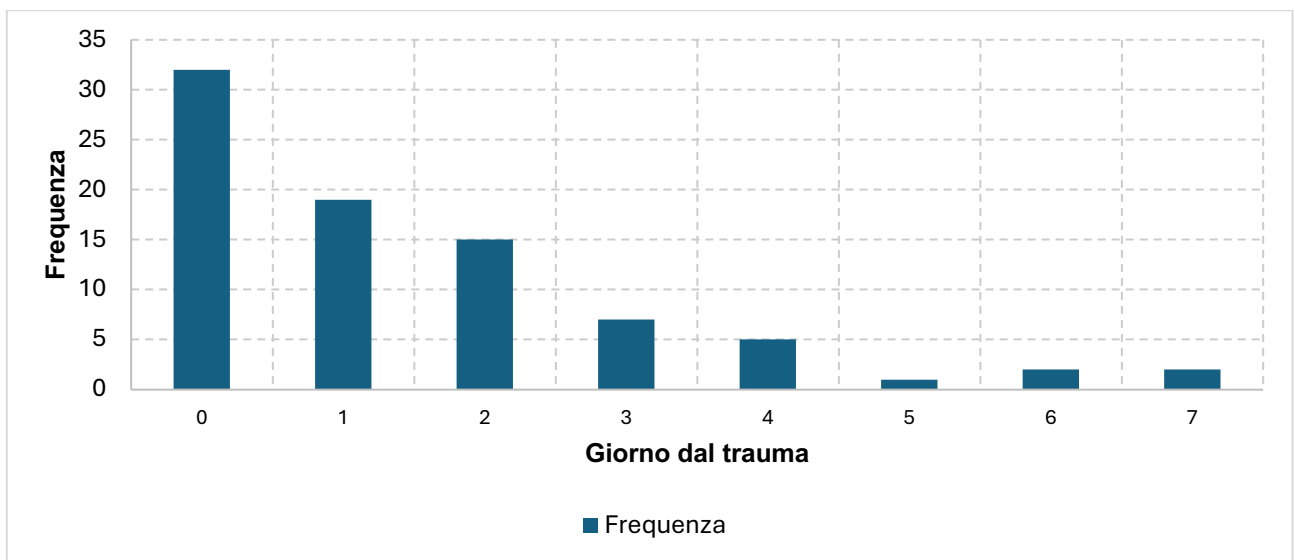


Figura 44: giorno di regime analgesico più intensivo dal trauma

Al fine di valutare una possibile relazione tra l'età dei pazienti e l'intensità del dolore riferito al momento della presa in carico, il campione è stato stratificato in quattro fasce anagrafiche: la fascia più rappresentata è stata quella compresa tra 40 e 59 anni, con 30 pazienti (36,1%), seguita dalla fascia 60–79 anni, che ha incluso 25 pazienti (30,1%). Le fasce estreme di età, rispettivamente <40 anni e ≥ 80 anni, hanno compreso ciascuna 14 pazienti (16,9%).

Per ciascun gruppo è stato quindi calcolato il valore medio del dolore, espresso mediante scala NRS, con l'obiettivo di descrivere eventuali differenze nell'intensità della sintomatologia dolorosa percepita tra le diverse classi di età. I risultati relativi al punteggio medio NRS calcolato per ciascun gruppo sono riportati di seguito:

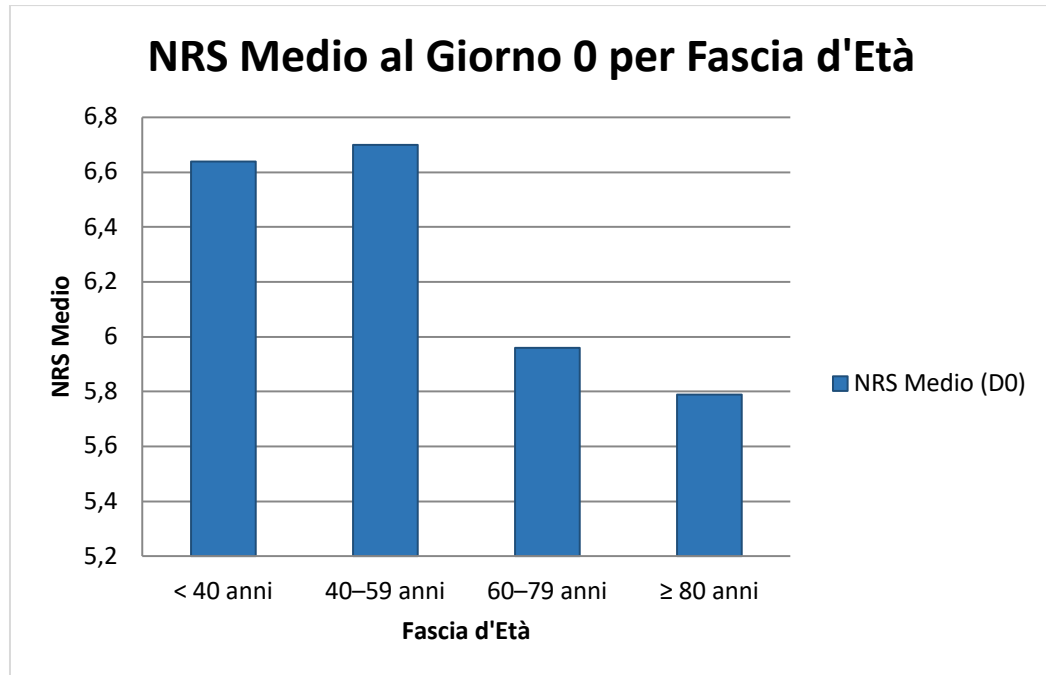


Figura 45

Per quanto riguarda la distribuzione dell'intensità del dolore in base al sesso, le donne (n= 21) all'ingresso in pronto soccorso hanno riportato un NRS medio di 6,6, leggermente superiore rispetto agli uomini (n= 62), il cui NRS medio è risultato di 6,2. Inoltre, la maggioranza delle donne (61,9%) ha riferito un punteggio NRS ≥ 7 , indicativo di dolore severo. Tra gli uomini, tale intensità dolorifica è stata riportata dal 48,4% del campione maschile.

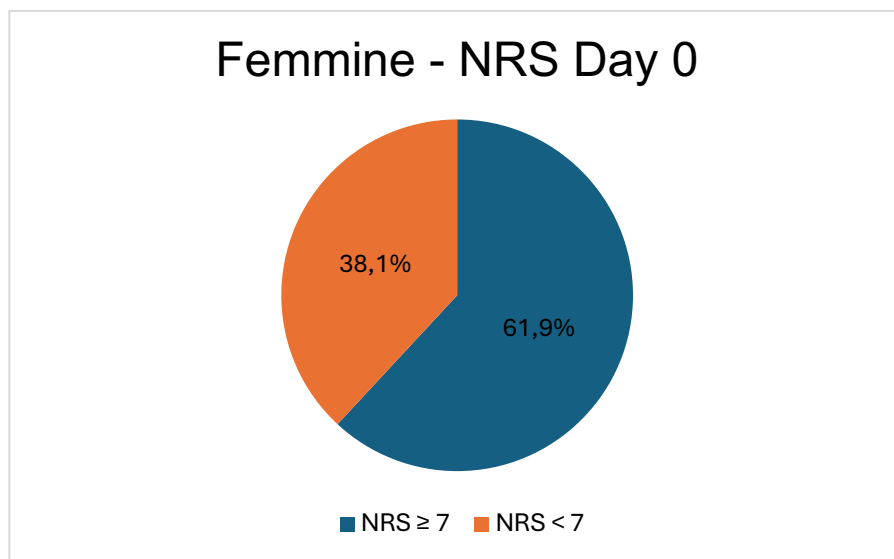


Figura 46

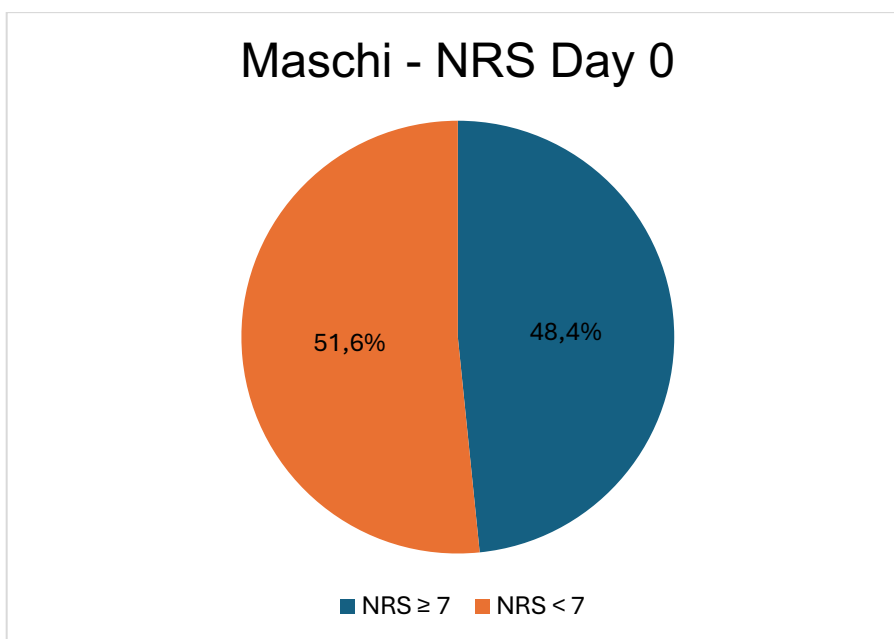


Figura 47

Analizzando le lesioni toraciche dei pazienti arruolati, 71 pazienti (85,5%) hanno presentato almeno una frattura costale, mentre 53 pazienti (63,9%) hanno evidenziato segni di contusione a carico di almeno un lobo polmonare; inoltre, 27 pazienti (32,5%) hanno riportato pneumotorace (PNX), di cui un caso di pneumotorace iperteso, e 7 pazienti (8,4%) sono risultati affetti da emotorace. Non sono stati riscontrati casi di volet costale.

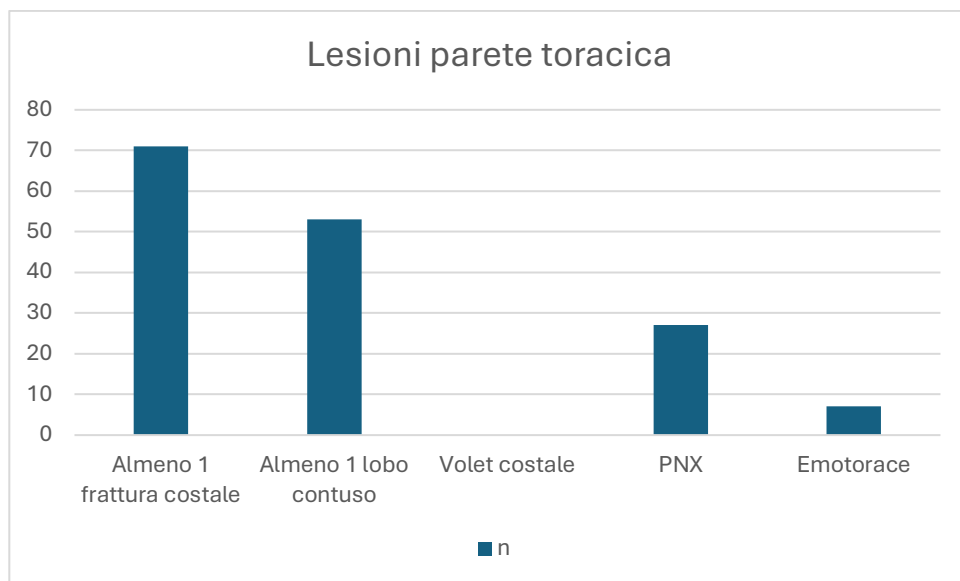


Figura 48

In base al numero di coste fratturate, i pazienti possono essere suddivisi in quattro fasce di gravità: la quota più ampia dei pazienti si colloca nella fascia di 3–5 fratture costali (32 pazienti; 38,6%), seguita dai soggetti con 1–2 fratture (22 pazienti; 26,5%), da quelli con ≥ 6 fratture (17 pazienti; 20,5%) e infine dai pazienti senza fratture costali evidenti (12 pazienti; 14,5%).

