UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Infermieristica

ECMO veno-venosa nel paziente con insufficienza respiratoria grave: aspetti di gestione infermieristica.

Veno-venous ECMO in patients with severe respiratory failure: nursing management aspects.

Relatore:
Prof.ssa Elisa Damiani

Tesi di Laurea di:
Benedetta Carlotta Redavid

A.A. 2025/2026

INDICE

ABSTRACT **3**

INTRODUZIONE **1**

I: DESCRIZIONE DEL PROBLEMA **2**

1.1 Inquadramento teorico 2

1.1.1 L'ECMO 2

1.1.2 Insufficienza respiratoria refrattaria 10

1.1.2.1 Diagnosi: 17

1.1.2.2 Considerazioni epidemiologiche: 17

1.1.2.3.Semeiotica e presentazione clinica: 18

1.1.2.4 Principi generali di gestione terapeutica: 20

1.2 Criteri di selezione dei pazienti: 24

II SCOPO DELLO STUDIO: **29**

2.1 Obiettivo dello studio 29

2.2 Quesiti di ricerca 29

III MATERIALI E METODI **30**

3.1 Disegno dello studio 30

3.2 Parole chiave 30

3.3 Fonti dei dati 30

3.4 Diagramma di flusso e selezione degli studi: 32

3.5 Criteri di selezione dei materiali: 33

IV RISULTATI **34**

4.1 Efficacia della vv-ecmo sulla sopravvivenza: 34

4.2 Criteri di selezione e candidabilità del paziente: 34

4.3 Ruolo dell'infermiere ed ECMO team: 35

4.4 Complicanze e la loro gestione: 51

V DISCUSSIONE E CONCLUSIONI **59**

5.1 Discussione dei risultati: 59

5.2 Conclusioni 62

BIBLIOGRAFIA **63**

ABSTRACT

L'insufficienza respiratoria refrattaria rappresenta una condizione clinica caratterizzata da una grave compromissione degli scambi gassosi non responsiva alle strategie terapeutiche convenzionali. In tali circostanze, l'ossigenazione extracorporea a membrana in configurazione veno-venosa (VV-ECMO) rappresenta una strategia di supporto avanzato in grado di garantire temporaneamente l'ossigenazione e la rimozione dell'anidride carbonica, favorendo l'applicazione di strategie di ventilazione protettiva e il recupero della funzione polmonare.

Obiettivo: analizzare le evidenze scientifiche disponibili in merito all'efficacia della VV-ECMO nel miglioramento della sopravvivenza dei pazienti adulti con insufficienza respiratoria refrattaria, identificando i principali criteri di selezione e candidabilità al trattamento, le complicanze associate e il ruolo dell'infermiere nella prevenzione, identificazione e gestione delle stesse.

Materiali e metodi: è stata condotta una revisione della letteratura attraverso la consultazione della banca dati PubMed e delle linee guida dell'Extracorporeal Life Support Organization (ELSO). Sono stati inclusi studi primari e secondari pubblicati prevalentemente nel periodo compreso tra gennaio 2021 e agosto 2026, riguardanti pazienti adulti sottoposti a VV-ECMO per insufficienza respiratoria refrattaria. La selezione finale ha incluso dodici studi pertinenti agli obiettivi dell'elaborato.

Risultati: le evidenze analizzate indicano che la VV-ECMO rappresenta una strategia di supporto utilizzabile nei pazienti con grave insufficienza respiratoria refrattaria, soprattutto quando il trattamento viene avviato in pazienti accuratamente selezionati e gestiti in centri dotati di adeguata esperienza. La selezione dei candidati richiede una valutazione multidimensionale, considerando la gravità del quadro respiratorio, la reversibilità della patologia, la durata della ventilazione meccanica e le eventuali controindicazioni al trattamento. Le principali complicanze comprendono eventi emorragici e trombotici, infezioni, alterazioni della funzione renale, complicanze correlate alla cannulazione e possibili malfunzionamenti del circuito extracorporeo. In tale contesto, l'assistenza infermieristica assume un ruolo centrale attraverso il monitoraggio continuo delle condizioni cliniche e del circuito, la valutazione sistematica del paziente, la prevenzione delle complicanze e l'identificazione precoce delle alterazioni.

Discussione: l'analisi delle evidenze evidenzia come la gestione del paziente in VV-ECMO non possa essere ricondotta esclusivamente alla componente tecnologica, ma richieda una presa in carico globale e multidisciplinare. La complessità del trattamento rende centrale il ruolo dell'infermiere, che integra l'osservazione clinica con il monitoraggio dei parametri del circuito, mantenendo una visione complessiva del paziente. L'assesment sistematico, la prevenzione delle complicanze, la gestione sicura delle procedure assistenziali e il riconoscimento tempestivo delle situazioni di deterioramento o emergenza rappresentano elementi fondamentali della pratica infermieristica. Le evidenze sottolineano inoltre l'importanza della formazione specialistica, della simulazione e del lavoro d'équipe, indispensabili per garantire un'assistenza sicura e appropriata. L'eterogeneità delle evidenze disponibili, in particolare nell'ambito infermieristico, evidenzia infine la necessità di ulteriori studi volti a valutare l'impatto degli interventi assistenziali sugli outcome dei pazienti sottoposti a VV-ECMO.

Conclusioni: la VV-ECMO costituisce un'importante opzione di supporto nei pazienti con insufficienza respiratoria refrattaria, ma il raggiungimento di outcome favorevoli non dipende esclusivamente dalla tecnologia. La complessità assistenziale richiede un approccio multidisciplinare e la presenza di professionisti adeguatamente formati. L'infermiere riveste un ruolo fondamentale nella sorveglianza clinica, nella prevenzione e nel riconoscimento precoce delle complicanze, contribuendo alla sicurezza e alla qualità della presa in carico del paziente sottoposto a VV-ECMO.

Parole chiave: ECMO; VV-ECMO; insufficienza respiratoria refrattaria; ARDS; terapia intensiva; assistenza infermieristica; gestione infermieristica; complicanze.

INTRODUZIONE

L'Extracorporeal Membrane Oxigenation (ECMO) è un supporto vitale di circolazione extracorporea utilizzata per il trattamento di pazienti affetti da insufficienza respiratoria e/o cardiaca avanzata, refrattaria alla terapia convenzionale .
Questo non viene considerato come un intervento terapeutico bensì come un supporto al fine di mantenere polmoni e/o cuore a riposo permettendone il loro recupero funzionale.
In base alla patologia del paziente l'ECMO può essere utilizzata secondo due configurazioni: quella veno-venosa (VV) e quella veno-arteriosa (VA).
Questa tesi si propone di analizzare l'utilizzo della VV-ECMO nei pazienti affetti da insufficienza respiratoria refrattaria.
Secondo questa modalità, nella configurazione classica, il supporto ECMO può essere ottenuto con due cannule: una per il drenaggio (solitamente inserita in vena femorale destra che avanza fino alla giunzione tra la vena cava inferiore e l'atrio destro) e l'altra per la re-iniezione nella vena giugulare interna destra che avanza attraverso la vena cava superiore in atrio destro. Possiamo quindi dire che risulta essere una metodica che fornisce un mezzo di ossigenazione e decarbossilazione artificiale per quei pazienti affetti da insufficienza respiratoria ipossiemica e/o ipercapnica con funzione cardiaca conservata, consentendo cosi il recupero dalle patologie polmonari sottostanti o facilitando il supporto in attesa di un trapianto di polmone.
L'ECMO tuttavia rappresenta un supporto invasivo per i pazienti i quali possono incorrere in rischi e complicanze durante il trattamento; infatti nonostante il progresso delle conoscenze scientifiche e l'aumento delle casistiche dei pazienti in ECMO in terapia intensiva, la loro criticità e complessa gestione richiedono una partecipazione attiva e responsabile nel processo assistenziale della figura infermieristica: questo anche in accordo a quanto dichiarato nell'articolo 10 del capo II del Codice Deontologico delle Professioni Infermieristiche approvato in data 13 Aprile 2019 dal Comitato Centrale della Federazione Nazionale degli OPI: " *L'Infermiere fonda il proprio operato su*
conoscenze validate dalla comunità scientifica e aggiorna le competenze attraverso lo studio e la ricerca, il pensiero critico, la riflessione fondata sull'esperienza e le buone pratiche, al fine di garantire la qualità e la sicurezza delle attività.[...]"
Credendo profondamente nel valore di queste parole, pilastri essenziali della professione infermieristica , perseguo in questa tesi l'obbiettivo di: revisionare la letteratura scientifica più recente sulle indicazioni e i tassi di mortalità, le principali complicanze e gli interventi infermieristici basati sulle evidenze più recenti presenti nella letteratura internazionale, relativi ai pazienti adulti in terapia intensiva supportati da ECMO VV, al fine di definire un piano assistenziale infermieristico a loro necessario ed efficace. .

I: DESCRIZIONE DEL PROBLEMA

1.1 inquadramento teorico

1.1.1 L'ECMO

Il sistema di ossigenazione extracorporea a membrana (Extracorporeal Membrane Oxygenation) rappresenta una metodica di supporto vitale avanzato impiegata nei pazienti affetti da insufficienza respiratoria e/o cardiaca avanzata, refrattaria alla terapia convenzionale .

Il principio di funzionamento dell' ECMO consiste nel prelevare sangue dal paziente attraverso una pompa a pressione negativa, per poi esser convogliato in un ossigenatore a membrana nel quale viene effettuata una decarbossilazione ed ossigenazione, prima che venga reimmesso nella circolazione del paziente stesso.

In relazione alla patologia del paziente e agli obbiettivi terapeutici, si distinguono due principali configurazioni del circuito ECMO: la configurazione veno-venosa (VV) e quella veno-arteriosa (VA) .

Nell'ECMO VV il sangue viene prelevato dal sistema venoso e successivamente reimmesso nello stesso distretto. In questa configurazione gli scambi gassosi avvengono in una posizione prepolmonare. Tale modalità è pertanto indicata nei pazienti con insufficienza respiratoria grave .

Al contrario l'ECMO VA, prevede il prelievo del sangue dal sistema venoso, la sua ossigenazione e decarbossilazione mediante l'ossigenatore a membrana, e la successiva reimmissione nel sistema arterioso. Questa configurazione consente un adeguata perfusione degli organi vitali, fornendo un supporto combinato sia della funzione cardiaca che respiratoria. (Twohig CJ, Singer B, Grier G, Finney SJ. 2019).

Il paziente in ECMO viene collegato al circuito per mezzo di una cannula di drenaggio ed una di re-infusione con lo scopo rispettivamente di prelevare il sangue deossigenato e re-infondere sangue ricco di ossigeno.

Il meccanismo che regola il flusso ematico all'interno delle cannule si rifà ad un concetto della fluidodinamica esplicato nella legge di Poiseuille secondo cui, il flusso di un fluido è direttamente proporzionale al calibro e alla differenza pressoria agli estremi del tubo, mentre è inversamente proporzionale alla viscosità della sostanza e alla lunghezza del condotto. Pertanto nella scelta delle cannule è fondamentale tenere in considerazione la superficie corporea del soggetto sottoposto ad ECMO (BSA), la configurazione del circuito (veno-arteriosa o veno-venosa) e la sede.

Le cannule arteriose hanno in genere lunghezza e calibro (espresso in French) minore rispetto a quelle venose; quest'ultime presentano inoltre dei fori sulle loro pareti per ridurre la caduta pressoria e incrementare così la capacità drenante.

Il sangue deossigenato è in grado di fluire all'interno della cannula venosa per mezzo della pressione negativa esercitata dalla pompa del circuito.

La pompa dinamica è attualmente il dispositivo di propulsione di prima scelta nella popolazione adulta in terapia ECMO. La più utilizzata risulta essere la pompa centrifuga che attraverso la propria rotazione, impartisce energia centrifuga definita da una differenza pressoria tra la sua porzione esterna e la sua porzione interna. La rotazione avviene tramite una connessione magnetica indiretta all'albero motore sulla console della pompa centrifuga . Il motore a sua volta determina il numero di giri ed è in grado

di erogare un flusso che può andare da 0 a 10 L/min. L'ingresso del sangue è predisposto all'apice del cono, mentre l'uscita è predisposta lateralmente.
Altre tipologie di pompe utilizzate principalmente per interventi cardiochirurgici in circolazione extracorporea, sono le pompe roller, il cui utilizzo è però limitato ad un certo tipo di scenari e durata di permanenza del supporto, a causa di un elevato rischio di embolizzazione gassosa.
La funzione associata alla pompa indipendentemente dalla sua conformazione, è quindi finalizzata all'estrazione di sangue deossigenato che viene appositamente fatto convogliare all'interno di un ossigenatore.

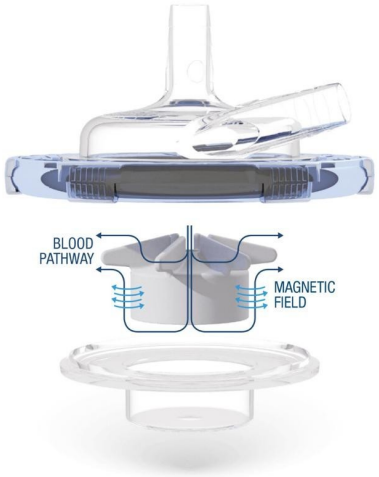


Fig.I



Fig.II

Figura I e Figura II: *Pompa centrifuga a levitazione magnetica per sistemi di circolazione extracorporea. Fonte: Eurosets*

L’ossigenatore è una componente fondamentale del circuito extracorporeo in quanto effettua gli scambi gassosi provvedendo a sostituire temporaneamente la fisiologica attività polmonare.
Grazie allo sviluppo tecnologico, i primi ossigenatori dotati di membrana in silicone sono stati oggi sostituiti da dispositivi caratterizzati da membrane a fibre cave, i cui micropori garantiscono uno scambio di gas che simula la fisiologica diffusione di ossigeno e anidride carbonica a livello della membrana alveolo-capillare. Occorre tuttavia evidenziare che l’impiego di questo sistema è limitato a un periodo inferiore alle 6-8 ore, poiché un utilizzo più prolungato può determinare alterazioni strutturali dei pori della membrana, dovute alla deposizione di proteine plasmatiche sulla loro superficie (*plasma leakage*) a seguito del contatto con il sangue. Per ovviare a tale problematica, sono stati sviluppati ossigenatori in polimetilpentene, nei quali i micropori sono rivestiti da una sottile membrana che riduce drasticamente il fenomeno del *plasma leakage*,consentendo così un utilizzo più prolungato del dispositivo.
Il passaggio di gas attraverso l’ossigenatore è regolato dalla legge di Fick secondo cui il flusso è direttamente proporzionale al gradiente pressorio, alla superficie di scambio e alla permeabilità della membrana, mentre è inversamente proporzionale al suo spessore.



Fig.III

Figura III: *ossigenatore per circolazione extracorporea. Fonte: Eurosets*

Nella maggior parte dei circuiti attualmente utilizzati per l’ECMO, all’ossigenatore viene integrato uno scambiatore di calore, un dispositivo che contiene acqua la cui temperatura viene regolata nell’unità di riscaldamento in base alla necessità di raffreddare o riscaldare il sangue proveniente dal paziente. L’acqua oltre a fluire in direzione opposta a quella del sangue, mantiene un valore pressorio sempre inferiore a quello sanguigno per impedire di contaminare il sangue in caso di perforazione del dispositivo.

Il funzionamento del circuito è garantito da alimentazione elettrica ma in caso di eventuale interruzione, viene mantenuto dalla batteria presente sulla consolle ECMO. Quest'ultima è dotata di motore e di unità di controllo dove è possibile monitorare i parametri di funzionamento della pompa quali: il flusso di sangue erogato (LPM) e i giri per minuto (RPM), ma anche pressioni pre e post-ossigenatore, ematocrito, saturazione venosa, pressione pre-pompa , temperatura e la presenza di bolle d'aria.
L'intero circuito è provvisto di un rivestimento interno biocompatibile volto a contrastare la reazione infiammatoria, con conseguente attivazione del complemento e della cascata coagulativa scaturita dall'interazione tra il sangue e le singole componenti del sistema, e deve essere chiaramente collegato ai sistemi di erogazione dei gas, che siano centralizzati o no. (Cusmà Piccione & Maio, 2021)

Per assicurare un' adeguata ossigenazione e rimozione dell'anidride carbonica, tutti i circuiti ECMO sono dotati di una fonte di ossigeno (che consente di regolare la frazione di ossigeno erogata (FiO_2)), e di un flussimetro (per il controllo flusso dei gas freschi) in ingresso all'ossigenatore. L'ossigeno fornito attraverso questo sistema rappresenta la sorgente utilizzata per gli scambi gassosi all'interno dell'ossigenatore a membrana, mentre il flusso dei gas freschi determina l'efficienza della rimozione dell'anidride carbonica (CO_2).

Un'efficace eliminazione della CO_2 consente di adottare strategie di ventilazione meccanica ultraprottettiva, caratterizzate da bassi volumi correnti e ridotte pressioni di ventilazione, favorendo il cosiddetto "*lung rest"* e creando le condizioni ottimali per il recupero della funzione polmonare. In questo contesto, l'impiego dell'ECMO permette di applicare pienamente i principi della ventilazione protettiva, contribuendo a limitare il danno polmonare indotto dal ventilatore e a promuovere il recupero del parenchima polmonare . *(Wrisinger WC, Thompson SL. 2021)*



Fig.IV



Fig. V



Fig. VI

Figura IV e V : *Macchinario ECMOLIFE. Fonte: Eurosets*
Figura VI: Esempi di (A) polmone a membrana, (B) flussimetri per l'erogazione di ossigenoe la regolazione del gas di lavaggio e (C) dispositivi di pompaggio ECMO. *Wrisinger WC, Thompson SL.2022*

Tra le due configurazioni descritte, il presente elaborato si concentrerà sull'ECMO VV, approfondendone le principali indicazioni, le tecniche, il funzionamento e gli aspetti assistenziali, con particolare riferimento al ruolo dell'infermiere nella gestione del paziente sottoposto a tale metodica.

La VV-ECMO è indicata esclusivamente in pazienti con funzione cardiaca conservata o solo lievemente compromessa, poiché questo supporto extracorporeo sostituisce la funzione respiratoria ma non quella cardiaca. Di conseguenza è essenziale eseguire un'ecocardiografia prima dell'impianto, al fine di escludere la presenza di una disfunzione del ventricolo destro. Quest'ultima può svilupparsi secondariamente a ipossiemia, ipercapnia e acidosi, condizioni che aumentano le resistenze vascolari polmonari e il carico di lavoro del ventricolo destro. Tale complicanza interessa il 10% dei pazienti con insufficienza respiratoria primaria. Nei casi di grave compromissione della funzionalità ventricolare destra, è opportuno considerare il ricorso della VA-ECMO oppure l'impiego di terapia farmacologica con inotropi, vasodilatatori e diuretici, finalizzata a ridurre il postcarico del ventricolo e a migliorarne la funzione. (Wrisinger WC, Thompson SL. 2021B)

Il sistema VV-ECMO è costituito da diversi componenti essenziali che consentono il drenaggio del sangue venoso, la sua ossigenazione extracorporea e la successiva reimmissione nella circolazione venosa del paziente.
L'accesso vascolare viene ottenuto mediante cannulazione del sistema venoso centrale, coinvolgendo generalmente la vena cava superiore, la vena cava inferiore oppure entrambe, in funzione della configurazione scelta e delle caratteristiche cliniche del paziente.
Il drenaggio e la re-infusione del sangue possono essere effettuati mediante due cannule distinte a lume singolo: una cannula deputata al prelievo del sangue venoso deossigenato, e una cannula di ritorno, attraverso la quale il sangue, dopo essere stato ossigenato e decarbossilato nel circuito extracorporeo, viene reimmesso nel sistema venoso. In alternativa, è possibile utilizzare una cannula a doppio lume, che integra in un unico dispositivo due canali distinti per il drenaggio e la re-infusione del sangue. Questa soluzione permette di ridurre il numero degli accessi vascolari e in pazienti accuratamente selezionati, può favorire una maggiore mobilizzazione durante il trattamento.(J. Offer, C. Sampson, M. Charlton, 2024)

La scelta della sede anatomica di cannulazione dipende principalmente dalla stabilità emodinamica del paziente, dalla configurazione del supporto extracorporeo da adottare e dall'esperienza dell'equipe multidisciplinare.
Tra le configurazioni più frequentemente utilizzate vi è l'approccio femoro-giugulare, nel quale la cannula di drenaggio viene inserita nella vena femorale con la punta posizionata in prossimità della giunzione tra la vena cava inferiore e l'atrio destro (RA-

IVC) , mentre la cannula di re infusione viene introdotta nella vena giugulare interna destra (RIJ) con la punta orientata tra la vena cava superiore e l'atrio destro (SVC-RA).

Un' ulteriore configurazione è rappresentata dalla cannulazione femoro-femorale, in cui la cannula di drenaggio viene posizionata distalmente alla giunzione RA-IVC, mentre la cannula di re infusione viene inserita nella vena femorale contro laterale, con la punta avanzata fino alla giunzione SVC-RA .Tuttavia rispetto alla configurazione femoro-giugulare, questo approccio presenta una maggiore predisposizione al fenomeno di ricircolo,condizione in cui il sangue appena ossigenato e reimmesso nel circolo venoso viene immediatamente ri-aspirato dalla cannula di drenaggio, senza entrare efficacemente nella circolazione sistemica.
E' possibile ricorrere poi anche all'impiego di una cannula a doppio lume inserita in vena giugulare interna destra; tale configurazione presenta numerosi vantaggi clinici, tra cui la possibilità di favorire uno svezzamento precoce dalla ventilazione meccanica, ridurre il rischio di infezioni correlate alla sede di cannulazione inguinale e agevolare la mobilizzazione del paziente. Inoltre risulta essere complessivamente più efficace durante il supporto con VV-ECMO ed è associata a una minore incidenza del fenomeno del ricircolo, soprattutto nei casi in cui sono richiesti flussi extracorporei elevati.
Tra i dispositivi a doppio lume maggiormente impiegati nella pratica clinica figura la cannula Avalon Elite (Maquet, Germania), disponibile in diverse misure generalmente comprese fra i 16 e 31 Fr.
La scelta del calibro delle cannule sia per il drenaggio sia per la reinfusione, rappresenta un elemento determinante per garantire il raggiungimento di flussi ematici adeguati e, di conseguenza, l'efficacia del supporto extracorporeo.
Per assicurare un'adeguata ossigenazione durante il trattamento VV-ECMO, è necessario raggiungere flussi ematici compresi tra i 60 e 80 mL/Kg/min.
Il raggiungimento di tali valori è influenzato da diversi fattori, tra cui il diametro delle cannule, la concentrazione di emoglobina, la frazione inspirata di ossigeno (FiO2) erogata dal circuito, il rapporto fra il flusso ECMO (L/ min) e la gittata cardiaca nativa, nonchè le richieste metaboliche del paziente e l'entità del ricircolo . (Wrisinger WC, Thompson SL.2021)

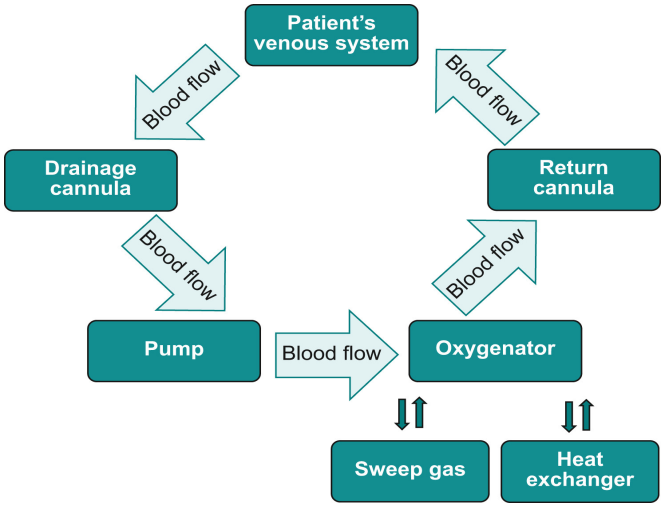


Fig. VII

Figura VII: *Funzionamento del circuito ECMO veno-venoso con ilpercorso dettagliato del flusso sanguigno e la funzione di ciascun componente. Fonte: Offer J, Sampson C, Charlton M.2024*

La cannulazione per VV-ECMO può essere eseguita in differenti contesti assistenziali quali: il pronto soccorso, le sale operatorie, l'emodinamica e più frequentemente, l'unità di terapia intensiva. Nella maggior parte dei casi la procedura viene effettuata per via percutanea mediante tecnica di Seldinger o una sua variante, che prevede l'introduzione delle cannule attraverso un filo guida metallico, consentendo un accesso vascolare sicuro e minimamente invasivo.
Prima dell'esecuzione della procedura è fondamentale garantire la pervietà delle vie aeree del paziente, predisporre un accesso arterioso per il monitoraggio continuo dei parametri emodinamici e assicurare un accesso venoso centrale, possibilmente escludendo la vena giugulare interna destra che come spiegato precedentemente, può essere utilizzata per il posizionamento della cannula di drenaggio .
Di ulteriore importanza è la conferma del posizionamento in sede della cannula mediante guida ecocardiografica o radiografica . (Wrisinger WC, Thompson SL. 2021)

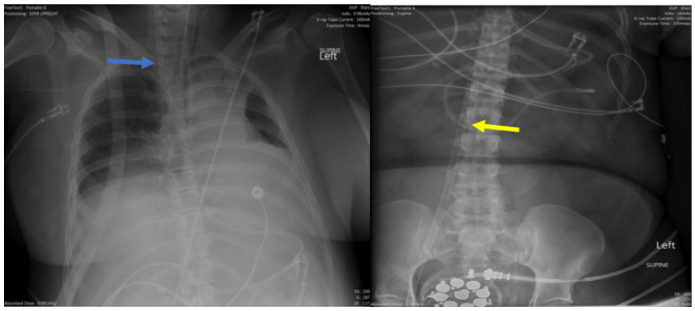


Fig. VIII

Figura VIII*: radiografie dell'addome e del torace che mostrano il corretto posizionamento della cannula. La cannula di deflusso a sinistra è indicata con la freccia blu, mentre la cannula di afflusso nell'immagine a destra è indicata dalla freccia gialla. Fonte: Wrisinger WC, Thompson SL.2022*

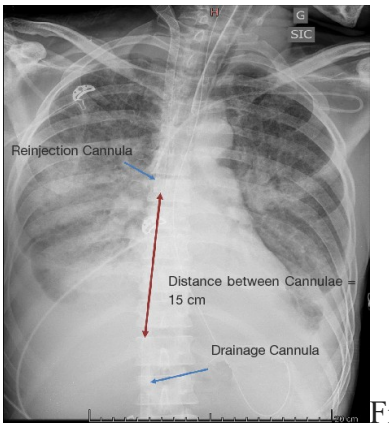


Fig.IX

Figura IX: distanza ottimale tra le due cannule, indicata dalla freccia in rosso, pari a 8-10 cm e comunque superiore a 5 cm, al fine di ridurre il rishio di ricircolo. Fonte: Banfi et al.(2016).