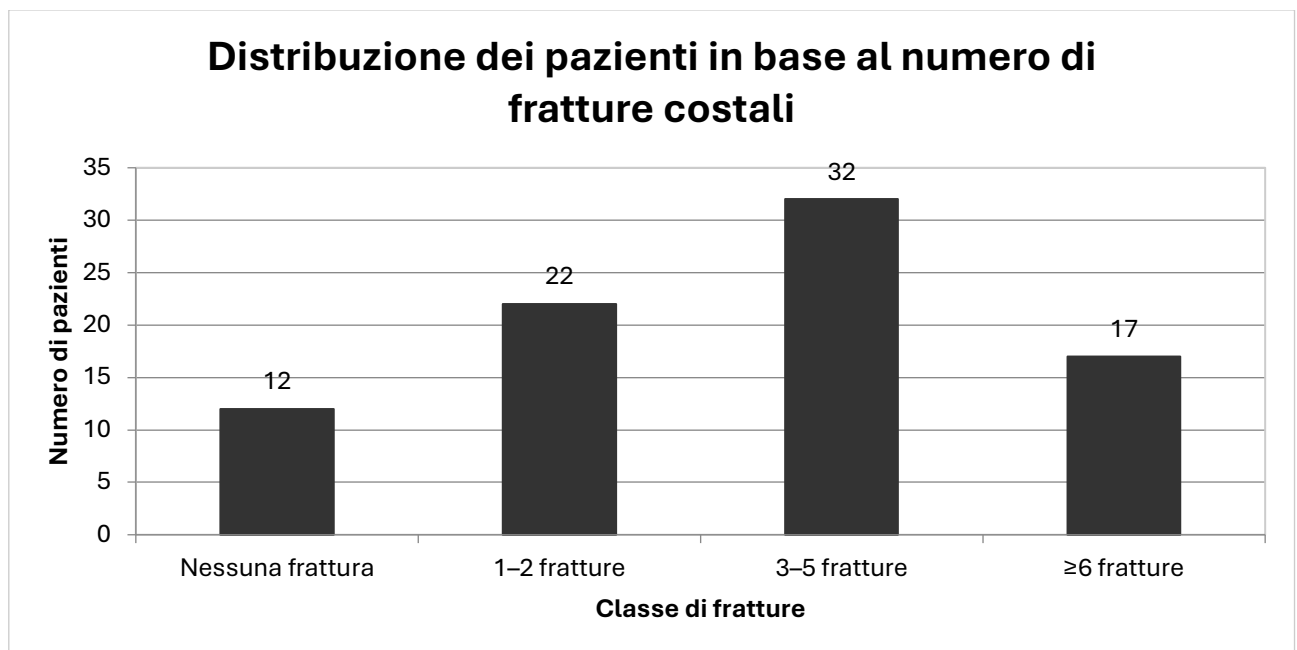


Figura 49

Correlando il numero di fratture costali alla distribuzione del punteggio NRS, si evidenzia una marcata variabilità nella percezione del dolore: valori di NRS al giorno 0 risultano distribuiti tra 1 e 10, con una concentrazione prevalente nei valori intermedi-alti. Si osserva un lieve incremento del valore medio di NRS all'aumentare del numero di fratture, come riportato nel seguente grafico:

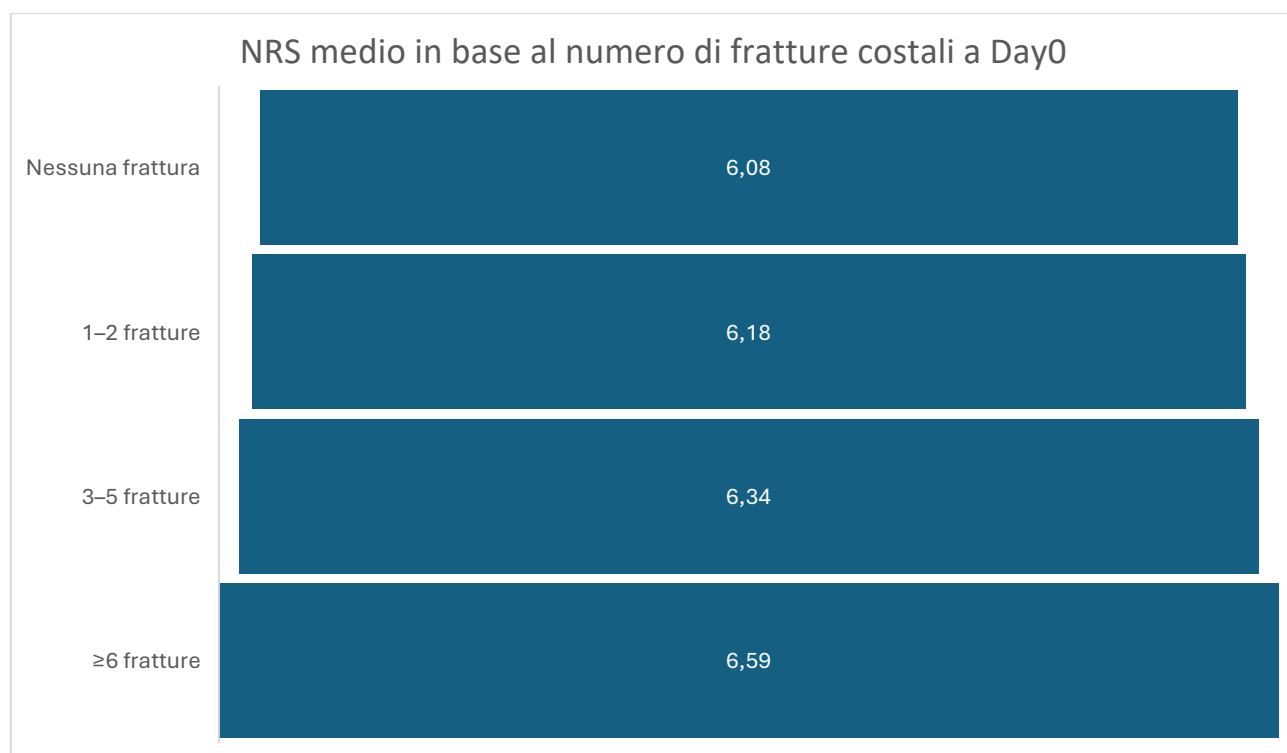


Figura 50

Nonostante ciò, il dolore non cresce in maniera direttamente proporzionale al danno costale, in quanto pazienti con poche fratture possono presentare dolore intenso, mentre pazienti con molte fratture possono riferire valori di NRS non particolarmente elevati.

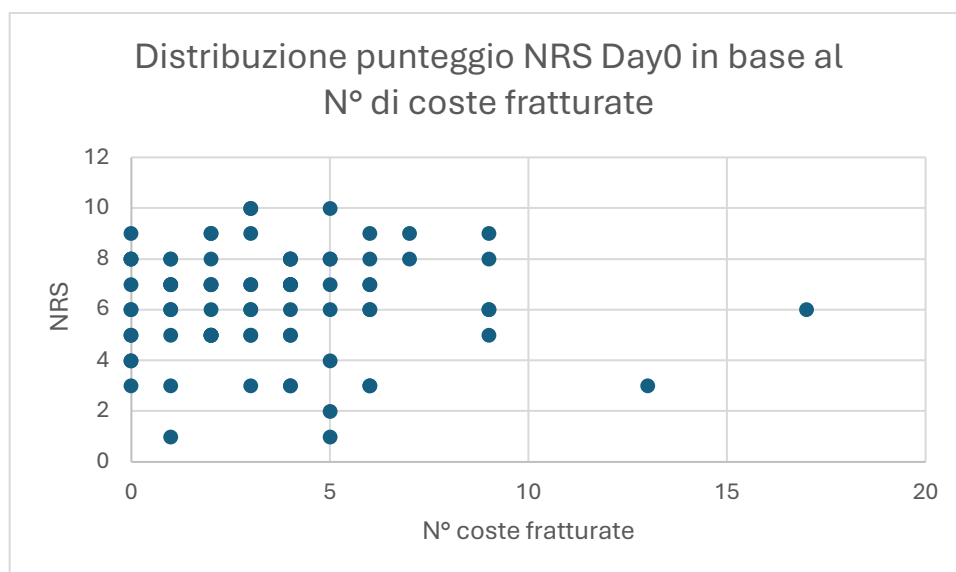


Figura 51

L'andamento dell'intensità del dolore è stato monitorato mediante scala Numerical Rating Scale (NRS), dal giorno dell'arruolamento fino al settimo giorno di osservazione successivo al trauma. Al giorno 0, il punteggio medio NRS è risultato pari a 6,3 su un totale di 83 pazienti valutabili. Nel corso dei giorni successivi si è verificata una progressiva riduzione dell'intensità media del dolore riferito. In particolare, il valore medio NRS si è attestato a 6,0 al giorno 1 (n = 67), 5,1 al giorno 2 (n = 58), 4,7 al giorno 3 (n = 56), 4,4 al giorno 4 (n = 50), 4,2 al giorno 5 (n = 45) e 4,0 al giorno 6 (n = 42). Al giorno 7 si è osservata una lieve risalita del valore medio, pari a 4,1, su un campione di 33 pazienti ancora valutabili.

Considerando l'intervallo compreso tra il giorno 0 e il giorno 4, periodo nel quale il numero di pazienti valutabili rimane ancora relativamente consistente, la media NRS si riduce da 6,3 a 4,4, con una diminuzione pari a circa 30,3%. Estendendo l'analisi all'intero periodo di follow-up, dal giorno 0 al giorno 7, si osserva una riduzione della media NRS da 6,3 a 4,1, corrispondente a una diminuzione complessiva di circa 34,7%. Tuttavia, l'interpretazione dei dati relativi ai giorni più tardivi deve tenere conto della progressiva riduzione della numerosità campionaria, verosimilmente legata a dimissioni, intubazione o mancata disponibilità della rilevazione giornaliera. Tale fenomeno può ridurre la robustezza delle stime nelle fasi finali del periodo osservazionale e deve pertanto essere considerato nella lettura complessiva dei risultati.

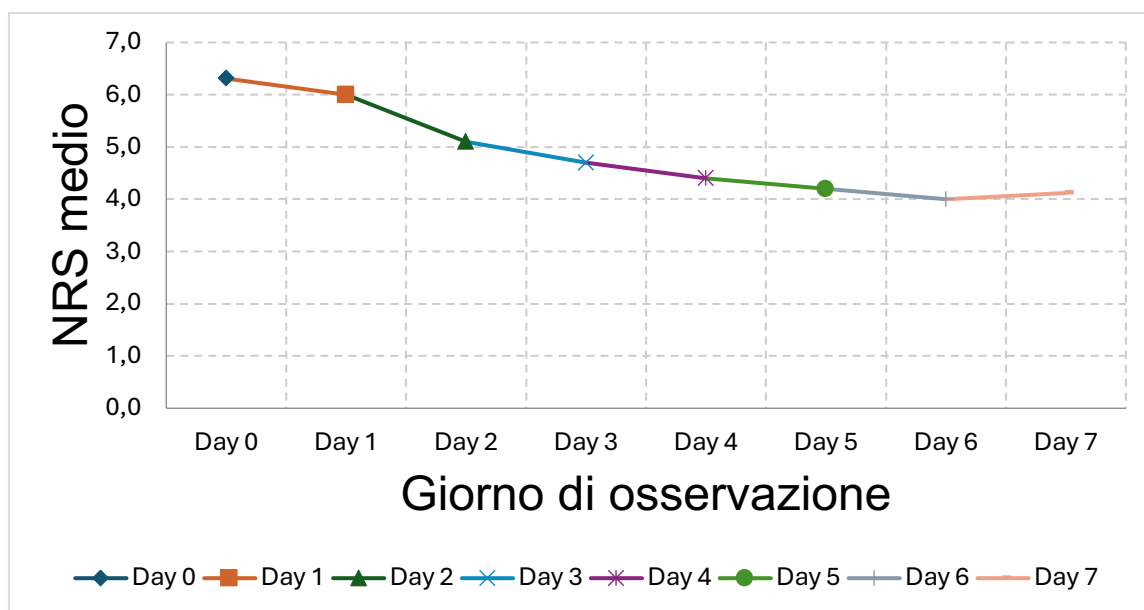


Figura 52

Per quanto riguarda la gestione analgesica al momento dell'arruolamento, i dati evidenziano una discreta eterogeneità nei trattamenti somministrati ai pazienti inclusi nello studio. Su un totale di 83 pazienti, in 14 casi non risulta somministrata alcuna terapia analgesica regolare, pari al 16,9% del campione. La strategia più frequentemente adottata è stata rappresentata dalla somministrazione di paracetamolo o FANS in monoterapia, osservata in 38 pazienti (45,8%). Una quota più limitata di pazienti ha ricevuto una terapia analgesica basata esclusivamente su oppioidi: in particolare, 3 pazienti (3,6%) sono stati trattati con oppioidi deboli in monoterapia, mentre 7 pazienti (8,4%) hanno ricevuto oppioidi forti come unico trattamento analgesico regolare.