Le principali indicazioni fisiopatologiche al supporto con VV ECMO includono pazienti con sindrome da distress respiratorio acuto (ARDS) in forma grave con ipossiemia refrattaria ($PaO_2 / FiO_2 < 80$ mm di mercurio [mmHg]), oppure grave insufficienza respiratoria ipercapnica (pH < 7,25 con $PaCO_2 \geq 60$ mmHg). L'indicazione al trattamento dovrebbe essere presa in considerazione esclusivamente dopo l'ottimizzazione della terapia convenzionale, della ventilazione meccanica con l'impostazione di un adeguata pressione positiva di fine espirazione (positive end-expiratory pressure, PEEP) e comprendente in assenza di controindicazioni, anche la pronazione.
Sulla base delle più recenti evidenze scientifiche, le principali indicazioni al supporto dell'ECMO VV comprendono:
- insufficienza respiratoria ipossiemica caratterizzata da un rapporto $PaO_2 / FiO_2 < 50$ mmHg per oltre tre ore oppure < 80 mmHg per più di sei ore, associata a un punteggio di Murray > 3;
- insufficienza respiratoria ipercapnica (pH < 7,25 e $PaCO_2 \geq 60$ mmHg)
refrattaria a ventilazione meccanica convenzionale;
- *bridge-to-transplantation*, quale supporto ventilatorio temporaneo volto a mantenere adeguati gli scambi gassosi in pazienti candidati a trapianto polmonare in attesa dell'organo. (Tonna, JE, Abrams, D., Brodie, D., 2021).

1.1.2 Insufficienza respiratoria refrattaria

Per comprendere i meccanismi fisiopatologici dell'insufficienza respiratoria e il razionale alla base dell'impiego dell'ECMO come supporto extracorporeo, è opportuno richiamare i principi fondamentali della fisiologia e della meccanica respiratoria .
Una delle principali funzioni dei polmoni è quella di garantire gli scambi gassosi tra l'ambiente esterno e il sistema circolatorio, consentendo un giusto apporto di ossigeno (O_2) al sangue (e di conseguenza ad organi e tessuti) e l'eliminazione dell'anidride carbonica da esso (co_2).
Dal punto di vista anatomico, i polmoni sono costituiti da un sistema di vie ramificate che si estendono a partire dalla trachea fino ai bronchioli respiratori, terminando poi negli alveoli a livello dei quali avvengono gli scambi gassosi.
La trachea, i bronchi, e la maggior parte dei bronchioli,costituiscono le vie aeree di conduzione, la cui funzione come suggerisce il termine stesso, è quello di convogliare l'aria inspirata verso le unità respiratorie, senza partecipare direttamente agli scambi gassosi, e nel loro insieme vanno a costituire le cosiddette vie respiratorie inferiori.
Gli scambi gassosi avvengono a livello della membrana alveolo-capillare in cui l'aria contenuta negli alveoli prende contatto con il sangue dei capillari polmonari, permettendo la diffusione dell'ossigeno nel circolo ematico e la contemporanea eliminazione dell'anidride carbonica.
Gli alveoli rappresentano l'unità funzionale fondamentale della respirazione. Dal punto di vista anatomico possiamo immaginarli come delle piccole cavità a forma di grappolo avvolte da una fitta rete di capillari sanguigni, separati da sottili setti, in modo da ridurre la distanza di diffusione fra l'aria e il sangue. La comunicazione tra i singoli grappoli, avviene per mezzo di piccole aperture denominate "pori di khon", la cui funzione è quella di garantire ventilazione collaterale, ed equalizzazione della pressione fra gli alveoli stessi.

La parete alveolare è costituita da un epitelio estremamente sottile formato prevalentemente da pneumociti di tipo I, cellule appiattite che ricoprono circa il 95% della superficie alveolare e che costituiscono la principale sede degli scambi gassosi. I pneumociti di tipo II invece, meno numerosi ma metabolicamente più attivi, sintetizzano e secernono il surfattante polmonare, con lo scopo di ridurre la tensione superficiale degli alveoli prevenendone il collasso durante l'espirazione e riducendo il lavoro respiratorio.
Il passaggio delle sostanze gassose da un distretto all'altro, avviene secondo diffusione passiva per mezzo della legge di Fick. Ossigeno ed anidride carbonica infatti, tendono a spostarsi da aree a pressione parziale maggiore ad aree a pressione parziale minore, ne consegue che a livello alveolare essendo la pressione parziale d'ossigeno maggiore, quest'ultimo si sposti verso il sangue venoso in arrivo. Viceversa la CO2 con pressione parziale nettamente maggiore rispetto a quella alveolare, si sposterà verso di essi per poi essere espulsa attraverso l'espirazione.
La loro velocità di diffusione è direttamente proporzionale alla superficie disponibile per gli scambi, al gradiente di pressione parziale fra alveolo e capillare e alla solubilità del gas, mentre è inversamente proporzionale allo spessore della membrana alveolo-capillare.
Affinché tale processo avvenga in maniera efficiente, è indispensabile che ciascun alveolo sia adeguatamente ventilato e perfuso. La ventilazione (v) può essere definita come il flusso d'aria inspirata che raggiunge gli alveoli, mente la perfusione (Q) corrisponde al flusso ematico proveniente dai capillari polmonari che li circondano.
Dal punto di vista clinico la relazione tra ventilazione e perfusione viene espressa mediante il rapporto V/Q, un parametro fondamentale per valutare l'efficienza degli scambi gassosi. Alterazioni di questo rapporto infatti, possono compromettere il trasferimento di ossigeno e anidride carbonica attraverso la membrana alveolo-capillare e rappresentano di fatto uno dei principali meccanismi fisiopatologici alla base dell'ipossiemia. (Powers KA, Dhamoon AS.2023.

Alla luce di quanto esposto si può dedurre che l'insufficienza respiratoria si configuri come l'incapacità intrinseca dell'apparato respiratorio, di garantire un adeguato scambio gassoso, compromettendo l'ossigenazione ematica e/o l'efficace eliminazione dell'anidride carbonica.
Sotto il profilo fisiopatologico l'insufficienza respiratoria viene suddivisa in due categorie: insufficienza di tipo 1 e insufficienza di tipo 2. Nel primo caso, il sistema respiratorio risulta incapace di soddisfare le richieste d'ossigeno dell'organismo, determinando uno stato di ipossiemia, dove tra i principali meccanismi eziologici si annoverano l'ipoventilazione alveolare, la riduzione di pressione parziale di ossigeno nell'aria inspirata, i difetti di diffusione della membrana alveolo-capillare o disordini del rapporto V/Q. Nel secondo caso invece, l'insufficienza è detta ipercapnica poiché l'apparato respiratorio non elimina adeguatamente CO2 dall'organismo a causa di deficit riconducibili a difetti di pompa muscolo-scheletrica respiratoria o aumento della produzione metabolica di CO2.
Analizzandole nello specifico si osserva che l'insufficienza respiratoria di tipo 1 trova la sua caratterizzazione in una severa riduzione della pressione parziale arteriosa di ossigeno (PaO2 < 60 mmHg), in presenza di valori di pressione parziale di anidride carbonica (PaCO2) normali o finanche ridotti. Al fine di impostare un corretto iter diagnostico-terapeutico risulta essenziale discriminare il meccanismo fisiopatologico

alla base dello stato ipossiemico. Tale distinzione si avvale del calcolo del gradiente alveolo-arterioso di ossigeno, parametro che esprime l'efficienza del trasferimento gassoso attraverso la membrana alveolo-capillare. Sulla base del valore di questo gradiente, le cause di insufficienza respiratoria di tipo 1 vengono classificate in due categorie principali: quadri clinici con gradiente normale e quadri clinici con gradiente aumentato.
Nei quadri clinici con gradiente normale, l'integrità funzionale e strutturale della membrana alveolo-capillare è preservata. L'ipossiemia arteriosa è determinata unicamente da una riduzione della pressione parziale di ossigeno a livello alveolare. Le principali eziologie ascrivibili a questa categoria sono:
- **ipoventilazione alveolare:** caratterizzata da un'insufficiente ventilazione globale che determina un accumulo intrapolmonare di anidride carbonica e un conseguente incremento della PaCO2. L'incremento della pressione di CO2 causa una reciproca e proporzionale riduzione della PaO2. Nei casi di severa compromissione della dinamica respiratoria, tale quadro tende a evolvere progressivamente verso un'insufficienza respiratoria di tipo 2 (ipercapnica).
-**Riduzione della frazione inspirata di ossigeno (FiO2):** in questo scenario tipico del soggiorno ad elevate altitudini, nonostante il gradiente alveolo-arterioso si mantenga nei limiti fisiologici, si instaura un'ipossiemia arteriosa a cui l'organismo risponde attraverso iperventilazione compensatoria, stimolata da chemiocettori; tale risposta riflessa comporta una marcata riduzione della PaCO2.

Per quanto concerne invece i quadri clinici con gradiente aumentato, tale condizione depone per un ostacolo intrinseco al passaggio di ossigeno dall'alveolo al torrente ematico. I meccanismi eziopatogenici cardine sono rappresentati da:

-**Difetti di diffusione:** questo disordine scaturisce da alterazioni anatomiche o strutturali della barriera emato-gassosa, quali la riduzione della superficie totale di scambio (fenomeno tipico dell'enfisema polmonare) o l'aumento dello spessore della membrana stessa (caratteristico delle pneumopatie interstiziali diffuse o fibrosi). Il deficit può inoltre manifestarsi qualora si verifichi una significativa riduzione del tempo di transito dei globuli rossi all'interno dei capillari polmonari, impedendo il completo raggiungimento dell'equilibrio pressorio dei gas. In tali contesti non si rileva ipercapnia: la diffusibilità dell'anidride carbonica attraverso la membrana alveolo-capillare è infatti circa venti volte superiore rispetto a quella dell'ossigeno, preservando l'efficacia della clearance della CO2.
-**Discrepanza ventilazione/ perfusione (mismatch V/Q):** la composizione dei gas all'interno dell'alveolo e il successivo passaggio nel sangue arterioso dipendono dal preciso bilanciamento tra la ventilazione alveolare (V) e il flusso ematico capillare (Q). In condizioni fisiologiche, il rapporto V/Q è ottimamente distribuito. Alterazioni di questo equilibrio, caratterizzate da aree polmonari ipoventilate ma normalmente perfuse, o viceversa, compromettono l'efficacia complessiva degli scambi gassosi, configurandosi come una delle cause più frequenti di ipossiemia a gradiente alveolo-arterioso elevato.
Qualora la ventilazione risulti proporzionalmente superiore rispetto alla perfusione capillare, il rapporto V/Q assume un valore maggiore di 1. Nella sua espressione estrema -scenario in cui un alveolo è adeguatamente ventilato ma completamente privo di flusso ematico- si configura la condizione di **spazio morto alveolare**, caratterizzata

da un rapporto V/Q tendente all'infinito. Al contrario, quando la perfusione distrettuale prevale sulla ventilazione, il rapporto V/Q si riduce al di sotto dell'unità. Nella situazione limite di un alveolo perfuso ma totalmente non ventilato, si instaura uno shunt intrapolmonare, con un rapporto V/Q PARI A 0.
Nei soggetti sani, il rapporto V/Q medio globale è pari a circa 0,8. Questo valore deriva dal fatto che sia la ventilazione sia la perfusione non si distribuiscono in modo perfettamente omogeneo nel parenchima polmonare, bensì presentano variazioni fisiologiche regolate dalla gravità lungo l'asse verticale, dall'apice alla base del polmone.
Le alterazioni di questo delicato equilibrio, note come discrepanze o mismatch del rapporto V/Q, compromettono significativamente l'efficacia degli scambi gassosi e costituiscono il meccanismo fisiopatologico più frequente alla base dell'insufficienza respiratoria acuta di tipo 1. Tra le principali entità cliniche associate a mismatch V/Q si annoverano, la bronco pneumopatia cronica ostruttiva (BPCO), l'insufficienza cardiaca congestizia, l'embolia polmonare e la sindrome da distress respiratorio acuto (ARDS), una delle più gravi manifestazioni dell'insufficienza respiratoria acuta ipossiemica. Per la particolare rilevanza che tale sindrome riveste nell'ambito dell'insufficienza respiratoria grave, risulta pertanto necessario approfondirne i principali aspetti eziologici e fisiopatologici. (Mirabile VS, Shebl E, Sankari A,2023).

La sindrome da distress respiratorio acuto (Acute Respiratory Distress Syndrome, ARDS) è una sindrome clinica caratterizzata da una grave compromissione degli scambi gassosi e da un'ipossiemia persistente, che può insorgere in seguito a un danno polmonare diretto oppure secondariamente a un insulto di origine extrapolmonare. Tra le cause intrapolmonari più frequenti rientra la polmonite, sia batterica che virale, mentre tra le cause extrapolmonari la sepsi di origine non polmonare rappresenta uno dei principali fattori predisponenti.

Dal punto di vista fisiopatologico, indipendentemente dalla causa scatenante, l'ARDS è caratterizzata principalmente da un danno alveolare diffuso, conseguente a una risposta infiammatoria acuta e disregolata. Il processo interessa in particolare la barriera alveolo-capillare, costituita dall'endotelio dei capillari polmonari e dall'epitelio alveolare, determinando un aumento della sua permeabilità. In condizioni fisiologiche, tale barriera consente di mantenere l'equilibrio dei fluidi a livello polmonare e di garantire un'adeguata diffusione di ossigeno e anidride carbonica.

L'unità alveolo-capillare, come detto precedentemente, comprende le cellule alveolari di tipo I, specializzate nello scambio gassoso, e le cellule alveolari di tipo II, responsabili della produzione di surfattante, fondamentale per ridurre la tensione superficiale e mantenere la stabilità degli alveoli. Nell'ARDS, il danno dell'epitelio alveolare e dell'endotelio vascolare compromette progressivamente l'integrità di questa barriera, favorendo il passaggio di liquidi e proteine dal compartimento vascolare allo spazio alveolare. Ne consegue la formazione di un edema polmonare ricco di proteine, non sostenuto da un'origine cardiaca, che contribuisce alla riduzione della superficie disponibile per gli scambi gassosi. Il danno alveolare può inoltre determinare la formazione di membrane ialine, caratteristiche della fase iniziale della sindrome.

L’evento centrale nella progressione dell’ARDS è rappresentato dall’attivazione eccessiva della risposta infiammatoria. In seguito all’insulto iniziale, le cellule presenti a livello polmonare, tra cui macrofagi alveolari, cellule epiteliali e cellule dendritiche, riconoscono i segnali associati al danno tissutale o alla presenza di agenti patogeni e promuovono il rilascio di mediatori pro-infiammatori. Questi mediatori amplificano la risposta immunitaria e favoriscono il reclutamento di cellule infiammatorie, in particolare neutrofili, a livello della microcircolazione polmonare e dello spazio alveolare. I neutrofili attivati rilasciano enzimi, citochine e altre sostanze citotossiche che contribuiscono ad aggravare il danno dell’epitelio alveolare e dell’endotelio vascolare, instaurando un circolo vizioso caratterizzato da ulteriore infiammazione e progressivo deterioramento della barriera alveolo-capillare.

Nel caso dell’ARDS conseguente a un danno extrapolmonare, il processo infiammatorio può avere origine sistemica. I mediatori circolanti prodotti in risposta all’insulto iniziale determinano l’attivazione dell’endotelio polmonare, favorendo l’adesione e la migrazione delle cellule infiammatorie e contribuendo allo sviluppo del danno alveolare. Sebbene il meccanismo iniziale possa quindi differire tra danno polmonare diretto e indiretto, le alterazioni fisiopatologiche che ne derivano risultano sostanzialmente sovrapponibili.

L’aumento della permeabilità della barriera alveolo-capillare rappresenta pertanto uno dei principali meccanismi alla base dell’ARDS. Il danno endoteliale comporta l’alterazione delle giunzioni tra le cellule endoteliali e la perdita dell’integrità della parete vascolare, mentre il danno dell’epitelio alveolare determina la compromissione delle giunzioni intercellulari e la morte delle cellule epiteliali. La conseguente perdita della funzione di barriera favorisce ulteriormente la fuoriuscita di liquidi e proteine nello spazio alveolare, contribuendo alla formazione e alla persistenza dell’edema polmonare.

A questo processo si associa una compromissione della capacità del polmone di rimuovere il liquido presente negli alveoli, definita clearance del fluido alveolare (*Alveolar Fluid Clearance*, AFC). In condizioni fisiologiche, il trasporto di sodio e cloro attraverso l’epitelio alveolare genera un gradiente osmotico che permette il riassorbimento dell’acqua dallo spazio alveolare verso l’interstizio, da cui viene successivamente eliminata attraverso il drenaggio linfatico e la microcircolazione polmonare. Nell’ARDS, il danno epiteliale e l’azione delle citochine pro-infiammatorie compromettono i meccanismi di trasporto ionico e riducono la capacità di riassorbimento del liquido. La quantità di liquido che raggiunge gli alveoli può quindi superare la capacità di clearance, determinando la persistenza dell’edema.

L’accumulo di liquido nello spazio alveolare compromette ulteriormente gli scambi gassosi, riducendo la diffusione di ossigeno e anidride carbonica. L’edema, associato al collasso di una parte degli alveoli e alla riduzione della loro ventilazione, determina una marcata alterazione del rapporto ventilazione/perfusione e un aumento dello shunt intrapolmonare. Ne consegue una grave ipossiemia che, nei casi più severi, può risultare refrattaria alle strategie ventilatorie convenzionali. La progressiva perdita di alveoli aerati e l'alterazione del surfattante contribuiscono inoltre alla riduzione della

compliance polmonare, rendendo il polmone progressivamente più rigido e difficoltoso da ventilare.

Un ulteriore elemento coinvolto nella progressione del danno polmonare è rappresentato dallo stress ossidativo. Durante la risposta infiammatoria, diverse cellule immunitarie e cellule polmonari producono specie reattive dell'ossigeno (ROS), che, quando presenti in quantità eccessive, possono danneggiare proteine, lipidi, acidi nucleici e strutture cellulari. Le ROS contribuiscono inoltre alla compromissione della barriera endoteliale e al mantenimento della risposta infiammatoria, instaurando un ulteriore meccanismo di amplificazione del danno polmonare.

La fisiopatologia dell'ARDS è quindi caratterizzata dall'interazione di diversi processi: una risposta infiammatoria disregolata, il danno dell'epitelio alveolare e dell'endotelio vascolare, l'aumento della permeabilità alveolo-capillare, la formazione e la persistente riduzione della clearance dell'edema alveolare e lo stress ossidativo. L'insieme di tali alterazioni determina la perdita di alveoli funzionalmente ventilati, la compromissione della meccanica respiratoria e una grave alterazione degli scambi gassosi. Nei quadri più severi, l'ipossiemia può diventare refrattaria nonostante l'impiego di ventilazione meccanica protettiva e di altre strategie di supporto, configurando una condizione nella quale può essere presa in considerazione l'ossigenazione extracorporea a membrana veno-venosa (VV-ECMO). (Wick, K. D., Ware, L. B., & Matthay, M. A. 2024).

- Shunt destro/ sinistro: come descritto in precedenza, lo shunt intrapolmonare rappresenta la condizione estrema in cui il rapporto V/Q è pari a 0. In questo scenario, gli alveoli mantengono una perfusione adeguata ma risultano completamente privi di ventilazione. Di conseguenza, il sangue deossigenato attraversa il letto vascolare polmonare e si riversa nel circolo sistemico senza aver partecipato agli scambi gassosi a livello della membrana alveolo-capillare. Questo fenomeno configura in un vero e proprio shunt, analogo dal punto di vista fisiopatologico a quello osservabile in specifiche cardiopatie congenite con comunicazione anatomica tra le sezioni destre e sinistre del cuore (quali il difetto del setto interatriale o la pervietà del forame ovale). Poiché la quota di sangue deviata (shuntata) non entra in alcun modo a contatto con l'aria alveolare, la somministrazione di ossigeno supplementare(ossigenoterapia) determina un beneficio clinico estremamente limitato o del tutto nullo. Questa caratteristica rappresenta un criterio fondamentale per differenziare lo shunt puro dalle altre alterazioni del rapporto V/Q, nelle quali l'ossigenoterapia è di norma efficace nel correggere l'ipossia. Le principali eziologie responsabili di uno shunt polmonare destro-sinistro comprendono le malformazioni artero- venose polmonari, atelectasia polmonare completa, i quadri severi di polmonite lobare e l'edema polmonare acuto grave. (Mirabile VS, Shebl E, Sankari A,2023).

A differenza dei quadri clinici prevalentemente ipossiemici sinora analizzati, l'insufficienza respiratoria di tipo 2, o ipercapnica, si caratterizza dal punto di vista emogasanalitico per un incremento della pressione parziale arteriosa di anidride carbonica ($PaCO_2 > 45$ mmHg). Tale ritenzione di CO_2 si associa tipicamente ad una riduzione del PH ematico al di sotto di 7,35, configurando un quadro di acidosi respiratoria. Questa condizione deriva principalmente da un'inadeguata ventilazione alveolare, causata dall'incapacità della pompa respiratoria di eliminare efficacemente la

quota di CO_2 prodotta dall'organismo. Più raramente l'ipercapnia può essere sostenuta da uno stato di marcata iperproduzione di CO_2.

Il bilancio tra la produzione metabolica e l'eliminazione polmonare della CO_2 è regolato dall'equazione della ventilazione alveolare, la quale stabilisce che la $PaCO_2$ è direttamente proporzionale alla produzione di CO_2 e inversamente proporzionale alla ventilazione alveolare. Ne consegue che un aumento della produzione di CO_2 o, più frequentemente, una riduzione della ventilazione alveolare, determinano un incremento della $PaCO_2$. In condizioni fisiologiche, la produzione di anidride carbonica può aumentare durante l'esercizio fisico intenso, in gravidanza o in particolari condizioni metaboliche; tuttavia nella maggior parte dei casi l'ipercapnia viene prevenuta grazie ad un incremento compensatorio della ventilazione. Pertanto, lo sviluppo di ipercapnia patologica è quasi invariabilmente espressione di una ventilazione alveolare insufficiente. Le cause di ipoventilazione possono essere ricondotte a due principali meccanismi: il primo consiste in un'alterazione del controllo della respirazione a livello centrale, per cui il centro respiratorio non genera uno stimolo ventilatorio adeguato; il secondo è rappresentato dall'incapacità dell'apparato respiratorio di eseguire efficacemente l'atto motorio nonostante un comando centrale preservato, tipico delle patologie neuromuscolari, delle malattie ostruttive delle vie aeree (che determinano un incremento patologico delle resistenze al flusso)o delle pneumopatie restrittive (che limitano la compliance e l'espansione del parenchima polmonare). In tutte queste condizioni, la riduzione della ventilazione alveolare comporta ritenzione di CO_2 e sviluppo di ipercapnia.

La ventilazione alveolare rappresenta l'effettiva quota di aria realmente inspirata che partecipa negli scambi gassosi escludendo l'aria che occupa lo spazio morto. Essa è regolata dal rapporto tra la ventilazione minuto (VE) e lo spazio morto fisiologico (VD), secondo la seguente relazione matematica:

$$VA = VE \times (1 - VD / VT)$$

Dove:

° VT rappresenta il volume corrente (o tidal volume), ovvero il volume di aria introdotto a ogni singolo atto respiratorio spontaneo.

° VE rappresenta la ventilazione minuto, calcolata come prodotto tra il volume corrente e la frequenza respiratoria.

° VD rappresenta lo spazio morto fisiologico, che comprende sia lo spazio morto anatomico sia lo spazio morto alveolare.

Dall'analisi di questa equazione si deduce che un incremento dello spazio morto fisiologico (VD) o una riduzione della ventilazione minuto (VE) determinano una contestuale riduzione della ventilazione alveolare (VA), favorendo l'accumulo ematico di CO_2. A seconda della specifica patologia sottostante e del livello di compenso del paziente, la PaO_2 può risultare normale oppure ridotta.