Un approccio multimodale, ovvero basato sull'associazione di analgesici appartenenti a classi differenti, è stato utilizzato in una parte del campione. In particolare, 7 pazienti (8,4%) hanno ricevuto paracetamolo o FANS associati a un oppioide debole, mentre 8 pazienti (9,6%) hanno ricevuto l'associazione con un oppioide forte. La combinazione di paracetamolo e FANS senza oppioidi è stata registrata in 1 paziente (1,2%).

Schemi terapeutici più complessi, comprendenti più principi attivi o più classi analgesiche, sono risultati meno frequenti. Nello specifico, 1 paziente (1,2%) ha ricevuto l'associazione paracetamolo + FANS + oppioide debole, 2 pazienti (2,4%) hanno

ricevuto paracetamolo + FANS + oppioide forte, mentre in 2 casi (2,4%) è stata registrata l'associazione di paracetamolo o FANS con oppioide debole e oppioide forte

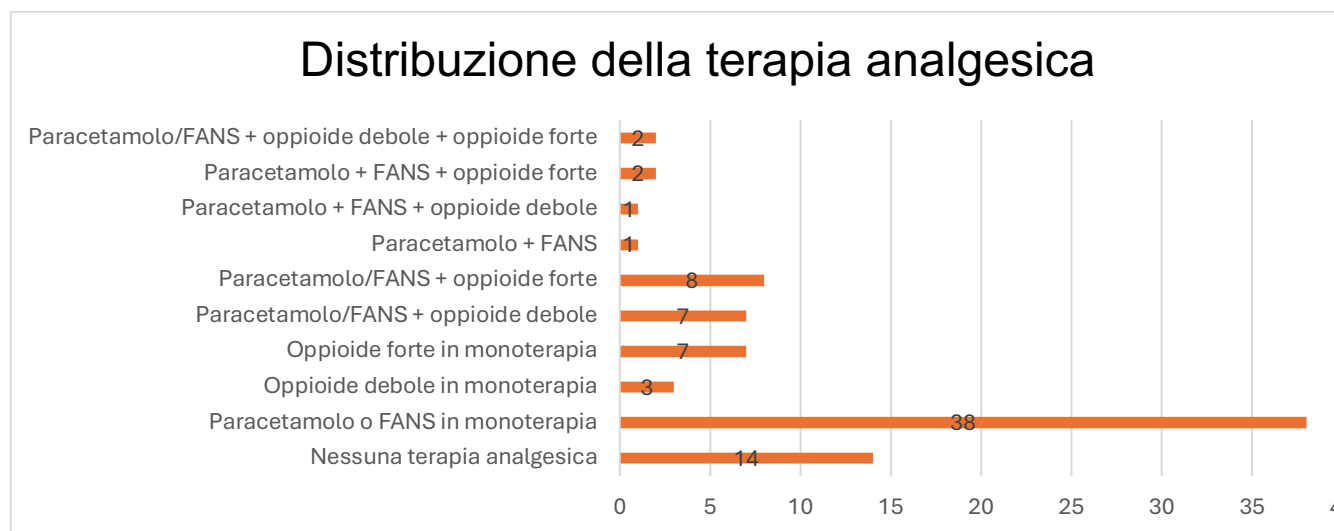


Figura 53

Per quanto riguarda l'impiego delle diverse terapie analgesiche durante il periodo di osservazione, si evidenzia una prevalenza dell'utilizzo di analgesici non oppioidi, con un progressivo incremento del ricorso agli oppioidi nei giorni successivi all'arruolamento:

- La somministrazione di paracetamolo o FANS rappresenta la strategia terapeutica più frequentemente adottata durante l'intero follow-up. Al giorno 0 tale trattamento è stato presente in 55 pazienti su 83 (66,3%), aumentando nei primi giorni fino a coinvolgere 53 pazienti su 69 al giorno 1 (76,8%), 45 su 59 al giorno 2 (76,3%) e 44 su 57 al giorno 3 (77,2%). Nei giorni successivi si osserva una lieve riduzione percentuale, con valori pari al 72,0% al giorno 4, 65,2% al giorno 5, 69,8% al giorno 6 e 64,7% al giorno 7.
- L'associazione paracetamolo + FANS è risultata complessivamente poco frequente. Al giorno 0 è stata registrata in 4 pazienti (4,8%), mentre nei giorni successivi ha mantenuto percentuali contenute, con un picco al giorno 3, in cui è stata osservata in 5 pazienti su 57 (8,8%). Negli altri giorni la frequenza è rimasta marginale, compresa tra 0% e 2,9%.

- L'impiego di oppioidi deboli ha mostrato un incremento rispetto alla valutazione iniziale. Al giorno 0 sono stati utilizzati in 13 pazienti su 83 (15,7%), aumentando al 24,6% al giorno 1 e raggiungendo valori intorno al 30% tra il giorno 2 e il giorno 4. Nelle giornate successive la percentuale si è mantenuta sostanzialmente stabile, con una nuova crescita al giorno 7, in cui gli oppioidi deboli risultano somministrati in 13 pazienti su 34 (38,2%).
- La somministrazione di oppioidi forti mostra un andamento progressivamente crescente nel corso del follow-up. Al giorno 0 sono stati impiegati in 19 pazienti su 83 (22,9%), con un aumento al 27,5% al giorno 1, 33,9% al giorno 2 e 38,6% al giorno 3. Nei giorni successivi il ricorso agli oppioidi forti è aumentato ulteriormente, raggiungendo il 40,0% al giorno 4, il 43,5% al giorno 5, il 44,2% al giorno 6 e il 52,9% al giorno 7.
- I pazienti senza alcuna terapia analgesica al momento dell'arruolamento sono stati 14 su 83 (16,9%). Nei giorni successivi la quota di pazienti non trattati si è ridotta nettamente, attestandosi al 5,8% al giorno 1, 8,5% al giorno 2, 7,0% al giorno 3, 4,0% al giorno 4, 4,3% al giorno 5, 4,7% al giorno 6 e risultando assente al giorno 7.

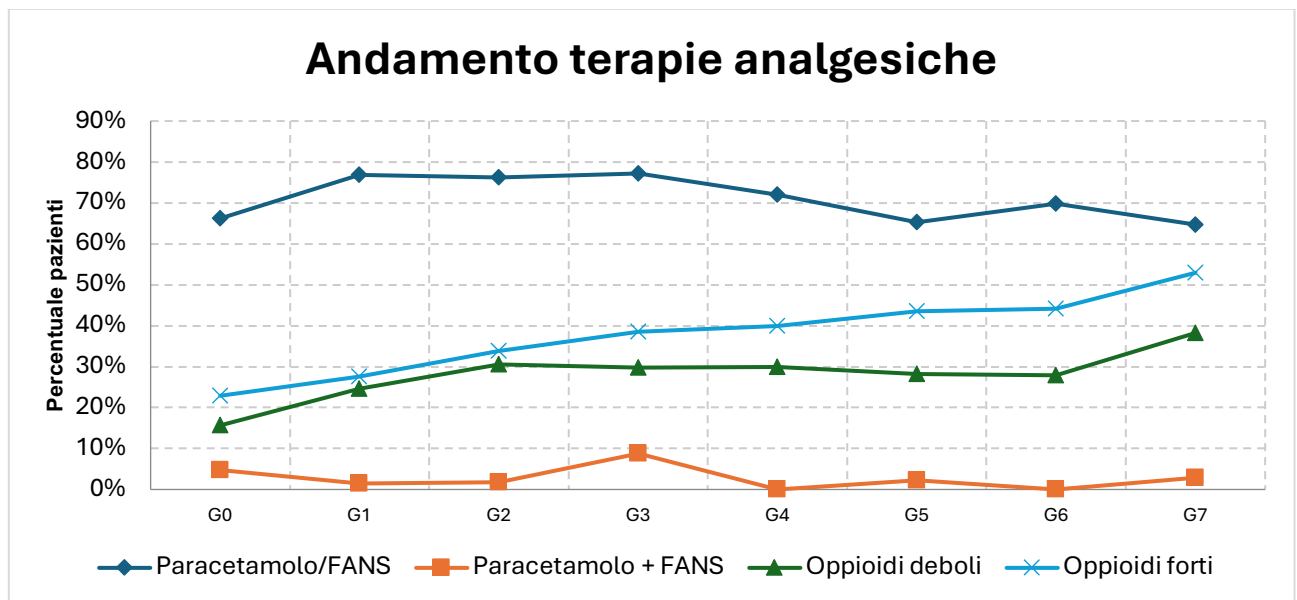


Figura 54

L'analisi della variazione del punteggio medio NRS tra il giorno 0 e il giorno 1, stratificata in base al regime analgesico presente al momento dell'arruolamento, ha evidenziato un andamento eterogeneo tra i diversi sottogruppi terapeutici:

- Nel gruppo di pazienti senza alcuna terapia analgesica al giorno 0, il punteggio medio NRS è aumentato da 5,8 a 6,5, con un incremento percentuale pari a circa 10,9%.
- Nei pazienti trattati con paracetamolo o FANS in monoterapia, il valore medio NRS si è ridotto da 6,3 a 5,8, corrispondente a una diminuzione di circa 7,7%. Una riduzione più marcata è stata osservata nei pazienti in trattamento con oppioidi forti in monoterapia, nei quali il punteggio medio è passato da 7,6 a 6,2, con un calo percentuale pari a circa 18,4%.

Anche il gruppo trattato con oppioidi deboli in monoterapia ha mostrato una riduzione del dolore riferito, con una diminuzione del punteggio medio NRS da 4,5 a 3,5, pari a circa 22,2%.

- Nei pazienti sottoposti a terapia combinata, comprendente l'associazione di analgesici non oppioidi e oppioidi, il punteggio medio NRS si è ridotto da 6,7 a 6,4, con una variazione percentuale pari a circa 4,7%.

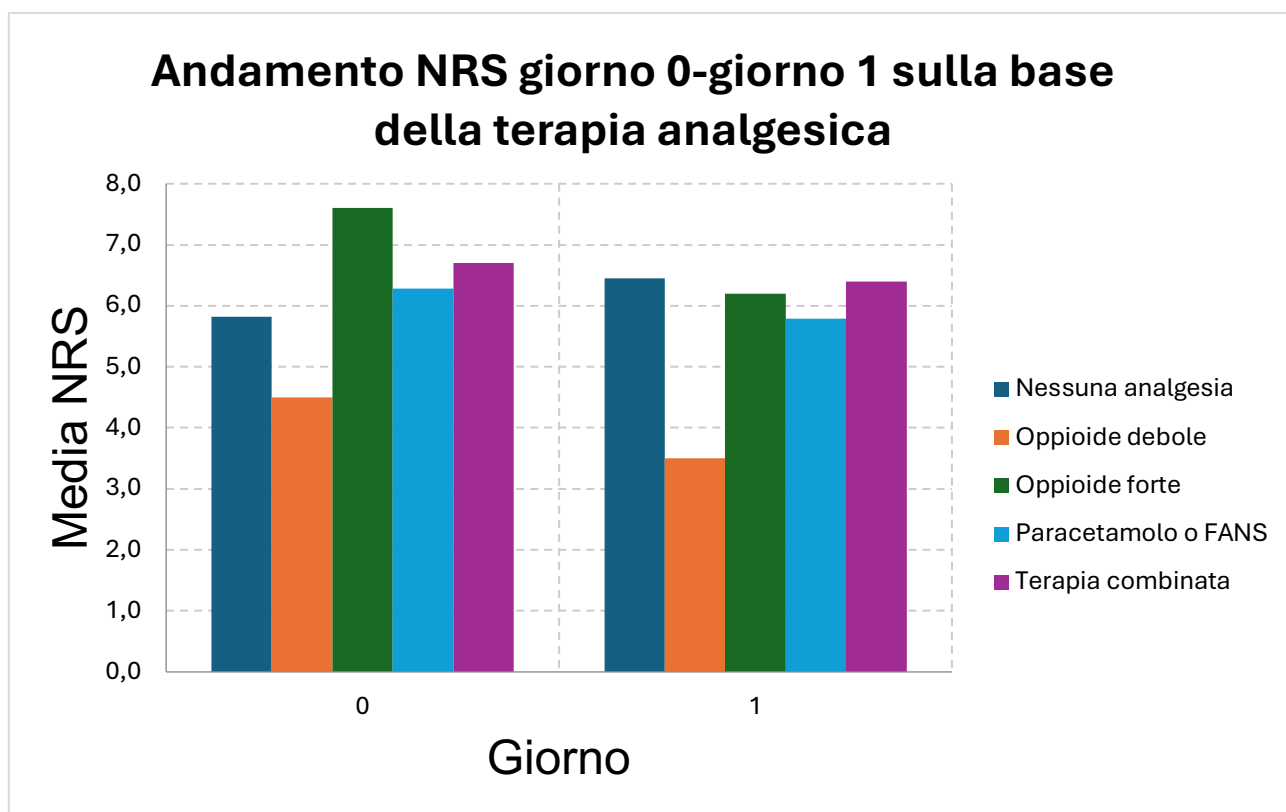


Figura 55

L'analisi delle dosi analgesiche *rescue* somministrate nei primi sette giorni successivi al trauma ha evidenziato un andamento variabile nel tempo. Considerando il numero di pazienti che hanno richiesto almeno una dose *rescue*, al giorno 1 sono stati registrati 11 pazienti trattati con terapia analgesica aggiuntiva, pari al 17,7% dei pazienti valutabili. Il valore più elevato è stato osservato al giorno 2, con 16 pazienti che hanno ricevuto dosi *rescue* (29,6%), seguito dal giorno 3, in cui il ricorso a terapia aggiuntiva ha interessato 14 pazienti (26,4%).

Nei giorni successivi si è osservata una progressiva riduzione del ricorso alle dosi *rescue*, con 10 pazienti al giorno 4 (22,2%) e 6 pazienti al giorno 5 (15,0%). Al giorno 6 e al giorno 7 il numero di pazienti trattati con analgesia *rescue* è risultato pari a 8 pazienti in entrambe le giornate, corrispondenti rispettivamente al 20,0% e al 24,2% dei pazienti valutabili.

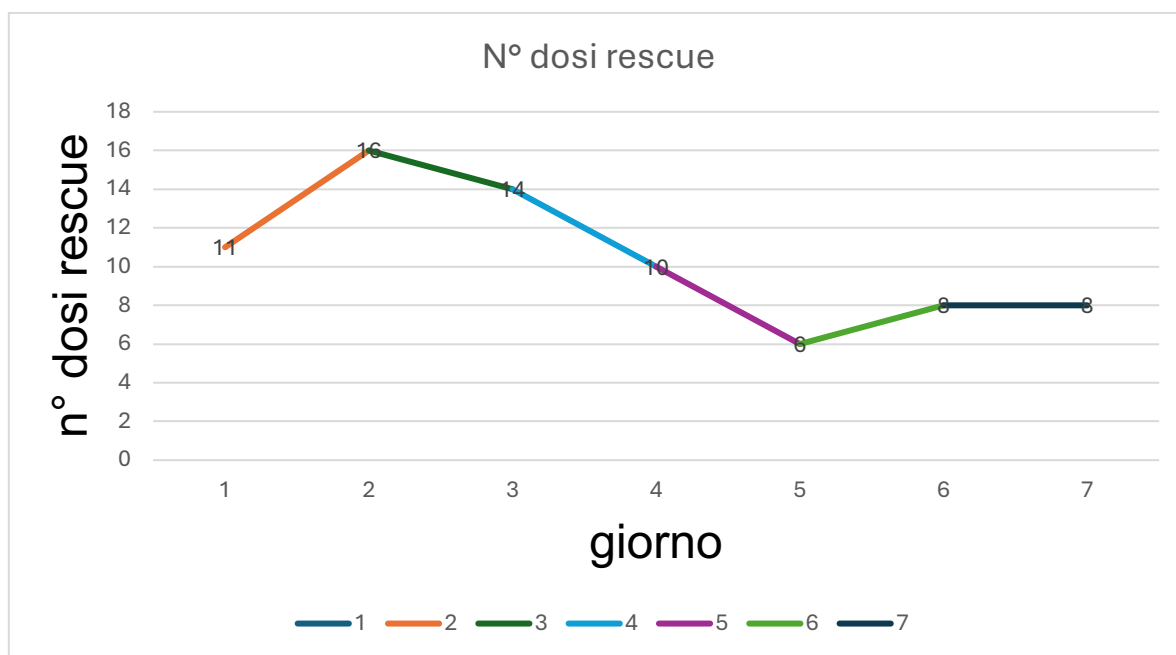


Figura 56

Visto il crescente utilizzo di oppioidi forti nel corso del periodo di osservazione, sono state analizzate le caratteristiche principali cliniche, traumatiche e assistenziali di quei 39 pazienti (47% del totale) che hanno ricevuto oppioidi forti regolari o in infusione continua in almeno un giorno del periodo di osservazione compreso tra il giorno 0 e il giorno 7:

- Innanzitutto, è interessante notare come la terapia con oppioidi forti non sia sempre stata iniziata al giorno 0: infatti, dei 39 pazienti solo 19 (48,7%) li hanno ricevuti già al D0 mentre 20 pazienti (51,3%) li hanno iniziati dopo il D0
- Per quanto riguarda la severità del trauma, i pazienti trattati con oppioidi forti hanno presentato un quadro traumatico complessivamente più severo: l'ISS mediano registrato è stato pari a 18 [8,5-28], maggiore rispetto a quello misurato nei pazienti non trattati con oppioidi forti, pari a 6 [3-11,5], con una differenza staticamente significativa ($p=0,003$).
- A proposito nel numero di coste fratturate, il gruppo trattato con oppioidi forti ha presentato un numero più elevato di fratture costali: la mediana delle coste fratturate è stata pari a 4 [2-6], rispetto a 2,5 [1-4] nel gruppo senza oppioidi forti ($p = 0,009$). Inoltre, nel gruppo oppioidi forti una quota rilevante di pazienti ha presentato almeno

quattro coste fratturate, confermando un maggiore interessamento della parete toracica

- Relativamente al coinvolgimento pleuro-polmonare, i pazienti trattati con oppioidi forti hanno presentato più frequentemente lesioni pleuro-polmonari. Lo pneumotorace è stato riscontrato in 18/39 pazienti (46,2%) rispetto a 9/44 (20,5%) nel gruppo senza oppioidi forti, mentre l'emotorace è stato osservato in 6/39 pazienti (15,4%) rispetto a 1/44 (2,3%).
- Dal punto di vista antalgico, i pazienti trattati con oppioidi forti hanno presentato valori di dolore più elevati. L'NRS massimo mediano era pari a 8 [7-8,5], rispetto a 7 [5-8] nei pazienti non trattati con oppioidi forti ($p = 0,024$). Il comfort minimo, valutato mediante VAS, risultava inoltre peggiore nel gruppo oppioidi forti, con valori più frequentemente compatibili con scarso controllo sintomatologico ($p = 0,008$).
- In merito alle procedure toraciche e chirurgia, i pazienti trattati con oppioidi forti hanno mostrato una maggiore frequenza di procedure toraciche, in particolare drenaggio toracico entro 24 ore, osservato in 6/39 pazienti (15,4%) rispetto a 1/44 (2,3%) nel gruppo di confronto. Non è invece emersa una differenza statisticamente significativa nella chirurgia complessiva (12,8% vs 4,5%; $p = 0,245$).
- In relazione alla dinamica del trauma, le dinamiche ad alto impatto sono state numericamente più frequenti nei pazienti trattati con oppioidi forti (76,9% vs 65,9%), ma la differenza non ha raggiunto una significatività statistica ($p = 0,335$). Nel gruppo oppioidi forti, la dinamica più rappresentata è stato l'incidente motociclistico, osservato in 17/39 pazienti (43,6%).
- Quanto a decorso e degenza, i pazienti trattati con oppioidi forti hanno presentato una degenza ospedaliera significativamente più lunga, pari a 9 [7-17] giorni rispetto a 4 [1,75-8] giorni nei pazienti senza oppioidi forti ($p < 0,001$).
- Per quanto riguarda il ricorso a dosi rescue nel gruppo oppioidi forti è numericamente più frequente, soprattutto nei primi giorni: in particolare al giorno 2 il 30,8% dei pazienti del gruppo oppioidi forti ha richiesto terapia analgesica aggiuntiva, rispetto al 9,1% dei pazienti non trattati con oppioidi forti. Un andamento simile si osserva

anche al giorno 4, con ricorso a dosi rescue nel 20,5% dei pazienti trattati con oppioidi forti rispetto al 4,5% del gruppo di confronto