Oltre alla distinzione fisiopatologica tra i quadri di tipo 1 e di tipo 2, l'insufficienza respiratoria viene classificata in base al criterio temporale e alla rapidità di insorgenza in: **acuta**: caratterizzata da un rapido deterioramento degli scambi gassosi in assenza di compensi fisiologici preesistenti, richiedendo un intervento terapeutico immediato; **cronica:**derivante da un declino progressivo e stabile nel tempo, in cui l'organismo ha avuto modo di attivare meccanismi di compenso sistemici (quali emopoiesi o il compenso renale dell'acidosi)

Acuta su cronica: definita da un improvviso riacutizzarsi di un deficit respiratorio già stabilizzato.

Il riconoscimento precoce e l'impostazione di un tempestivo trattamento terapeutico risultano cruciali al fine di prevenire l'evoluzione della patologia verso complicanze sistemiche severe quali: l'arresto respiratorio, lo stato comatoso o il decesso del paziente. (Mirabile VS, Shebl E, Sankari A,2023).

1.1.2.1 Diagnosi:

Sotto il profilo diagnostico, la letteratura concorda sulla difficoltà di individuare un singolo criterio di *gold standard*, proprio in virtù dell'eterogeneità degli stati patologici sottostanti. L'approccio diagnostico si avvale pertanto di una combinazione di indagini cliniche e strumentali che includono, oltre all'emogasanalisi arteriosa, esami di laboratorio standard, valutazioni microbiologiche e infettivologiche, metodiche di diagnostica per immagini (come la radiografia del torace) e la capnometria, che non saranno oggetto di trattazione dettagliata all'interno del presente elaborato. (Mirabile VS, Shebl E, Sankari A,2023).

1.1.2.2 Considerazioni epidemiologiche:

Nell'analisi della letteratura scientifica riguardante l'epidemiologia dell'insufficienza respiratoria, è doveroso premettere l'esistenza di un significativo *bias* metodologico recente: la maggior parte degli studi epidemiologici degli ultimi anni ha risentito inevitabilmente dell' impatto della pandemia COVID-19. Poiché tale specifica eziologia esula dagli obiettivi del presente elaborato, per delineare il profilo epidemiologico della sindrome, ci si avvarrà di un ampio studio multicentrico internazionale pubblicato nel 2016, focalizzato sull'incidenza dell'insufficienza respiratoria all'interno delle unità di terapia intensiva (UTI) in epoca pre-pandemica. Questa indagine che rappresenta una delle più vaste coorti epidemiologiche sul tema, è stata condotta in 459 UTI distribuite in 50 paesi. Su un totale di 29.144 pazienti critici ospedalizzati in terapia intensiva, ben 3.022 soddisfacevano i criteri diagnostici per la sindrome da distress respiratorio acuto (ARDS); tra questi, il 78.6% (2377 pazienti) ha sviluppato la sindrome entro le prime 48 ore dal ricovero, evidenziando la rapidità di insorgenza di tale condizione.

La stratificazione dei casi in base ai criteri di gravità clinica ha mostrato che il 30% dei pazienti presentava una forma lieve, il 46.6% una forma moderata e il 23.4% una forma grave. Nel complesso, l'ARDS ha rappresentato il 10.4% di tutti i ricoveri in terapia intensiva e ha coinvolto il 23.4% dei soggetti sottoposti a ventilazione meccanica

invasiva confermandosi come una delle principali cause di insufficienza respiratoria acuta nel paziente in condizioni critiche.

I dati emersi dallo studio hanno inoltre evidenziato una criticità di rilievo clinico: il riconoscimento tempestivo dell'ARDS da parte dei clinici curanti risultava significativamente inferiore rispetto alla reale incidenza della patologia, configurando un problema di sottodiagnosi soprattutto nelle forme precoci o di minor gravità.

Nonostante i progressi nelle strategie di supporto respiratorio, la prognosi rimane gravata da un' elevata mortalità ospedaliera, pari al 34,9% nei pazienti con ARDS lieve, al 40,3% in quelli con ARDS moderata e al 46,1% nei casi di ARDS grave. (Bellani G , Laffey JG , Pham T,2016).

Nel panorama italiano si riscontra attualmente l'assenza di registri epidemiologici nazionali specificatamente ed esclusivamente dedicati all'insufficienza respiratoria. Tuttavia, le stime epidemiologiche rilasciate dal Ministero della Salute (ultimo aggiornamento del 13 dicembre 2024), elaborate sulla scorta dei principali studi multicentrici europei, indicano un incidenza annua compresa tra i 77 e 88 casi ogni 100.000 abitanti. In linea con il progressivo invecchiamento della popolazione, si osserva una frequenza significativamente maggiore e proporzionale nelle fasce d'età più avanzate (Ministero della Salute, 2024) (https://www.salute.gov.it/new/it/scheda-malattia/insufficienza-respiratoria/).

I dati epidemiologici confermano come l'insufficienza respiratoria si configuri come una condizione clinica di severo impatto assistenziale, gravata da tassi elevati di morbilità e mortalità. In tale scenario, l'identificazione precoce dei segni e dei sintomi cardine assume un ruolo cruciale per l'ottimizzazione del percorso diagnostico-terapeutico e per il miglioramento dell'*outcome* del paziente.

1.1.2.3.Semeiotica e presentazione clinica:

La presentazione clinica dell'insufficienza respiratoria è caratterizzata da un'ampia eterogeneità strettamente correlata alla rapidità di insorgenza del quadro (acuto versus cronico), all'entità dei deficit degli scambi gassosi e alla patologia di base sottostante.

Nell'ambito del corteo sintomatologico, la dispnea rappresenta la manifestazione clinica predominante. Nelle fasi iniziali della malattia o nelle forme di minore gravità, essa tende a manifestarsi in occasione dello sforzo fisico; al contrario, nei quadri più severi o in presenza di uno scompenso acuto, può persistere anche in condizioni di riposo.

A tale manifestazione possono associarsi ulteriori sintomi respiratori, la cui natura e intensità variano in relazione al meccanismo eziopatogenetico sottostante. Tra questi assumono particolare rilievo la tosse, l'espettorazione (mucosa, purulenta o emoftoica), il respiro sibilante e l'emottisi. Il quadro clinico può essere altresì arricchito da manifestazioni sistemiche e sintomi di accompagnamento, quali, dolore toracico, febbre, astenia marcata, inappetenza e calo ponderale (tipico di un profilo cronico). Tali elementi, lungi dal rappresentare meri reperti accessori, rivestono una significativa valenza clinico-diagnostica, poiché possono fornire preziose indicazioni ai fini

dell'inquadramento eziologico e dell'individuazione della patologia causale (es. infettiva, neoplastica o cardiovascolare).

All' esame obiettivo, la compromissione della funzione respiratoria si palesa attraverso segni clinici indicatori di un aumentato compenso emodinamico e respiratorio. I pazienti presentano frequentemente tachipnea, aumento del lavoro respiratorio evidenziato dall'attivazione dei muscoli accessori (muscoli scaleni e sternocleidomastoidei), dalla retrazione degli spazi intercostali (*tirage*) e della fossa sopraclavicolare. Nelle forme più severe e scompensate, il quadro evolve verso la comparsa di **respirazione paradossa** (dissociazione toraco-addominale) e **cianosi** (centrale o periferica), espressione clinica diretta di una grave desaturazione arteriosa. Inoltre, mentre l'insufficienza respiratoria ipossiemica pura si manifesta prevalentemente con cianosi, la variante ipercapnica correla in modo specifico con **alterazioni dello stato di coscienza.** L'accumulo ematico di CO2 esercita infatti un noto effetto depressore sul sistema nervoso centrale (narcosi da anidride carbonica), con un quadro clinico che può variare dalla sonnolenza e dallo stato confusionale lieve, al coma ipercapnico nelle manifestazioni più severe.

L'esame obiettivo del torace quindi fornisce elementi fondamentali per orientare l'ipotesi eziologica, potendo evidenziare una ridotta espansione toracica bilaterale o un'asimmetria dei movimenti respiratori tra i due emitoraci. All'auscultazione si rileva frequentemente una riduzione o l'abolizione del fisiologico murmure vescicolare, associata alla presenza di rumori aggiunti patologici. Tra questi si annoverano rumori umidi (crepitii, indicativi di presenza di fluido negli alveoli come nell'edema polmonare o nella polmonite) e rumori secchi (sibili, ronchi e stridore, suggestivi di ostruzione o bronco stenosi delle vie aeree). Alla percussione invece, il reperto orienta verso quadri clinici opposti. Un'ottusità percussoria depone per una perdita di aerazione del parenchima (atelectasia) o per la presenza di liquido nello spazio pleurico (versamento); mentre un'iperfonesi timpanica è invece indice di un eccessivo contenuto aero intra-alveolare o della presenza di aria libera nel cavo pleurico (pneumotorace).

Possono inoltre essere osservati segni sistemici correlati alla compromissione respiratoria o alla malattia di base, tra cui la distensione delle giugulari, epatomegalia, edemi periferici.

Nei pazienti con insufficienza respiratoria cronica possono essere presenti anche disturbi correlati allo stato nutrizionale come: cachessia conseguente all'aumento del lavoro respiratorio e allo stato catabolico, oppure obesità, frequentemente associata alla sindrome da ipoventilazione dell'obeso, ma anche non correlati allo stato nutrizionale come l'ippocratismo digitale (dita a bacchetta di tamburo) e *flapping tremor* (un disturbo che provoca brevi e improvvisi movimenti involontari a scatto). Quest'ultimo è tipicamente associato a grave ipercapnia.

Nel complesso, un'attenta valutazione clinica, condotta secondo un approccio **sistematico**, **globale** e **multidimensionale,** e fondata sull'integrazione tra la sintomatologia riferita dal paziente e i reperti obiettivi emersi nel corso dell'esame fisico, riveste un ruolo imprescindibile nell'inquadramento dell'insufficienza respiratoria. Tale approccio non solo consente di identificare precocemente l'insorgenza

dell'insufficienza respiratoria, ma permette anche di delinearne con accuratezza il meccanismo fisiopatologico sottostante, presupposto indispensabile per impostare tempestivamente il trattamento terapeutico più idoneo ed efficace. (Mirabile VS, Shebl E, Sankari A,2023).

1.1.2.4 Principi generali di gestione terapeutica:

Il trattamento dell'insufficienza respiratoria si fonda su un approccio terapeutico integrato e sinergico, orientato, da un lato, all'identificazione e trattamento della condizione eziologica responsabile, e dall'altro alla tempestiva attuazione di misure di supporto finalizzate al mantenimento o al ripristino di un'adeguata funzione respiratoria. Gli obiettivi prioritari di tale supporto terapeutico consistono nel garantire un'appropriata ossigenazione dei tessuti periferici, ridurre il carico meccanico imposto all'apparato respiratorio e il conseguente lavoro della muscolatura ventilatoria, nonché correggere le alterazioni degli scambi gassosi.

Nelle fasi iniziali della gestione del paziente critico affetto da insufficienza respiratoria acuta, assume carattere prioritario la valutazione tempestiva e sistemica dei parametri vitali condotta secondo l'approccio standardizzato ABC (*Airway, Breathing, Circulation).* Una volta garantita la stabilità dei suddetti parametri, si procede con la somministrazione di ossigeno terapia supplementare, con l'obiettivo di correggere lo stato di ipossiemia e preservare l'ossigenazione tissutale.

La strategia terapeutica dell'ossigenazione, deve mirare al raggiungimento di un equilibrio ottimale evitando, sia l'ipossia ma anche l'iperossia indotta da un'esposizione eccessiva di ossigeno. L'iperossia infatti, non costituisce una condizione priva di conseguenze, poiché concentrazioni elevate di ossigeno, soprattutto se protratte nel tempo, possono favorire la produzione di specie reattive dell'O2 e l'instaurarsi di fenomeni di stress ossidativo, potenzialmente responsabili di danno a livello polmonare e sistemico.

Sebbene la definizione dei **target ottimali** di ossigenazione continui a rappresentare un ambito di interesse e confronto nella Letteratura Scientifica, nella pratica clinica e nella gestione del paziente critico, l'ossigenoterapia deve essere individualizzata e titolata sulla base di: condizioni fisiopatologiche, quadro clinico e profilo di rischio del singolo paziente.

TIPOLOGIA DI PAZIENTE	TARGET DI spo2 PERIFERICA	RAZIONALE CLINICO
Paziente critico generale (senza rischio di ritenzione di CO2)	90% - 98%	Prevenzione del danno ipossico cellulare,evitando,al contempo,gli effetti tossici dell'iperossia sistemica.

Paziente con BPCO o a rischio di ritenzione di CO2	88% - 92%	Approccio conservativo volto a prevenire la soppressione del drive ipossico respiratorio e il conseguente peggioramento dell'ipercapnia.

Tabella I: target di saturazione periferica dell'ossigeno (SpO2), in relazione alla tipologia di paziente e relativo razionale clinico.

Il monitoraggio continuo dell'ossigenazione rappresenta un pilastro nella gestione del paziente. Nella routine clinica, esso viene effettuato principalmente per via non invasiva mediante pulsossimetria. Tuttavia nei soggetti con sospetta insufficienza respiratoria, instabilità emodinamica o qualora si riscontrino discrepanze tra i pulsossimetrici e il quadro clinico obiettivo (condizione frequente in caso di ipoperfusione periferica, shock o anemia severa), è indicata l'esecuzione immediata di un'emogasanalisi arteriosa (EGA). Questo esame rappresenta il *gold standard* diagnostico poiché garantisce una determinazione quantitativa e accurata della PaO2, della saturazione arteriosa, della PaCO2 e dello stato acido-base.

L'ossigenoterapia convenzionale si configura come il primo livello di supporto terapeutico per il trattamento dell'ipossiemia e può essere somministrata attraverso interfacce a basso flusso, quali le cannule nasali, o sistemi a flusso medio-alto, come le maschere facciali (semplici o con riserva di non-rebreathing). Nei pazienti che presentano una compromissione respiratoria di maggiore gravità, nei quali il fabbisogno di ossigeno e la richiesta ventilatoria superano le capacità erogative dei sistemi tradizionali, si rende necessario l'impiego di dispositivi a elevato flusso e a frazione inspirata di ossigeno (FiO2) controllata, come i sistemi Venturi o i sistemi di ossigenoterapia ad alti flussi riscaldati e umidificati (*HFNC, High-Flow Nasal Cannula*). Qualora si assista ad una mancata risposta clinica alle strategie terapeutiche non invasive, o in presenza di un quadro di severa instabilità emodinamica o neurologica, trova indicazione immediata il ricorso alla ventilazione meccanica invasiva previa intubazione endotracheale.

La scelta **tra supporto ventilatorio invasivo e non invasivo (*NIV; NON-Invasive Ventilation)*** deve essere rigorosamente personalizzata e deve scaturire da una valutazione multidimensionale che includa l'acutezza del quadro clinico, la gravità dello scambio gassoso, lo stato di esaurimento muscolare del paziente e la patologia eziologica sottostante.

Nell'ambito di specifiche condizioni cliniche, la ventilazione non invasiva (NIV) costituisce un presidio terapeutico di comprovata efficacia e trova indicazione preferenziale, in particolare, nelle riacutizzazioni della BPCO, nell'edema polmonare acuto cardiogeno (EPAC) e nella sindrome da ipoventilazione dell'obeso (OHS). Nell' EPAC infatti, l'applicazione di una pressione positiva contribuisce alla riduzione del precarico e del postcarico cardiaco, favorendo contestualmente il miglioramento della *complianc*e polmonare. Nei pazienti affetti da OHS, invece, il supporto ventilatorio

consente di contrastare l'ipoventilazione alveolare e di ridurre il carico resistivo imposto dalla parete toracica.

Particolare attenzione deve essere riservata alla tempestiva rivalutazione della risposta al trattamento, poiché la persistenza di un supporto non adeguato alle condizioni cliniche può tradursi in un progressivo deterioramento degli scambi gassosi. Nel processo decisionale inoltre, risulta importante evitare ritardi ingiustificati nell'escalation terapeutica. Un rinvio inappropriato della ventilazione assistita (sia essa invasiva o no) può infatti indurre un rapido deterioramento dell'ipossiemia e dell'ipercapnia, incrementando il rischio di danno polmonare indotto dall'eccessivo e prolungato sforzo inspiratorio del paziente.

Qualora l'evoluzione clinica renda necessaria l'intubazione endotracheale, soprattutto nel paziente con ipossiemia severa, particolare cura deve essere dedicata alla fase di preossigenazione antecedente alla laringoscopia. Tale procedura viene tipicamente eseguita mediante l'applicazione di cannule nasali ad alto flusso o attraverso l'erogazione di pressione positiva tramite NIV. L'obiettivo primario è massimizzare la riserva funzionale di ossigeno, prolungando il tempo di apnea sicura e minimizzando il rischio di desaturazione arteriosa severa ed arresto cardiaco ipossico, durante la fase di induzione anestesiologica. Qualora all'ipossiemia si associ una concomitante ipercapnia, configurando un quadro di insufficienza respiratoria mista, la sola correzione del deficit di ossigenazione può risultare insufficiente. In tale circostanza, l'intervento terapeutico deve essere orientato anche al sostegno della ventilazione alveolare, al fine di favorire un'efficace eliminazione di CO2 e contrastare la progressiva instaurazione dell'acidosi respiratoria. In tale scenario, in assenza di controindicazioni e compatibilmente con le condizioni cliniche del paziente, il ricorso precoce alla ventilazione a pressione positiva (NIV), può favorire il reclutamento alveolare, ridurre il lavoro respiratorio e migliorare l'efficienza della ventilazione prevenendo la progressiva acidosi respiratoria. (Lagina M, Valley TS.2024).

Nonostante l'impiego progressivo e integrato delle differenti modalità di supporto respiratorio, una quota di pazienti con insufficienza respiratoria acuta grave può presentare un'alterazione degli scambi gassosi refrattaria alle strategie convenzionali. Nei casi in cui l'ossigenoterapia, le HFNC, la NIV e, successivamente, la ventilazione meccanica invasiva non consentano di conseguire livelli di ossigenazione e ventilazione compatibili con un'adeguata perfusione tissutale e con la sopravvivenza, può rendersi necessario il ricorso a forme avanzate di supporto extracorporeo. In tale contesto trova indicazione la VV-ECMO.

Il supporto mediante ECMO, rappresenta infatti una delle più avanzate strategie di supporto vitale nei pazienti con insufficienza respiratoria refrattaria ed è oggi sempre più impiegato nell'ambito della terapia intensiva in pazienti accuratamente selezionati. Alla luce del crescente impiego di questa metodica, è fondamentale che il personale sanitario acquisisca una solida conoscenza dei principi fisiologici dell'ECMO, delle sue indicazioni, delle sue controindicazioni, delle complicanze e delle strategie di svezzamento, al fine di garantire un trattamento efficace e sicuro nei pazienti con insufficienza respiratoria grave. (Grotberg JC; Reynolds, D.; Kraft, BD 2024).

Il crescente impiego dell'ossigenazione extracorporea a membrana (ECMO) nei pazienti adulti con insufficienza respiratoria refrattaria è documentato dai dati del Registro dell'Extracorporeal Life Support Organization (ELSO), il più ampio database internazionale dedicato a questa metodica. Tra il 2009 e il 2022 sono stati registrati 154.568 trattamenti ECMO, di cui 108.265 (circa il 70%) effettuati in pazienti adulti, confermando il progressivo ampliamento delle indicazioni e della diffusione della tecnica nella popolazione adulta. L'analisi dei dati evidenzia un incremento costante del ricorso all'ECMO negli adulti nel corso degli anni. Il numero annuale di trattamenti è passato da **851 casi nel 2009** a **17.975 nel 2021**, mentre il volume mediano di procedure per singolo centro è aumentato da **4 a 15 trattamenti annui**, a testimonianza della crescente esperienza dei centri specializzati e della maggiore disponibilità di questa strategia terapeutica. Al netto dell'aumento registrato durante la pandemia da COVID-19, il Registro ELSO evidenzia come la crescita dell'utilizzo dell'ECMO fosse già iniziata negli anni precedenti e sia proseguita anche successivamente, confermando il consolidamento della metodica nella gestione dell'insufficienza respiratoria acuta refrattaria non correlata a SARS-CoV-2. Parallelamente, il numero dei centri aderenti al registro è aumentato progressivamente, raggiungendo **557** centri distribuiti in 57 Paesi nel 2022, a dimostrazione della diffusione globale dell'ECMO come trattamento di riferimento nei casi selezionati.

Per quanto concerne gli esiti, la sopravvivenza alla dimissione ospedaliera nei pazienti adulti sottoposti a ECMO respiratoria si mantiene intorno al 57%, un dato sostanzialmente stabile rispetto ai precedenti rapporti ELSO, nonostante il progressivo ampliamento delle indicazioni e il trattamento di pazienti sempre più complessi. Questi risultati suggeriscono che, pur rappresentando una terapia altamente specialistica e riservata ai casi di insufficienza respiratoria refrattaria alle strategie convenzionali, l'ECMO costituisce oggi un'opzione consolidata e con un beneficio clinico significativo nei pazienti accuratamente selezionati. (Tonna JE, Boonstra PS, MacLaren G,2024).

Per descrivere l'andamento temporale dell'utilizzo dell'ECMO è possibile fare riferimento al **Registro dell'Extracorporeal Life Support Organization (ELSO)**, che mette a disposizione un pannello di controllo (*dashboard*) interattivo aggiornato, dal quale è possibile estrarre dati relativi al numero di trattamenti ECMO in base al periodo temporale, all'area geografica e alla tipologia di supporto. La Figura X riporta un esempio dei dati estratti relativi al numero di trattamenti VV-ECMO eseguiti negli adulti in Europa nel periodo 2020-2025 .

	Totale	Sopravvissuto fino a DC o Trasferimento
Totale	6.370	61%
Neonatale	**218**	**68%**
Polmonare	198	70%
Cardiaco	15	40%
ECPR	5	100%
Pediatric	**566**	**74%**
Polmonare	529	75%
Cardiaco	27	59%
ECPR	10	50%
Adulto	**5.586**	**59%**
Polmonare	5.349	60%
Cardiaco	183	55%
ECPR	54	42%

Fig. X

Figura X: *Numero di trattamenti VV-ECMO registrati in Europa nel periodo 2020-2025, estratti dal dashboard interattivo del registro ELSO. Elaborazione dell'autore su dati dell'Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) consultati il 14 luglio 2026.* (https://www.elso.org/registry/elsoliveregistrydashboard.aspx)

1.2 Criteri di selezione dei pazienti:

Alla luce della complessità assistenziale e dell'elevato grado di invasività che caratterizzano il supporto extracorporeo, la selezione appropriata dei pazienti candidabili a VV-ECMO costituisce un momento determinante del percorso terapeutico. Sebbene l'ECMO sia ormai consolidata nei pazienti con insufficienza respiratoria refrattaria, in particolare nei casi di ARDS, la definizione del momento più appropriato per l'avvio del supporto continua a richiedere un'attenta valutazione multidisciplinare ed è tutt'ora oggetto di dibattito. (Grotberg, JC; Reynolds, D.; 2024).

Le principali indicazioni all'utilizzo dell'ECMO comprendono condizioni caratterizzate da ipossiemia grave e persistente non responsiva alle strategie convenzionali, precedentemente menzionate, le ARDS di origine infettiva o infiammatoria, la polmonite da aspirazione, il trauma toracico contusivo, lo stato asmatico refrattario e il supporto al trapianto polmonare. Prima di ricorrere a tale supporto tuttavia, devono essere ottimizzati tutti gli altri trattamenti disponibili, tra cui la ventilazione meccanica protettiva secondo i principi ARDSnet, il blocco neuromuscolare, la pronazione e l'eventuale l'impiego di vasodilatatori inalatori (ossido nitrico).

Un requisito fondamentale per la candidabilità, è inoltre rappresentato dalla presenza di una condizione respiratoria potenzialmente reversibile, trattandosi di un trattamento temporaneo e non definitivo, oppure, nei pazienti eleggibili, dalla possibilità di ricorrere alla metodica *bridge to lung transplantation.*

Le controindicazioni a loro volta si dividono in assolute e comprendono per contro, l'assenza di una prospettiva di recupero senza possibilità di trapianto polmonare, l'insufficienza multi organo irreversibile, le neoplasie metastatiche con limitata

aspettativa di vita e le gravi lesioni neurologiche irreversibili; e in controindicazioni relative tra le quali rientrano invece emorragie intracraniche o altre gravi patologie del sistema nervoso centrale, sanguinamento sistemico attivo, controindicazioni all'anticoagulazione, immunosoppressione, età avanzata e ventilazione meccanica prolungata. Le raccomandazioni ELSO infatti precisano che una ventilazione meccanica superiore a sette giorni con necessità di FiO2 superiore al 90%, rappresenta una delle principali controindicazioni relative. Va inoltre anche valutata l'impossibilità di ottenere un adeguato accesso vascolare, sebbene estremamente raro, e quindi tutte quelle situazioni nelle quali il beneficio del supporto extracorporeo può risultare limitato.

Per supportare il processo decisionale sono stati sviluppati diversi sistemi prognostici basati sulle caratteristiche cliniche pre-ECMO. Il primo è il punteggio Murray, che valuta la gravità dell'ARDS considerando infiltrati radiografici, rapporto PaO2/FiO2, PEEP e compliance respiratoria. È presente poi anche il punteggio RESP, nonché il più utilizzato visto il suo sviluppo specifico per stimare la probabilità di sopravvivenza nei pazienti candidati alla VV- ECMO e che tiene conto di numerosi parametri clinici, tra cui: età, durata della ventilazione meccanica, diagnosi e condizioni associate.

Ulteriori modelli prognostici includono infine i punteggi PREST, PRESRVE e ECMOnet, che possono essere impiegati come strumenti di supporto nella selezione dei pazienti. (Wieruszewski PM, Ortoleva JP, Cormican DS 2023).