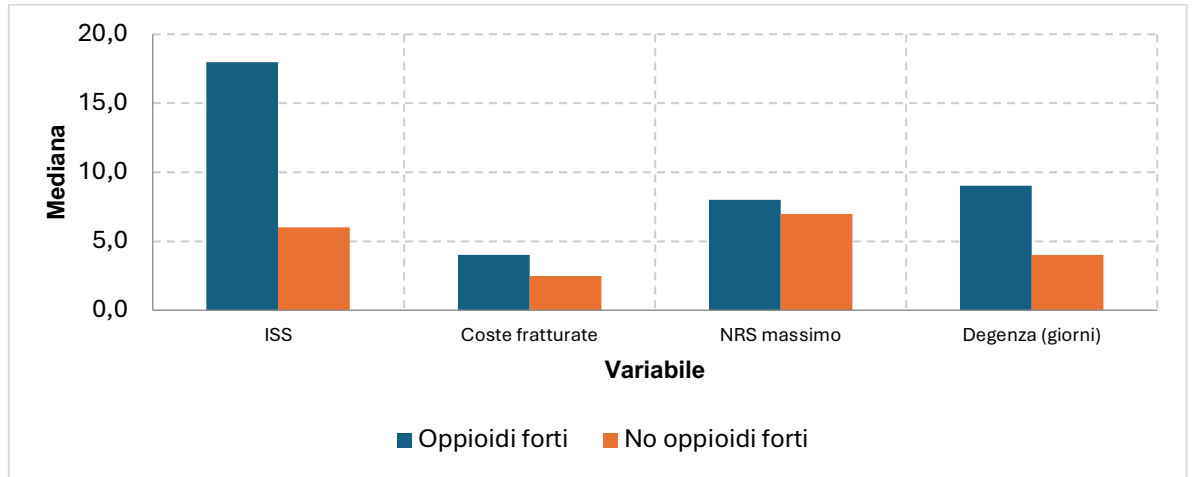


Figura 57: caratteristiche pz oppioidi forti vs gruppo di confronto

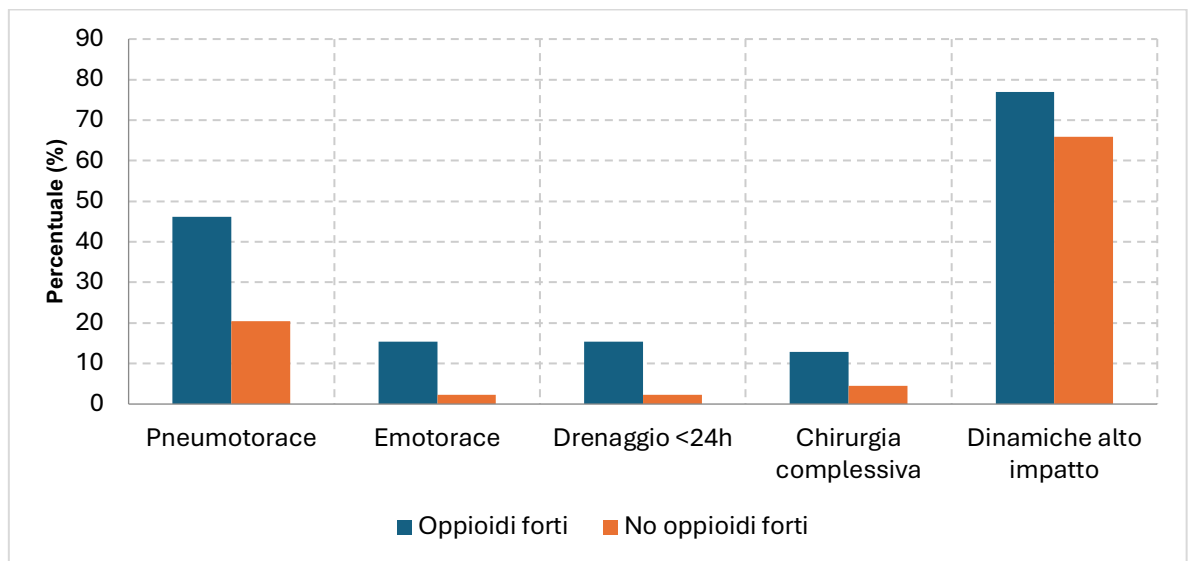


Figura 58: caratteristiche pz oppioidi forti vs gruppo di confronto

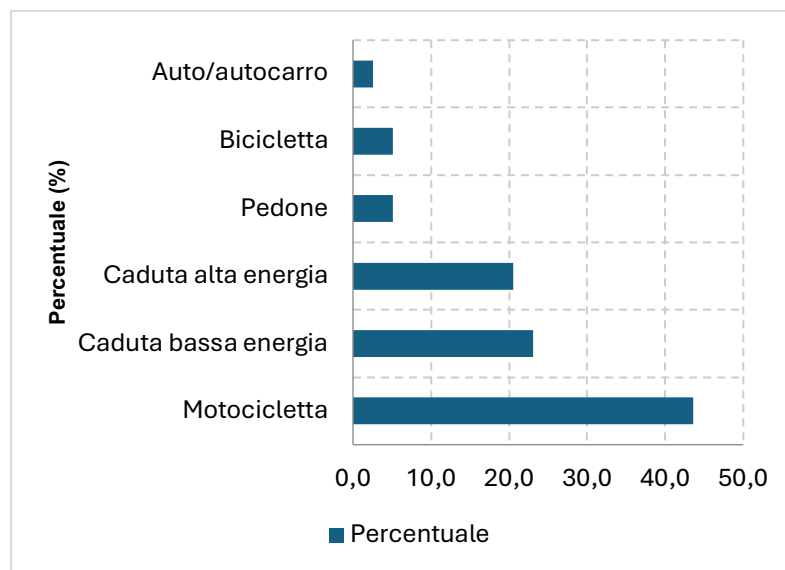


Figura 59: dinamiche traumatiche nei pazienti in trattamento con oppioidi forti

3.4 Discussione

La gestione del dolore nel trauma toracico contusivo costituisce una componente fondamentale dell'assistenza al paziente traumatizzato, soprattutto durante la fase iniziale, quando il controllo antalgico può influenzare tutto il decorso clinico del paziente compresa la qualità della ventilazione, la capacità di tossire efficacemente e la mobilitazione precoce. In questo contesto, lo studio TRAXIONS ha consentito di descrivere, all'interno di una coorte multicentrica, l'andamento dell'intensità del dolore nei primi giorni di degenza, valutata mediante *Numerical Rating Scale*, e di metterlo in relazione con le strategie analgesiche adottate, comprese le eventuali dosi *rescue*. Sono state poi analizzate le caratteristiche cliniche di quei pazienti trattati con oppioidi forti.

Nel campione arruolato al Policlinico San Martino è emersa una marcata prevalenza del sesso maschile (74,7%), dato coerente con il profilo epidemiologico tipico dei pazienti affetti da trauma toracico riportato dalla letteratura nazionale. Tale distribuzione può essere attribuita a fattori occupazionali, sociali e comportamentali, che determinano una maggiore esposizione a situazioni pericolose, come incidenti stradali, infortuni sul lavoro, attività sportive ad alto rischio e traumi ad alta energia. Lo studio conferma quindi come il sesso

maschile rappresenti un importante fattore associato all'esposizione agli eventi traumatici, piuttosto che alla suscettibilità biologica alle lesioni.

L'età media della popolazione studiata, risultata pari a 58,3 anni, evidenzia come il trauma toracico interessi prevalentemente soggetti di età medio-avanzata. Tale dato potrebbe riflettere il progressivo cambiamento epidemiologico osservato negli ultimi anni, caratterizzato da un aumento dei traumi nella popolazione anziana, conseguente all'invecchiamento demografico e alla maggiore sopravvivenza della popolazione generale. L'elevata età media del campione potrebbe riflettere, almeno in parte, le caratteristiche demografiche della popolazione ligure, tra le più anziane a livello nazionale, influenzando la distribuzione anagrafica dei pazienti afferenti per trauma toracico.

La distribuzione delle dinamiche traumatiche mostra una prevalenza degli incidenti motociclistici, seguiti da cadute a bassa ed alta energia. Questo dato mette in luce una doppia componente eziologica del trauma toracico: da un lato i traumi ad alta energia, tipici degli incidenti stradali e della popolazione giovanile, dall'altro i traumi da caduta, rilevanti nella popolazione anziana, dove traumi apparentemente minori possono determinare lesioni significative a causa della fragilità ossea e della presenza di comorbidità. Inoltre, la netta prevalenza degli incidenti motociclistici riflette alcune peculiarità del contesto urbano genovese, dove l'utilizzo di scooter è particolarmente diffuso rispetto ad altre regioni italiane.

Nel campione analizzato non sono state riscontrate patologie epatiche o renali croniche di rilievo, permettendo di escludere possibili fattori di confondimento correlati a tali condizioni nella scelta e nel dosaggio della terapia analgesica. Al contrario, la presenza di comorbidità cardiovascolari e respiratorie ha rappresentato un elemento potenzialmente influente nella gestione terapeutica: in particolare, tali condizioni hanno richiesto una attenta selezione del trattamento analgesico, soprattutto in considerazione del rischio di depressione respiratoria, bradicardia e ipotensione associato all'impiego degli oppioidi.

La valutazione del dolore al momento dell'arruolamento ha evidenziato come oltre la metà dei pazienti ha presentato un dolore severo (NRS 7–10), mentre la quasi totalità del campione ha riferito un dolore di intensità almeno moderata. Questo dato conferma come il trauma

toracico sia frequentemente associato a una sintomatologia dolorosa significativa fin dalle fasi iniziali del percorso assistenziale. Una tempestiva e adeguata gestione analgesica rappresenta un elemento fondamentale nel trattamento del paziente con trauma toracico, in quanto un controllo inadeguato del dolore può determinare una riduzione dell'espansione toracica e dell'efficacia della tosse, favorendo l'insorgenza di complicanze respiratorie.

Un dato particolarmente significativo emerso dall'analisi riguarda la presenza di 14 pazienti (16,9%) che non hanno ricevuto alcuna terapia analgesica al momento della valutazione iniziale. In questo sottogruppo, la maggioranza dei soggetti (78,6%) ha presentato un dolore di intensità almeno moderata ($\text{NRS} \geq 5$), con valori che in diversi casi hanno raggiunto livelli severi ($\text{NRS} 8-10$). Tale riscontro suggerisce una possibile sottovalutazione del sintomo dolore o un ritardo nell'instaurazione del trattamento analgesico. Tuttavia, questo risultato deve essere interpretato alla luce del contesto in cui è stato condotto lo studio, ovvero il Pronto Soccorso, dove la priorità è quella di identificare e trattare le condizioni potenzialmente letali e l'analgesia può essere posticipata rispetto ad altre procedure diagnostiche-terapeutiche urgenti. Nonostante queste peculiarità, i risultati suggeriscono l'opportunità di implementare ulteriormente protocolli strutturati di valutazione e trattamento del dolore, in modo tale da garantire un accesso più tempestivo all'analgesia nei pazienti con trauma toracico.

Il regime analgesico più intensivo è stato raggiunto mediamente entro 1,46 giorni dal trauma, con una distribuzione fortemente concentrata nelle prime 24 ore e un picco nel giorno stesso dell'evento traumatico. Questo andamento appare coerente con la fisiopatologia del dolore acuto post-traumatico, che tende a manifestare la massima intensità nelle ore immediatamente successive alla lesione. Di conseguenza, la necessità di ricorrere a strategie analgesiche più intensive emerge prevalentemente nelle fasi iniziali del percorso assistenziale. La successiva riduzione del numero di pazienti che raggiungono il massimo livello terapeutico nei giorni successivi potrebbe riflettere sia un progressivo miglioramento della sintomatologia dolorosa, sia il fatto che le principali decisioni terapeutiche venga assunta nelle prime fasi della gestione clinica. In una quota limitata di pazienti, tuttavia, il regime analgesico più intensivo è stato raggiunto solo a distanza di alcuni giorni dall'evento. Tale osservazione suggerisce come l'evoluzione del dolore possa presentare una certa

variabilità individuale, rendendo necessaria una rivalutazione clinica periodica e un eventuale adeguamento del trattamento analgesico nel corso del ricovero.

L'analisi del punteggio medio NRS al momento della valutazione iniziale mostra una tendenza alla diminuzione dell'intensità del dolore riportata con l'aumentare dell'età. I pazienti di età inferiore a 60 anni hanno riportato i punteggi medi più elevati, mentre le fasce più anziane hanno riferito dei punteggi progressivamente inferiori. Tale andamento potrebbe riflettere differenze nella percezione e nella modalità di espressione del dolore tra le diverse classi di età, oltre che possibili differenze nelle caratteristiche del trauma. È necessario sottolineare che le differenze riscontrate tra le fasce d'età sono contenute e che il presente studio non è stato progettato per valutare in modo specifico la relazione tra età e intensità del dolore. Per questo motivo, i risultati ottenuti devono essere interpretati principalmente in chiave descrittiva e non consentono di trarre conclusioni definitive sull'eventuale ruolo dell'età nella percezione della sintomatologia dolorosa.

Per quanto riguarda l'intensità del dolore riferita da due sessi al momento dell'accesso in Pronto Soccorso, le donne hanno riportato valori medi di NRS leggermente superiori rispetto agli uomini e una maggiore percentuale di pazienti con dolore severo. Sebbene questo andamento sia in linea con quanto osservato in altri contesti clinici, dove sono state descritte differenze legate alla percezione e alla comunicazione del dolore tra uomini e donne, i risultati del presente studio non consentono di formulare conclusioni definitive. La differenza riscontrata è infatti modesta e va considerata anche alla luce della diversa numerosità dei due gruppi, con una netta prevalenza di pazienti di sesso maschile nel campione.

L'analisi della relazione tra numero di fratture costali e intensità del dolore evidenzia un lieve incremento dell'NRS medio all'aumentare del numero di fratture costali. Questo andamento è in parte atteso, poiché un trauma con maggiore interessamento osseo può associarsi a una sintomatologia dolorosa più importante. Tuttavia, osservando la distribuzione dei singoli pazienti, il rapporto tra numero di fratture e dolore riferito appare tutt'altro che lineare. A parità di coste fratturate si riscontrano infatti valori di NRS molto diversi, e alcuni pazienti con numerose fratture riportano livelli di dolore simili, o talvolta inferiori, rispetto a soggetti con lesioni meno estese. Questo suggerisce che il dolore nel trauma toracico non possa essere

spiegato soltanto dal numero di fratture. Altri elementi, come la sede delle lesioni, l'eventuale coinvolgimento pleurico, la presenza di traumi associati, l'età e la diversa soglia individuale al dolore, possono contribuire in modo rilevante alla sintomatologia riferita. Quindi, la valutazione clinica non dovrebbe basarsi esclusivamente sul dato radiologico, ma includere sempre una misurazione diretta e ripetuta dell'intensità dolorosa riferita dal paziente.

Nel corso della prima settimana dopo il trauma si osserva una progressiva riduzione del dolore medio riferito dai pazienti. Tale diminuzione risulta più evidente nei primi giorni, passando da un NRS medio di 6,3 al giorno 0 a 4,4 al giorno 4. Questo andamento è in linea sia con la naturale evoluzione del dolore acuto post-traumatico, sia con l'effetto delle terapie analgesiche impostate durante il periodo di osservazione. Tuttavia, va sottolineato che, nonostante il miglioramento complessivo, il dolore non si risolve completamente: anche al termine della settimana il valore medio di NRS rimane intorno a 4, indicando una sintomatologia ancora clinicamente rilevante. Questo dato conferma come, nel trauma toracico, il dolore possa persistere oltre la fase iniziale e richieda quindi un monitoraggio continuativo. La lieve risalita osservata al giorno 7 deve essere interpretata con cautela, soprattutto per la riduzione del numero di pazienti ancora valutabili nei giorni più tardivi del follow-up. Dimissioni, dati mancanti o impossibilità di rilevare quotidianamente l'NRS possono infatti rendere meno rappresentative le stime finali rispetto a quelle dei primi giorni.

I trattamenti analgesici impostati al momento dell'arruolamento presentano una discreta variabilità tra i pazienti inclusi nello studio. La scelta più frequente è stata la monoterapia con paracetamolo o FANS, mentre le associazioni tra più classi di farmaci e gli schemi terapeutici più articolati sono stati utilizzati in una quota più limitata di casi. Questa variabilità può essere spiegata, almeno in parte, dalle diverse caratteristiche cliniche dei pazienti, sia in termini di estensione del trauma sia di intensità del dolore riferito, oltre che dalla possibile presenza di controindicazioni all'utilizzo di alcune classi analgesiche. Inoltre, il dato potrebbe riflettere una gestione non completamente standardizzata del dolore, con strategie terapeutiche adattate di volta in volta alla valutazione del singolo caso.

Nel corso del follow-up si osserva poi una progressiva modifica delle strategie terapeutiche adottate. Paracetamolo e FANS rimangono il trattamento più frequentemente utilizzato

durante tutto il periodo di osservazione, confermandosi come base della gestione farmacologica del dolore nel trauma toracico. Emerge però un aumento graduale del ricorso agli oppioidi, soprattutto agli oppioidi forti, la cui frequenza cresce nei giorni successivi all'arruolamento, probabilmente per la necessità di intensificare il trattamento nei pazienti con dolore persistente o non adeguatamente controllato dalla sola terapia non oppioide.

Analizzando la variazione del punteggio NRS tra il giorno 0 e il giorno 1 in base alla terapia analgesica presente al momento dell'arruolamento, si può osservare un andamento non uniforme tra i diversi gruppi: nei pazienti già in trattamento si verifica una stabilità o una riduzione del dolore nelle prime 24 ore, mentre nei soggetti che al giorno 0 non hanno ricevuto alcuna terapia analgesica il valore medio di NRS tende ad aumentare. Questo risultato sottolinea il possibile ruolo di una gestione analgesica precoce nel trauma toracico. Tuttavia, dal momento che i gruppi non sono perfettamente sovrapponibili tra loro, il dato deve essere interpretato con cautela. Le riduzioni osservate nei gruppi trattati con oppioidi sono compatibili con l'effetto analgesico di questi farmaci, ma non permettono di stabilire una superiorità di un regime rispetto agli altri. L'andamento del dolore può infatti essere influenzato da diversi elementi, tra cui il livello di NRS iniziale, le caratteristiche del trauma, la presenza di lesioni associate, il momento della somministrazione dei farmaci e la diversa risposta individuale. Va inoltre considerato che, nelle prime ore dopo il trauma, anche fattori non strettamente farmacologici possono incidere sulla percezione del dolore: ansia, paura, stress legato all'accesso in Pronto Soccorso e difficoltà nell'utilizzo della scala NRS possono condizionare il punteggio riferito inizialmente. Con il passare delle ore, la stabilizzazione clinica e un maggiore adattamento alla situazione possono contribuire a modificare la percezione dolorosa. Infine, limitandoci all'analisi del solo intervallo tra giorno 0 e giorno 1, non è possibile valutare compiutamente l'efficacia di tali trattamenti, poiché la risposta analgesica può richiedere tempi più lunghi per manifestarsi pienamente.

L'analisi del ricorso alle dosi analgesiche *rescue* mostra un andamento temporale caratterizzato da un incremento nei primi giorni successivi al trauma, con un picco osservato al giorno 2 e valori ancora elevati al giorno 3. Successivamente si registra una progressiva riduzione del numero di pazienti che necessitano di analgesia aggiuntiva. Tale andamento riflette la naturale evoluzione del dolore nel trauma toracico: nelle prime 24-72 ore, infatti,

il processo infiammatorio conseguente alla lesione può determinare un aumento della sintomatologia dolorosa, rendendo necessario un maggiore ricorso a trattamenti supplementari rispetto a quelli inizialmente prescritti; la successiva diminuzione del ricorso all'analgesia *rescue* potrebbe invece essere attribuita sia al progressivo miglioramento del quadro clinico sia all'ottimizzazione delle terapie analgesiche di base, come suggerito dal contemporaneo incremento dell'impiego di oppioidi e dall'andamento decrescente dei valori medi di NRS osservato nel corso del follow-up. È importante considerare anche che il ricorso alle dosi *rescue* può essere considerato un segnale indiretto del grado di controllo del dolore. Il fatto che una quota non trascurabile di pazienti abbia richiesto analgesia aggiuntiva nei primi giorni dopo il trauma indica che, in questa fase, la terapia impostata può non essere sempre sufficiente e deve quindi essere rivalutata regolarmente, con eventuali modifiche in base all'andamento della sintomatologia.

Per quanto riguarda l'analisi dei pazienti trattati con oppioidi forti, questa consente di identificare un sottogruppo clinicamente distinto all'interno della casistica analizzata: nel complesso, questi pazienti non sembrano caratterizzati da una specifica dinamica traumatica, ma piuttosto da una maggiore gravità del trauma toracico e da un decorso clinico più impegnativo:

- È interessante osservare che solo circa la metà dei pazienti trattati con oppioidi forti li riceveva già al giorno 0, mentre nel restante 51,3% dei casi l'introduzione è avvenuta nei giorni successivi. Questo dato suggerisce una frequente necessità di escalation analgesica durante il follow-up, verosimilmente legata a dolore persistente o controllo antalgico insufficiente con la terapia iniziale;
- Il maggiore ISS osservato nel gruppo oppioidi forti suggerisce che la prescrizione di tali farmaci sia stata guidata, almeno in parte, dalla severità globale del trauma. Questo elemento è rilevante perché introduce un possibile confondimento per indicazione: i pazienti non ricevono oppioidi forti in modo casuale, ma perché presentano quadri clinici più gravi, più dolorosi o più complessi;
- Il maggior numero di fratture costali nel gruppo oppioidi forti è coerente con la fisiopatologia del dolore nel trauma toracico. Le fratture costali possono determinare dolore intenso durante respirazione profonda, tosse e mobilizzazione, contribuendo

a ipoventilazione, ridotta clearance delle secrezioni e maggiore rischio di complicanze respiratorie. Tuttavia, il dato conferma anche che il numero di fratture non deve essere interpretato isolatamente, poiché la sintomatologia dolorosa resta influenzata da fattori individuali e clinici.

- La maggiore frequenza di pneumotorace ed emotorace suggerisce che gli oppioidi forti siano stati utilizzati nei pazienti con trauma toracico più esteso, non limitato alla sola parete costale. Questo aspetto può avere contribuito sia alla maggiore intensità del dolore sia alla maggiore complessità assistenziale, poiché queste lesioni pleuro-polmonari richiedono più frequentemente procedure invasive anche in urgenza quali posizionamento di drenaggio toracico, intervento chirurgico o di radiologia interventistica.
- L’NRS massimo più elevato e il peggior comfort nel gruppo oppioidi forti indicano che tali farmaci sono stati impiegati soprattutto nei pazienti con dolore severo o non adeguatamente controllato. Questo risultato non va interpretato come prova di inefficacia degli oppioidi, ma come indicatore del fatto che essi sono stati somministrati a pazienti con maggiore bisogno antalgico. In altri termini, l’oppioide forte appare più un marker di dolore severo che un determinante diretto di outcome sfavorevole.
- La maggiore frequenza di drenaggio toracico nei pazienti trattati con oppioidi forti è coerente con la maggiore prevalenza di pneumotorace ed emotorace. Al contrario, l’assenza di una differenza statisticamente significativa nella chirurgia complessiva suggerisce che gli oppioidi forti non identificano necessariamente pazienti più frequentemente chirurgici, ma piuttosto pazienti con trauma toracico più grave, più doloroso e talvolta più frequentemente sottoposto a procedure pleuriche.
- L’assenza di una differenza statisticamente significativa nella distribuzione delle dinamiche traumatiche suggerisce che la decisione di utilizzare oppioidi forti non sia stata determinata dal meccanismo dell’evento in sé, ma dalle conseguenze clinico-anatomiche del trauma. Pertanto, nella descrizione dei risultati, è più corretto affermare che gli oppioidi forti identificano un fenotipo di maggiore gravità clinica, non una specifica dinamica lesiva
- Un ulteriore elemento a supporto della maggiore complessità antalgica dei pazienti trattati con oppioidi forti è rappresentato dal maggior ricorso a dosi analgesiche

rescue in alcune giornate del follow-up. In particolare, al giorno 2 e al giorno 4, la percentuale di pazienti che ha richiesto terapia analgesica aggiuntiva è risultata più elevata nel gruppo oppioidi forti rispetto al gruppo non trattato con oppioidi forti. Questo dato suggerisce che, in tale sottogruppo, il controllo del dolore sia stato più difficoltoso e abbia richiesto non solo una terapia analgesica di base più intensiva, ma anche somministrazioni aggiuntive al bisogno

Nell'interpretazione dei risultati è necessario tenere conto di alcuni possibili fattori di confondimento legati sia alla rilevazione del dolore sia alla gestione terapeutica. Infatti, il dolore rappresenta un'esperienza fortemente soggettiva e può essere influenzato da aspetti individuali, emotivi e culturali. Alcuni pazienti, pur riportando valori elevati di NRS, possono aver inizialmente esitato ad accettare la terapia proposta, per timore degli effetti indesiderati, per una certa diffidenza verso gli oppioidi o per convinzioni personali. Al contrario, altri soggetti possono aver riferito un dolore inferiore a quello realmente percepito, ad esempio per evitare un incremento della terapia analgesica. Anche lo stato emotivo al momento dell'accesso in Pronto Soccorso può avere inciso sulla valutazione iniziale: l'ansia legata al trauma, all'ambiente ospedaliero e all'incertezza diagnostica potrebbe aver amplificato la percezione dolorosa in alcuni pazienti. Inoltre, la corretta comprensione della scala NRS non è sempre garantita, soprattutto in presenza di barriere linguistiche, basso livello di istruzione, età avanzata o alterazioni dello stato cognitivo. Un ulteriore elemento da considerare riguarda la possibile variabilità tra operatori, sia nella somministrazione della scala sia nella scelta del trattamento analgesico. Anche l'intervallo di tempo tra la rilevazione dell'NRS e l'effettiva somministrazione della terapia può aver influenzato l'andamento dei valori osservati. Questi aspetti rappresentano quindi possibili fonti di *bias* e devono essere considerati nella lettura complessiva dei dati.

Va infine sottolineato che, nella casistica analizzata, nessun paziente è stato trattato con tecniche di analgesia loco-regionale. L'impiego di tali procedure, in associazione alla terapia farmacologica sistemica, avrebbe potuto favorire un controllo più rapido e marcato del dolore, con possibile riduzione del fabbisogno di analgesici sistemici.

3.5 Conclusioni

Lo studio TRAXIONS ha permesso di analizzare una popolazione di pazienti con trauma toracico contusivo afferenti al Policlinico San Martino, ponendo particolare attenzione all'andamento del dolore, alle strategie analgesiche utilizzate nei primi giorni dopo il trauma e alle caratteristiche cliniche dei pazienti in trattamento con oppioidi forti.

Dai dati raccolti emerge innanzitutto come il dolore rappresenti un elemento centrale nel trauma toracico: infatti, al momento dell'arruolamento, una quota rilevante di pazienti ha presentato valori di NRS elevati, spesso compatibili con un dolore severo; questo conferma quanto il controllo antalgico debba essere considerato un aspetto fondamentale della gestione clinica, non solo per migliorare il comfort del paziente, ma anche per favorire una respirazione efficace, la tosse e la mobilitazione precoce.

Un dato di particolare interesse riguarda la presenza di pazienti che, pur riferendo dolore moderato o severo, non hanno ricevuto alcuna terapia analgesica al momento della valutazione iniziale. Questo risultato non va interpretato necessariamente come una mancata attenzione al sintomo, considerando il contesto del Pronto Soccorso e la necessità di dare priorità alla stabilizzazione del paziente e all'esclusione di condizioni potenzialmente pericolose per la vita. Tuttavia, suggerisce che possa essere più tempestiva e sistematica la valutazione del dolore già nelle prime fasi della presa in carico.

Per quanto riguarda la terapia analgesica, paracetamolo e FANS hanno rappresentato la base del trattamento nella maggior parte dei casi. Nei giorni successivi si è osservato un progressivo aumento dell'utilizzo degli oppioidi, in particolare degli oppioidi forti, verosimilmente nei pazienti con dolore persistente o non adeguatamente controllato dalla terapia iniziale.

L'analisi dedicata ai pazienti trattati con oppioidi forti permette di delineare un profilo clinico ben definito, caratterizzato da maggiore severità traumatica, maggiore estensione delle lesioni toraciche, dolore più intenso e decorso assistenziale più complesso.

Un ulteriore elemento da considerare è l'assenza, nella casistica analizzata, di pazienti trattati con tecniche di analgesia loco-regionale. Emerge quindi la necessità di considerare

l'introduzione di tecniche locoregionali anche nella realtà del San Martino, alla luce delle evidenze di letteratura che le indicano come efficaci.

In conclusione, il dolore nel trauma toracico si conferma un problema frequente e clinicamente rilevante. I pazienti trattati con oppioidi forti rappresentano un sottogruppo con trauma toracico più severo, maggiore coinvolgimento pleuro-polmonare, dolore più intenso e ricovero più lungo. Questi risultati supportano l'importanza di protocolli analgesici strutturati, rivalutazioni frequenti del dolore e possibile integrazione di tecniche locoregionali nei pazienti con dolore toracico severo o scarso controllo con terapia sistemica.

4 BIBLIOGRAFIA

1. Dumovich J, Singh P. Physiology, Trauma. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 [citato 17 marzo 2026]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538478/> PubMed PMID: 30860713.
2. Miclau T, Balogh ZJ, Miclau KR, Bernstein B, Kojima KE, Kurozumi T, et al. Trauma systems: a global comparison. *OTA Int.* 2 maggio 2025;8(3 Suppl):e376. doi:10.1097/OI9.0000000000000376 PubMed PMID: 40321463; PubMed Central PMCID: PMC12045295.
3. Thompson L, Hill M, Shaw G. Defining major trauma: a literature review. *Br Paramed J.* 1 giugno 2019;4(1):22–30. doi:10.29045/14784726.2019.06.4.1.22 PubMed PMID: 33328825; PubMed Central PMCID: PMC7706773.
4. Jeanmougin T, Cole E, Duceau B, Raux M, James A. Heterogeneity in defining multiple trauma: a systematic review of randomized controlled trials. *Crit Care.* 22 settembre 2023;27(1):363. doi:10.1186/s13054-023-04637-w PubMed PMID: 37736733; PubMed Central PMCID: PMC10515068.
5. Pape HC, Lefering R, Butcher N, Peitzman A, Leenen L, Marzi I, et al. The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new «Berlin definition». *J Trauma Acute Care Surg.* novembre 2014;77(5):780–6. doi:10.1097/TA.0000000000000453 PubMed PMID: 25494433.
6. Marsden NJ, Tuma F. Polytraumatized Patient. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 [citato 16 marzo 2026]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554426/> PubMed PMID: 32119313.
7. Jain A, Waseem M. Thoracic Trauma. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 [citato 17 marzo 2026]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482194/> PubMed PMID: 29489280.
8. Coccolini F, Cremonini C, Moore EE, Civil I, Balogh Z, Leppaniemi A, et al. Thoracic trauma WSES-AAST guidelines. *World J Emerg Surg.* 15 ottobre 2025;20:78. doi:10.1186/s13017-025-00651-1 PubMed PMID: 41094688; PubMed Central PMCID: PMC12522690.
9. Lecky FE, Bouamra O, Woodford M, Alexandrescu R, O'Brien S. Epidemiology of Polytrauma. In: Pape HC, Peitzman A, Schwab W, Giannoudis P, curatori. *Damage Control Management in the Polytrauma Patient.* New York: Springer; 2010. p. 13–24. doi:10.1007/978-0-387-89508-6_2
10. Caputo G, Meda S, Piccioni A, Saviano A, Ojetti V, Savioli G, et al. Thoracic Trauma: Current Approach in Emergency Medicine. *Clin Pract.* 10 settembre 2024;14(5):1869–85. doi:10.3390/clinpract14050148 PubMed PMID: 39311298; PubMed Central PMCID: PMC11417912.

11. Kopicibasi HO. Age differences in blunt chest trauma: a cross-sectional study. *Kardiochir Torakochirurgia Pol.* settembre 2020;17(3):123–6. doi:10.5114/kitp.2020.99074 PubMed PMID: 33014086; PubMed Central PMCID: PMC7526491.
12. Hanafi M, Al-Sarraf N, Sharaf H, Abdelaziz A. Pattern and presentation of blunt chest trauma among different age groups. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* febbraio 2011;19(1):48–51. doi:10.1177/0218492310395954 PubMed PMID: 21357318.
13. Chrysou K, Halat G, Hokscho B, Schmid RA, Kocher GJ. Lessons from a large trauma center: impact of blunt chest trauma in polytrauma patients—still a relevant problem? *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 20 aprile 2017;25:42. doi:10.1186/s13049-017-0384-y PubMed PMID: 28427480; PubMed Central PMCID: PMC5399315.
14. Dogrul BN, Kiliccalan I, Asci ES, Peker SC. Blunt trauma related chest wall and pulmonary injuries: An overview. *Chin J Traumatol.* giugno 2020;23(3):125–38. doi:10.1016/j.cjtee.2020.04.003 PubMed PMID: 32417043; PubMed Central PMCID: PMC7296362.
15. Ritenour AE, Blackburne LH, Kelly JF, McLaughlin DF, Pearse LA, Holcomb JB, et al. Incidence of primary blast injury in US military overseas contingency operations: a retrospective study. *Ann Surg.* giugno 2010;251(6):1140–4. doi:10.1097/SLA.0b013e3181e01270 PubMed PMID: 20485126.
16. Jain A, Sekusky AL, Burns B. Penetrating Chest Trauma(Archived). In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 [citato 19 marzo 2026]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535444/> PubMed PMID: 30571065.
17. Koutsouroumpa C, Leivaditis V, Mulita F, Papatriantafyllou A, Grapatsas K, Baltagianni M, et al. Lung parenchymal trauma biomechanics, mechanisms, and classification: a narrative review of the current knowledge. *Kardiochir Torakochirurgia Pol.* 18 giugno 2025;22(2):100–11. doi:10.5114/kitp.2025.152221 PubMed PMID: 40718668; PubMed Central PMCID: PMC12288501.
18. Cassuto J, Ezuddin N, Danton G. Blunt Chest Trauma: A Radiologic Approach and Review. *Curr Radiol Rep.* 3 maggio 2018;6(7):23. doi:10.1007/s40134-018-0279-3
19. Oikonomou A, Prassopoulos P. CT imaging of blunt chest trauma. *Insights Imaging.* 11 febbraio 2011;2(3):281–95. doi:10.1007/s13244-011-0072-9 PubMed PMID: 22347953; PubMed Central PMCID: PMC3259405.
20. Lung parenchymal trauma biomechanics, mechanisms, and classification: a narrative review of the current knowledge - PMC [Internet]. [citato 20 marzo 2026]. Disponibile su: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12288501/>

21. Sziklavari Z, Molnar TF. Blast injuries to the thorax. *J Thorac Dis.* febbraio 2019;11(Suppl 2):S167–71. doi:10.21037/jtd.2018.11.106 PubMed PMID: 30906581; PubMed Central PMCID: PMC6389562.
22. Kirkman E, Watts S. Characterization of the response to primary blast injury. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 27 gennaio 2011;366(1562):286–90. doi:10.1098/rstb.2010.0249 PubMed PMID: 21149364; PubMed Central PMCID: PMC3013437.
23. Kramer JL. Pathophysiology of Thoracic Trauma. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth.* 1 giugno 2002;6(2):57–61. doi:10.1177/108925320200600202
24. Cohn SM. Pulmonary Contusion: Review of the Clinical Entity. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery.* maggio 1997;42(5):973.
25. Ross SE, Cernaianu AC. Epidemiology of thoracic injuries: Mechanisms of injury and pathophysiology. *Advanced Emergency Nursing Journal.* aprile 1990;12(1):1.
26. Kasotakis G, Stanfield B, Haines K, Vatsaas C, Alger A, Vaslef SN, et al. Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) after trauma: Improving incidence, but increasing mortality. *Journal of Critical Care.* 1 agosto 2021;64:213–8. doi:10.1016/j.jcrc.2021.05.003
27. Wang L, Su S, Liang L, Yu H. Thoracic blunt trauma causing fatal cardiac rupture and aortic dissection: A narrative review. *J Int Med Res.* 15 ottobre 2025;53(10):03000605251386164. doi:10.1177/03000605251386164 PubMed PMID: 41094707; PubMed Central PMCID: PMC12536176.
28. Wang Z, Rostami-Tabar B, Haider J, Naim M, Haider J. A Systematic Literature Review of Trauma Systems: An Operations Management Perspective. *Adv Rehabil Sci Pract.* 2025;14:27536351241310645. doi:10.1177/27536351241310645 PubMed PMID: 39830526; PubMed Central PMCID: PMC11742173.
29. Guidelines for essential trauma care [Internet]. [citato 24 marzo 2026]. Disponibile su: <https://www.who.int/publications/i/item/guidelines-for-essential-trauma-care>
30. Valcarcel CR, Bieler D, Bass GA, Gaarder C, Hildebrand F, ESTES Polytrauma Consensus Group. ESTES recommendations for the treatment of polytrauma-a European consensus based on the German S3 guidelines for the treatment of patients with severe/multiple injuries. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 11 aprile 2025;51(1):171. doi:10.1007/s00068-025-02852-4 PubMed PMID: 40214785; PubMed Central PMCID: PMC11991986.
31. Ruffinato Soccorso preospedaliero - Manuale pratico per operatori sanitari - Con linee guida - BLS - PBLs - AHA e ERC 2005 - 2006 Centro Scientifico Editore [Internet]. [citato 25 marzo 2026]. Disponibile su: <https://www.libreriauniverso.it/>

32. Hsieh SL, Hsiao CH, Chiang WC, Shin SD, Jamaluddin SF, Son DN, 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.* agosto 2022;48(4):2709–16. doi:10.1007/s00068-021-01816-8 PubMed PMID: 34825274.
33. Pamerneckas A, Macas A, Vaitkaitis D, Vaitkaitis A, Gudeniene R. Golden hour - early postinjury period. *Medicina (Kaunas).* 2003;39(9):845–51. PubMed PMID: 14515046.
34. IRC Edizioni [Internet]. [citato 25 marzo 2026]. Disponibile su: <https://ircedizioni.it/prodotto/274/details>
35. Prehospital trauma care systems [Internet]. [citato 25 marzo 2026]. Disponibile su: <https://www.who.int/publications/i/item/prehospital-trauma-care-systems>
36. Hamed Elbaih A, Basyouni F. Teaching Approach of Primary Survey in Trauma Patients. *SunText Review of Surgery.* 21 agosto 2020;1:1–7. doi:10.51737/2766-4767.2020.001
37. Kool DR, Blickman JG. Advanced Trauma Life Support. ABCDE from a radiological point of view. *Emerg Radiol.* luglio 2007;14(3):135–41. doi:10.1007/s10140-007-0633-x PubMed PMID: 17564732; PubMed Central PMCID: PMC1914302.
38. Lodhia JV, Eyre L, Smith M, Toth L, Troxler M, Milton RS. Management of thoracic trauma. *Anaesthesia.* 2023;78(2):225–35. doi:10.1111/anae.15934
39. ACS Store [Internet]. [citato 27 marzo 2026]. ATLS ® Student Course Manual, 10th Edition. Disponibile su: <https://store.facs.org/atls-student-course-manual-10th-edition>
40. White CC, Domeier RM, Millin MG, Standards and Clinical Practice Committee, National Association of EMS Physicians. EMS spinal precautions and the use of the long backboard - resource document to the position statement of the National Association of EMS Physicians and the American College of Surgeons Committee on Trauma. *Prehosp Emerg Care.* 2014;18(2):306–14. doi:10.3109/10903127.2014.884197 PubMed PMID: 24559236.
41. Hood N, Considine J. Spinal immobilisation in pre-hospital and emergency care: A systematic review of the literature. *Australasian Emergency Nursing Journal.* 1 agosto 2015;18(3):118–37. doi:10.1016/j.aenj.2015.03.003
42. Conti M. ATLS – TRAUMATOLOGIA E TRATTAMENTO DELLE LESIONI SUPPORTO VITALE NEL TRAUMA.
43. Feller R, Furin M, Alloush A, Reynolds C. EMS Immobilization Techniques. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 [citato 30 marzo

2026]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459341/> PubMed PMID: 29083568.

44. Prasarn ML, Hyldmo PK, Zdziarski LA, Loewy E, Dubose D, Horodyski M, et al. Comparison of the Vacuum Mattress versus the Spine Board Alone for Immobilization of the Cervical Spine Injured Patient: A Biomechanical Cadaveric Study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 15 dicembre 2017;42(24):E1398–402. doi:10.1097/BRS.0000000000002260 PubMed PMID: 28591075.
45. Bucher J, Dos Santos F, Frazier D, Merlin MA. Rapid Extrication versus the Kendrick Extrication Device (KED): Comparison of Techniques Used After Motor Vehicle Collisions. *West J Emerg Med*. maggio 2015;16(3):453–8. doi:10.5811/westjem.2015.1.21851 PubMed PMID: 25987929; PubMed Central PMCID: PMC4427226.
46. ATLS_11thEdition_Course_Manual_Final_250521_233327.pdf - Google Drive [Internet]. [citato 31 marzo 2026]. Disponibile su: https://drive.google.com/file/d/1uVxUEX6YLKA_E1emvHbOr6BLVcXs-4NW/view?pli=1
47. Castro D, Patil SM, Zubair M, Keenaghan M. Arterial Blood Gas. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 [citato 31 marzo 2026]. Disponibile su: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK536919/> PubMed PMID: 30725604.
48. Ahn Y, Görlinger K, Alam HB, Eikermann M. Pain-associated respiratory failure in chest trauma. *Anesthesiology*. marzo 2013;118(3):701–8. doi:10.1097/ALN.0b013e318283996b PubMed PMID: 23403516.
49. Marano M. [Blood gas analysis and dyspnea.]. *Giornale italiano di nefrologia : organo ufficiale della Societa italiana di nefrologia*. 1 novembre 2012;29:761.
50. Admission base deficit and lactate levels in Canadian patients with blunt trauma: are they useful markers of mortality? - PubMed [Internet]. [citato 31 marzo 2026]. Disponibile su: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22695417/>
51. Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick LM, Körner M, Kay MV, Pfeifer KJ, et al. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet*. 25 aprile 2009;373(9673):1455–61. doi:10.1016/S0140-6736(09)60232-4 PubMed PMID: 19321199.
52. Desai N, Harris T. Extended focused assessment with sonography in trauma. *BJA Educ*. febbraio 2018;18(2):57–62. doi:10.1016/j.bjae.2017.10.003 PubMed PMID: 33456811; PubMed Central PMCID: PMC7807983.
53. Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST) - PMC [Internet]. [citato 1 aprile 2026]. Disponibile su: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10413405/>

54. Kirkpatrick AW, Sirois M, Laupland KB, Liu D, Rowan K, Ball CG, et al. Hand-held thoracic sonography for detecting post-traumatic pneumothoraces: the Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma (EFAST). *J Trauma*. agosto 2004;57(2):288–95. doi:10.1097/01.ta.0000133565.88871.e4 PubMed PMID: 15345974.
55. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound | *Intensive Care Medicine* | Springer Nature Link [Internet]. [citato 2 aprile 2026]. Disponibile su: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00134-012-2513-4>
56. Lung Ultrasound in Critical Care: A Narrative Review - PubMed [Internet]. [citato 2 aprile 2026]. Disponibile su: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40150097/>
57. Marini TJ, Rubens DJ, Zhao YT, Weis J, O'Connor TP, Novak WH, et al. Lung Ultrasound: The Essentials. *Radiol Cardiothorac Imaging*. aprile 2021;3(2):e200564. doi:10.1148/ryct.2021200564 PubMed PMID: 33969313; PubMed Central PMCID: PMC8098095.
58. Sayed MS, Elmeslmany KA, Elsayy AS, Mohamed NA. The Validity of Quantifying Pulmonary Contusion Extent by Lung Ultrasound Score for Predicting ARDS in Blunt Thoracic Trauma. *Crit Care Res Pract*. 2022;2022:3124966. doi:10.1155/2022/3124966 PubMed PMID: 35655633; PubMed Central PMCID: PMC9155943.
59. Grasselli G, Calfee CS, Camporota L, Poole D, Amato MBP, Antonelli M, et al. ESICM guidelines on acute respiratory distress syndrome: definition, phenotyping and respiratory support strategies. *Intensive Care Med*. 1 luglio 2023;49(7):727–59. doi:10.1007/s00134-023-07050-7
60. Spinelli E, Mauri T, Beitler JR, Pesenti A, Brodie D. Respiratory drive in the acute respiratory distress syndrome: pathophysiology, monitoring, and therapeutic interventions. *Intensive Care Med*. 1 aprile 2020;46(4):606–18. doi:10.1007/s00134-020-05942-6
61. British Thoracic Society Guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings - PMC [Internet]. [citato 3 aprile 2026]. Disponibile su: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5531304/>
62. High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy in Adults: Physiological Benefits, Indication, Clinical Benefits, and Adverse Effects - Masaji Nishimura, 2016 [Internet]. [citato 3 aprile 2026]. Disponibile su: https://journals.sagepub.com/doi/10.4187/respcare.04577?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200pubmed
63. Margutti E, Greco I, Brambilla AM, Maraffi T, Cosentini R. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure: the key “W” questions. *Intern Emerg Med*. 1 dicembre 2017;12(8):1307–11. doi:10.1007/s11739-017-1721-x

64. Nava S, Hill N. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *The Lancet*. 18 luglio 2009;374(9685):250–9. doi:10.1016/S0140-6736(09)60496-7 PubMed PMID: 19616722.
65. Anderson D, Chen SA, Godoy LA, Brown LM, Cooke DT. Comprehensive Review of Chest Tube Management: A Review. *JAMA Surg*. 1 marzo 2022;157(3):269–74. doi:10.1001/jamasurg.2021.7050
66. Rösch RM. From diagnosis to therapy: the acute traumatic hemothorax – an orientation for young surgeons. *Innov Surg Sci*. 8(4):221–6. doi:10.1515/iss-2023-0062 PubMed PMID: 38510367; PubMed Central PMCID: PMC10949117.
67. Higgins MCSS, Shi J, Bader M, Kohanteb PA, Brahmabhatt TS. Role of Interventional Radiology in the Management of Non-aortic Thoracic Trauma. *Semin Intervent Radiol*. 31 agosto 2022;39(3):312–28. doi:10.1055/s-0042-1753482 PubMed PMID: 36062226; PubMed Central PMCID: PMC9433159.
68. Wagner HJ, Goossen K, Hilbert-Carius P, Braunschweig R, Kildal D, Hinck D, et al. Endovascular management of haemorrhage and vascular lesions in patients with multiple and/or severe injuries: a systematic review and clinical practice guideline update. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 16 gennaio 2025;51(1):22. doi:10.1007/s00068-024-02719-0
69. Hemati K, Gray AT, Agrawal A. A Comprehensive Review of the Non-operative Management of Traumatic Rib Fractures. *Curr Anesthesiol Rep*. 1 dicembre 2024;14(4):567–75. doi:10.1007/s40140-024-00645-w
70. Bresgen TU, Salinaro F, Barcella B, Perlini S, Mascherona I, Di Pietro S. Acute pain management of rib fractures: a narrative review. *Injury*. dicembre 2025;56(12):112857. doi:10.1016/j.injury.2025.112857 PubMed PMID: 41223579.
71. Saranteas T, Kostroglou A, Anagnostopoulos D, Giannoulis D, Vasiliou P, Mavrogenis AF. Pain is vital in resuscitation in trauma. *SICOT J*. 5:28. doi:10.1051/sicotj/2019028 PubMed PMID: 31414982; PubMed Central PMCID: PMC6694744.
72. Thong ISK, Jensen MP, Miró J, Tan G. The validity of pain intensity measures: what do the NRS, VAS, VRS, and FPS-R measure? *Scand J Pain*. 26 gennaio 2018;18(1):99–107. doi:10.1515/sjpain-2018-0012 PubMed PMID: 29794282.
73. van Zyl T, Ho AMH, Klar G, Haley C, Ho AK, Vasily S, et al. Analgesia for rib fractures: a narrative review. *Can J Anesth/J Can Anesth*. 1 aprile 2024;71(4):535–47. doi:10.1007/s12630-024-02725-1
74. Hemati K, Gray AT, Agrawal A. A Comprehensive Review of the Non-operative Management of Traumatic Rib Fractures. *Curr Anesthesiol Rep*. 1 dicembre 2024;14(4):567–75. doi:10.1007/s40140-024-00645-w

75. Kim M, Moore JE. Chest Trauma: Current Recommendations for Rib Fractures, Pneumothorax, and Other Injuries. *Curr Anesthesiol Rep.* 2020;10(1):61–8. doi:10.1007/s40140-020-00374-w PubMed PMID: 32435162; PubMed Central PMCID: PMC7223697.
76. Crush J, Levy N, Knaggs RD, Lobo DN. Misappropriation of the 1986 WHO analgesic ladder: the pitfalls of labelling opioids as weak or strong. *Br J Anaesth.* agosto 2022;129(2):137–42. doi:10.1016/j.bja.2022.03.004 PubMed PMID: 35397880.
77. El-Boghdadly K, Wiles MD. Regional anaesthesia for rib fractures: too many choices, too little evidence. *Anaesthesia.* maggio 2019;74(5):564–8. doi:10.1111/anae.14634 PubMed PMID: 30859560.
78. Dost B, Kaya C, Turunc E, Amaral S, Tulgar S, Gurkan Y, et al. Thoracic wall fascial plane blocks: a narrative review for breast, thoracic, and cardiac surgery. *J Anesth Analg Crit Care.* 16 dicembre 2025;6(1):9. doi:10.1186/s44158-025-00328-w PubMed PMID: 41402872; PubMed Central PMCID: PMC12822337.