Al fine di facilitare la comprensione del sistema di attribuzione del punteggio RESP per la stima di sopravvivenza nei pazienti candidati alla VV-ECMO, nella tabella II è riportato lo schema di calcolo adattato da Schmidt et al. (2014) Un punteggio RESP più elevato è associato a una maggiore probabilità di sopravvivenza, mentre valori negativi identificano pazienti con prognosi progressivamente meno favorevole. (Schmidt M, Bailey M, Sheldrake J, 2014)

CALCOLO DEL PUNTEGGIO RESP

Parametro del punteggio RESP	Punteggio
Età, anni	
18 – 49	0
50 – 59	-2
>60	-3
Stato di immunodeficienza	-2
Ventilazione meccanica prima dell'ECMO	

<48 ore	3
Da 48 ore a 7 giorno	1
>7 giorni	0
Gruppo di diagnosi respiratoria acuta	
Polmonite virale	3
Polmonite batterica	3
asma	11
Trauma e ustioni	3
Polmonite da aspirazione	3
Altre diagnosi di respirazione acuta	1
Diagnosi non respiratorie e respiratorie croniche	0
Disfunzione del sistema nervoso centrale	-7
Infezione acuta associata non polmonare	-3
Agenti bloccanti neuromuscolari prima dell'ECMO	1
Uso di ossido nitrico prima dell'ECMO	-1
Infusione di bicarbonato prima dell'ECMO	-2
Arresto cardiaco prima dell'ECMO	-2
PaCO2, mmHg	
<75	0
>75	-1
Pressione inspiratoria di picco, cmH2O	
<42	0
>42	-1

Totale	Da -22 a 15

Classe RESP	Punteggio	Sopravvivenza prevista
I	>6	92%
II	3-5	76%
III	-1-/ 2	57%
IV	-5/-2	33%
V	< -6	18%

Tabella II: sistema di attribuzione dle punteggio RESP (Respiratory ECMO Survival Prediction Score) per la stima della sopravivenza nei pazienti sottoposti a VV-ECMO.

La selezione dei candidati alla VV-ECMO si basa principalmente sulle evidenze fornite dagli studi randomizzati CESAR ed EOLIA, che rappresentano i principali riferimenti in letteratura.

Lo studio CESAR ha rappresentato uno dei primi studi randomizzati volti a valutare l'efficacia di una strategia basata sul trasferimento dei pazienti in centri specializzati per il trattamento con ECMO rispetto alla gestione convenzionale dell'insufficienza respiratoria acuta. Lo studio ha incluso pazienti con grave compromissione respiratoria, definita da un punteggio di Murray ≥ 3 oppure da un pH $< 7,2$ nonostante l'ottimizzazione della ventilazione meccanica, mentre una durata superiore a sette giorni di pressioni di picco superiori a 30 cmH2O O FiO2 superiore a 0,8 ha escluso i pazienti dallo studio. I pazienti sono stati assegnati casualmente alla gestione convenzionale oppure al trasferimento presso un centro ECMO, dove veniva valutata l'indicazione al supporto extracorporeo dopo un'ulteriore ottimizzazione delle strategie ventilatorie. Circa il 20% dei pazienti trasferiti non ha successivamente necessitato dell'avvio dell'ECMO grazie al miglioramento ottenuto con il trattamento convenzionale; tra questi, l'82% è sopravvissuto. Complessivamente lo studio ha evidenziato un vantaggio significativo della strategia di trasferimento presso un centro ECMO, con una sopravvivenza a 6 mesi superiore rispetto alla gestione convenzionale (63% vs 47%), suggerendo il beneficio di un approccio centralizzato nella gestione dei pazienti con insufficienza respiratoria grave.

Lo studio EOLIA ha rappresentato il principale trial randomizzato successivo allo studio CESAR volto a valutare il ruolo dell'ECMO veno-venosa nei pazienti con sindrome da distress respiratorio acuto (ARDS) grave. Lo studio ha escluso pazienti che hanno ricevuto una ventilazione meccanica superiore a sette giorni mentre ha arruolato pazienti con insufficienza respiratoria refrattaria nonostante l'applicazione delle migliori strategie terapeutiche disponibili, inclusa la ventilazione meccanica ottimizzata e le terapie di supporto aggiuntive, quali il blocco neuromuscolare, la posizione prona e l'utilizzo di vasodilatatori polmonari inalatori. I criteri di inclusione prevedevano un

rapporto tra pressione parziale di ossigeno arterioso e frazione inspirata di ossigeno (PaO_2/FiO_2) inferiore a 50 per oltre 3 ore oppure inferiore a 80 per oltre 6 ore, con una FiO_2 superiore all'80%, oppure la presenza di acidosi respiratoria con pH < 7,25 associata a una $PaCO_2$ > 60 mmHg nonostante adeguate impostazioni ventilatorie.

I pazienti sono stati randomizzati a ricevere supporto ECMO oppure la gestione convenzionale dell'ARDS. Sebbene il gruppo sottoposto a ECMO abbia mostrato una tendenza verso una riduzione della mortalità, lo studio non ha raggiunto una differenza statisticamente significativa nell'analisi primaria. Questo risultato è stato influenzato dal fatto che il 28% dei pazienti assegnati al gruppo di controllo ha successivamente ricevuto ECMO come terapia di salvataggio, con una sopravvivenza osservata del 43% in questo sottogruppo.

Successive analisi hanno tuttavia suggerito un possibile beneficio dell'ECMO, con una potenziale riduzione della mortalità di circa il 10%. Sulla base di questi risultati, i criteri di inclusione utilizzati nello studio EOLIA sono diventati un riferimento nella pratica clinica per la selezione dei pazienti adulti con ARDS grave candidabili a VV-ECMO. Tuttavia, per altre indicazioni al supporto extracorporeo, la decisione di procedere alla cannulazione deve essere valutata individualmente, considerando la specifica condizione clinica e il potenziale beneficio del trattamento. (Grotberg, J. C., Reynolds, D.2024)

II SCOPO DELLO STUDIO:

2.1 obiettivo dello studio

Analizzare le evidenze scientifiche disponibili in letteratura in merito all'efficacia dell'ECMO nel miglioramento della sopravvivenza dei pazienti con insufficienza respiratoria refrattaria, identificando i principali criteri di selezione e candidabilità al trattamento, approfondendo la gestione delle complicanze correlate alla procedura e il ruolo dell'infermiere in tale processo.

2.2 quesiti di ricerca

Sono stati individuati i seguenti quesiti di ricerca::

- Qual è l'efficacia dell'ECMO nel miglioramento della sopravvivenza dei pazienti con insufficienza respiratoria refrattaria?
- Quali sono i principali criteri clinici e assistenziali che determinano la candidabilità del paziente al trattamento con ECMO?
- Quali sono le principali complicanze associate al trattamento con ECMO e quali interventi infermieristici sono necessari per la loro prevenzione, identificazione e gestione?

III MATERIALI E METODI

3.1 Disegno dello studio

Revisione della letteratura.

3.2 Parole chiave

ECMO, veno-venous extracorporeal membrane oxygenation, adult, intensive care, refractory respiratory failure, ARDS, diagnosis, epidemiology, complications, intensive nursing care, nursing management, intensive care nurse.

3.3 Fonti dei dati

Al fine di rispondere ai quesiti di ricerca individuati, è stata effettuata una revisione della letteratura scientifica, prendendo in considerazione studi primari e secondari relativi all'impiego dell'ossigenazione extracorporea a membrana veno-venosa (VV-ECMO) nel trattamento dei pazienti affetti da insufficienza respiratoria refrattaria.

La ricerca della letteratura è stata condotta principalmente attraverso la banca dati bibliografica PubMed, selezionando le pubblicazioni comprese nell'intervallo temporale gennaio 2021 – agosto 2026, al fine di considerare le evidenze scientifiche più recenti disponibili. La consultazione della letteratura ha permesso di individuare le principali evidenze relative all'efficacia dell'utilizzo della VV-ECMO e di identificare i criteri clinici e i principali requisiti necessari per la selezione dei pazienti candidabili al trattamento.

A integrazione delle evidenze reperite attraverso la ricerca bibliografica, sono state consultate le linee guida dell'Extracorporeal Life Support Organization (ELSO), con particolare riferimento alle raccomandazioni riguardanti la gestione dei pazienti adulti con insufficienza respiratoria sottoposti a VV-ECMO.

È stato inoltre utilizzato come fonte bibliografica il volume ECMO – Manuale pratico dell'assistenza in Extracorporeal Membrane Oxygenation (2021), di Riccardo Cusma Piccione ed Elisabetta Maio, reso disponibile dalla sede universitaria di Pesaro. Tale testo è stato consultato come riferimento specifico per gli aspetti assistenziali e organizzativi relativi alla gestione del paziente sottoposto a ECMO.

Le fonti selezionate sono state complessivamente utilizzate per integrare le informazioni relative alla candidabilità del paziente all'efficacia della VV-ECMO e agli aspetti assistenziali connessi alla gestione del paziente sottoposto a tale trattamento.

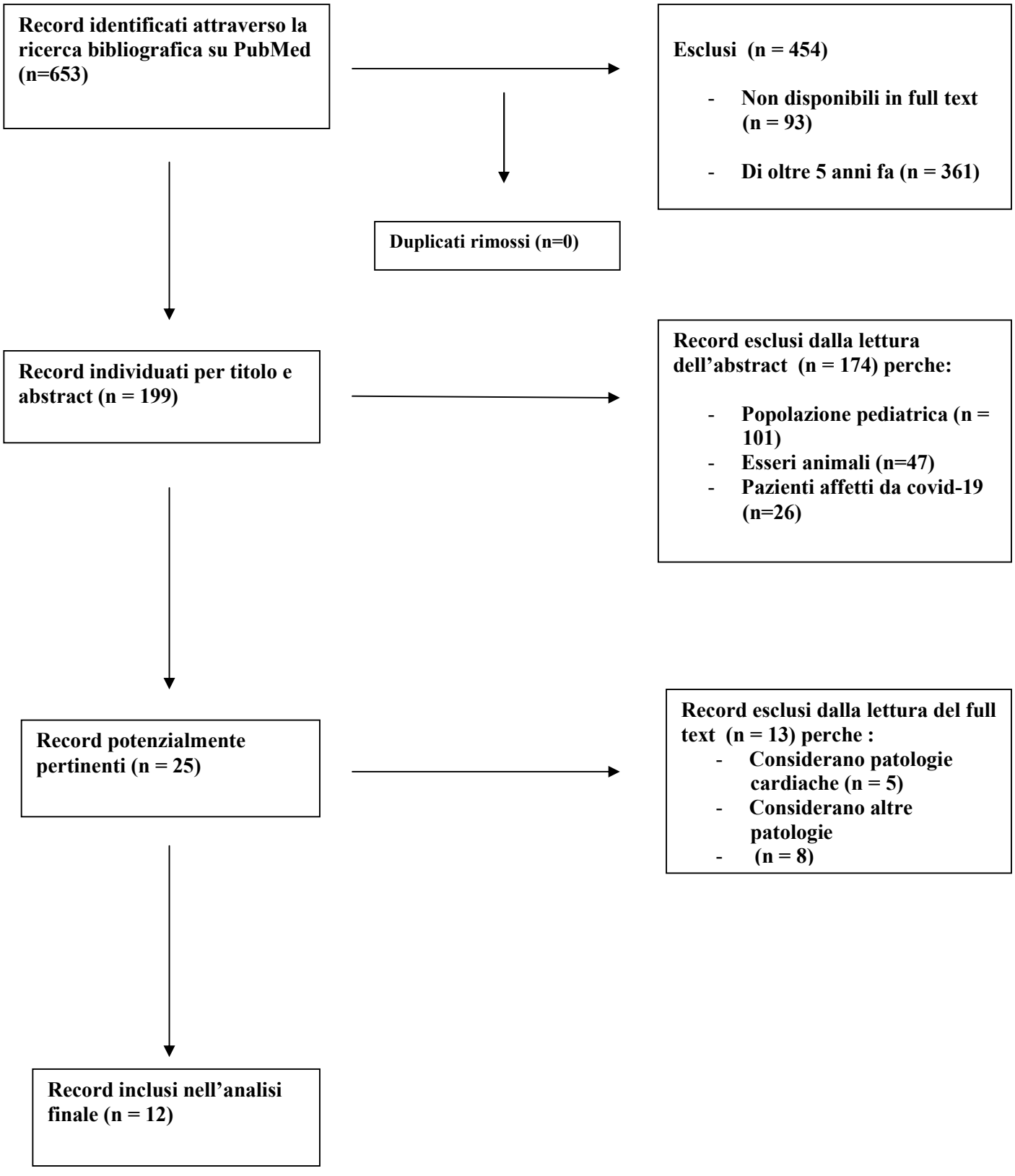
Per condurre la revisione in letteratura è stato utilizzato il metodo P.I.O.

p	Population/ popolazione	Adulti con insufficienza respiratoria refrattaria
I	Intervention/ intervento	ECMO V-V
O	Out come/ risultato	Riduzione della mortalità

Sono state utilizzate le parole chiave come termini liberi combinandole con gli operatori booleani:

Database	**Stringhe di ricerca**	**Risultati**
PubMed 1	("ECMO"[tiab] OR "venovenous extracorporeal membrane oxygenation"[tiab] OR "VV-ECMO"[tiab]) AND ("refractory respiratory failure"[tiab] OR "acute respiratory failure"[tiab])	653
PubMed 2	("ECMO"[tiab] OR "venovenous extracorporeal membrane oxygenation"[tiab] OR "VV-ECMO"[tiab]) AND ("refractory respiratory failure"[tiab] OR "acute respiratory failure"[tiab]) AND ("indications"[tiab] OR "patient selection"[tiab] OR "candidacy"[tiab]) NOT ("COVID-19"[tiab])	17
PubMed 3	("ECMO"[tiab] OR "venovenous extracorporeal membrane oxygenation"[tiab] OR "VV-ECMO"[tiab]) AND ("refractory respiratory failure"[tiab] OR "acute respiratory failure"[tiab]) AND ("complications"[tiab]) NOT ("COVID-19"[tiab])	28
PubMed 4	("ECMO"[tiab] OR "venovenous extracorporeal membrane oxygenation"[tiab] OR "VV-ECMO"[tiab]) AND ("refractory respiratory failure"[tiab] OR "acute respiratory failure"[tiab]) AND ("survival"[tiab] OR "mortality"[tiab]) NOT ("COVID-19"[tiab])	55
PubMed 5	("ECMO"[tiab] OR "venovenous extracorporeal membrane oxygenation"[tiab] OR "VV-ECMO"[tiab]) AND ("nursing"[tiab] OR "nurse"[tiab] OR "nursing care"[tiab])	67
PubMed 6	("ECMO"[tiab] OR "venovenous extracorporeal membrane oxygenation"[tiab] OR "VV-ECMO"[tiab]) AND ("nursing management"[tiab] OR "nursing care"[tiab] OR "patient care"[tiab])	63
PubMed 7	("ECMO"[tiab] OR "venovenous extracorporeal membrane oxygenation"[tiab] OR "VV-ECMO"[tiab]) AND ("mobilization"[tiab] OR "prone positioning"[tiab])	154
PubMed 8	("ECMO"[tiab] OR "venovenous extracorporeal membrane oxygenation"[tiab] OR "VV-ECMO"[tiab]) AND ("infection prevention"[tiab] OR "infection control"[tiab] OR "infectious complications"[tiab])	61

3.4 Diagramma di flusso e selezione degli studi:



3.5 Criteri di selezione dei materiali:

Criteri di inclusione delle evidenze :

• Tipologia di studi: revisioni sistematiche, studi controllati-randomizzati, meta-analisi, studi di coorte retrospettivi, studi osservazionali, studi descrittivi, studi caso-controllo, studi trasversali.

• Formato degli studi: studi con abstract disponibile in formato full text;

• Tipologia di partecipanti: pazienti adulti con insufficienza respiratoria refrattaria sottoposti a VV-ECMO ;

• Lingua: italiana/inglese;

• Periodo: studi pubblicati negli ultimi 5 anni.(gennaio 2021- luglio 2026)

Criteri di esclusione delle evidenze :

• Popolazione pediatrica;

• Pazienti affetti da Covid-19;

• Pazienti con patologie a livello cardiaco ;

• Studi di oltre 5 anni fa.

IV RISULTATI

4.1 Efficacia della vv-ecmo sulla sopravvivenza:

La ricerca bibliografica condotta per la presente revisione ha permesso di selezionare dodici studi pertinenti rispetto agli obiettivi dell'elaborato. L'analisi delle evidenze ha consentito di rispondere ai tre quesiti di ricerca individuati, riguardanti l'efficacia della VV-ECMO sulla sopravvivenza dei pazienti con insufficienza respiratoria refrattaria, i principali criteri di candidabilità al trattamento e le complicanze associate al supporto extracorporeo con particolare riferimento agli aspetti di gestione infermieristica.

Le evidenze analizzate mostrano che la VV-ECMO rappresenta una strategia di supporto utilizzabile nei pazienti adulti affetti da insufficienza respiratoria grave e refrattaria alle strategie terapeutiche convenzionali.

Gli studi inclusi evidenziano un potenziale beneficio in termini di sopravvivenza, soprattutto nei pazienti accuratamente selezionati e trattati all'interno di centri dotati di esperienza nella gestione del supporto extracorporeo. Tuttavia, i risultati disponibili non consentono di attribuire il miglioramento degli outcome esclusivamente all'impiego della tecnologia.

La sopravvivenza risulta infatti influenzata da molteplici fattori, tra cui la gravità del quadro respiratorio, la patologia sottostante, la possibilità di recupero della funzione polmonare, le condizioni cliniche precedenti all'avvio del supporto e la comparsa di eventuali complicanze durante il trattamento.

Dall'analisi emerge pertanto che la VV-ECMO può offrire un vantaggio nei pazienti con insufficienza respiratoria refrattaria, ma la sua efficacia è strettamente correlata all'appropriatezza dell'indicazione e alla gestione complessiva del percorso di cura.

4.2 Criteri di selezione e candidabilità del paziente:

Il secondo quesito di ricerca ha evidenziato che la decisione di avviare un supporto mediante VV-ECMO richiede una valutazione individualizzata e multidimensionale.

La presenza di un'insufficienza respiratoria grave rappresenta il punto di partenza del processo decisionale, ma non costituisce, da sola, un criterio sufficiente. Dalle evidenze analizzate emerge la necessità di considerare la refrattarietà del quadro alle strategie terapeutiche convenzionali, la potenziale reversibilità della patologia polmonare e la prognosi complessiva del paziente.

Ulteriori elementi rilevanti sono rappresentati dalla durata della ventilazione meccanica prima della cannulazione, dalla presenza di comorbilità e di eventuali condizioni associate a una prognosi sfavorevole o a una ridotta possibilità di recupero.

Gli strumenti prognostici possono contribuire a strutturare la valutazione clinica, fornendo informazioni utili sulla probabilità di sopravvivenza. Tuttavia, la letteratura evidenzia come tali strumenti debbano essere integrati con il giudizio clinico e non utilizzati isolatamente.

Tra i risultati emersi assume inoltre rilievo la dimensione organizzativa. La candidabilità al trattamento deve essere considerata anche in relazione alla possibilità di garantire una gestione specialistica, caratterizzata dalla presenza di professionisti formati e di un contesto assistenziale adeguato alla complessità del paziente.

4.3 Ruolo dell'infermiere ed ECMO team:

La complessità clinica e tecnologica che caratterizza l'assistenza al paziente sottoposto a ECMO richiede un modello organizzativo altamente specializzato, fondato sull'integrazione di competenze multidisciplinari e sulla chiara definizione delle responsabilità dei diversi professionisti coinvolti. In tale contesto, l'infermiere riveste una posizione di particolare rilievo, assicurando una sorveglianza continua delle condizioni cliniche del paziente e contribuendo, nell'ambito delle competenze acquisite, alla gestione sicura del supporto extracorporeo.

L'organizzazione dell'assistenza può differire in relazione alle caratteristiche e alle risorse del singolo centro. Alcuni modelli prevedono che un infermiere specificatamente formato integri l'assistenza diretta al paziente con la sorveglianza del circuito; altri contemplano una distinzione delle responsabilità tra personale infermieristico e perfusionista. Un ulteriore assetto organizzativo si fonda sulla figura dell'**ECMO *Specialist,*** professionista dotato di una formazione avanzata e specificatamente addestrato alla gestione e al monitoraggio del sistema extracorporeo.

Le evidenze disponibili evidenziano come l'adozione di un modello assistenziale basato sulla presenza di ECMO *Specialist* adeguatamente formati, favorisca una maggiore integrazione multidisciplinare, migliori la qualità e la sicurezza dell'assistenza e garantisca un supporto continuativo al paziente e al team assistenziale. In tale configurazione, l'infermiere di terapia intensiva garantisce assistenza continuativa e individualizzata al paziente in un rapporto uno a uno, mentre l'ECMO *Specialist* concentra la propria attività sulla sorveglianza del circuito, sull'identificazione precoce di eventuali anomalie e sul supporto specialistico al team. La collaborazione tra queste figure consente di coniugare la valutazione clinica del paziente con il controllo costante del sistema extracorporeo, due dimensioni assistenziali strettamente interdipendenti.

La sicurezza dell'assistenza ECMO risulta pertanto indissociabile secondo la Letteratura, dalla presenza di percorsi formativi strutturati e continuativi. La preparazione dell'ECMO *Specialist* dovrebbe integrare conoscenze teoriche, addestramento pratico supervisionato e simulazioni ad alta fedeltà, particolarmente rilevanti per acquisire e consolidare le competenze necessarie alla gestione delle situazioni critiche e delle emergenze correlate al circuito.

Il mantenimento di tali competenze è garantito mediante programmi periodici di aggiornamento, esercitazioni e rivalutazione delle abilità acquisite. In questa prospettiva

la formazione continua costituisce una componente essenziale dell'organizzazione assistenziale, poiché contribuisce a uniformare i comportamenti professionali, promuovere una risposta tempestiva alle complicanze e consolidare una cultura condivisa della sicurezza all'interno dell'ECMO team. L'efficacia dell'assistenza al paziente sottoposto a supporto extracorporeo dipende, dunque, non soltanto dalla disponibilità di tecnologie avanzate, ma anche dalla competenza dei professionisti e dalla capacità del t*eam* di operare secondo modalità coordinate, standardizzate e multidisciplinari. (Boyd DL, Lyle-Edrosolo G. 2022).

La Letteratura propone un modello organizzativo secondo cui l'ECMO *Team*, responsabile della gestione del paziente e del circuito extracorporeo, dovrebbe essere costituito dalle seguenti figure professionali:

- un medico anestesista-rianimatore;
- un secondo medico di supporto;
- un tecnico della fisiopatologia cardiocircolatoria e perfusione cardiovascolare (perfusionista);
- un infermiere strumentista o di sala operatoria;
- un infermiere di terapia intensiva;
- un operatore socio-sanitario (OSS).

La definizione dei ruoli e la stretta collaborazione tra i diversi professionisti consentono di assicurare una presa in carico coordinata durante tutte le fasi del percorso assistenziale, dalla preparazione e cannulazione fino alla gestione del supporto e al successivo *weaning*. La condivisione delle competenze favorisce inoltre, il riconoscimento tempestivo di possibili complicanze e l'adozione di interventi appropriati, contribuendo al mantenimento di elevati standard di sicurezza e qualità assistenziale. (Cusmà Piccione & Maio, 2021).

All'interno di tale assetto multidisciplinare, una funzione di particolare rilievo è affidata all'infermiere di **terapia intensiva,** la cui prossimità continuativa al paziente ne fa una figura privilegiata nell'identificazione precoce delle variazioni cliniche. Il paziente sottoposto ad ECMO presenta infatti un'elevata complessità assistenziale e necessita di una sorveglianza costante, associata a una valutazione clinico - assistenziale rigorosa e sistematica. L'approccio di valutazione "testa-piedi" (*head-to-toe assesment)* costituisce uno strumento metodologico utile per condurre una valutazione globale e ordinata del paziente, permettendo di integrare i dati provenienti dal monitoraggio con i reperti dell'esame obiettivo. L'osservazione infermieristica assume così un carattere dinamico e continuativo, finalizzato non soltanto alla rilevazione dei parametri fisiologici, ma soprattutto all'individuazione precoce di modificazioni potenzialmente indicative di deterioramento clinico o dell'insorgenza di complicanze correlate al supporto extracorporeo

La competenza infermieristica si configura come il risultato dell'integrazione di differenti dimensioni professionali, necessarie per affrontare in maniera appropriata la complessità clinica e tecnologica propria del supporto extracorporeo.

Dall'analisi della letteratura, emergono, in particolare, quattro aree tra loro strettamente interconnesse: le conoscenze teoriche, le competenze tecniche e non tecniche, gli atteggiamenti professionali e le responsabilità assistenziali. La loro integrazione concorre a delineare il profilo dell'infermiere coinvolto nella gestione dell'ECMO e ne orienta l'agire lungo l'intero percorso assistenziale.

Sul piano delle conoscenze teoriche, è richiesta una solida padronanza dei principi fisiologici e fisiopatologici alla base dell'ECMO, unitamente alla conoscenza delle indicazioni e delle controindicazioni al trattamento e delle peculiarità delle differenti configurazioni (VV-ECMO e VA-ECMO). A ciò si aggiunge la comprensione della struttura e del funzionamento del circuito extracorporeo, indispensabile per correlare le variazioni dei suoi parametri alle condizioni cliniche del paziente. Particolare rilevanza assume inoltre la conoscenza dei meccanismi di trasporto e scambio dei gas, delle interazioni tra supporto extracorporeo, funzione respiratoria ed emodinamica, nonché dei principali parametri utilizzati per valutarne l'efficacia. Tale preparazione consente all'infermiere di interpretare criticamente i dati provenienti dal monitoraggio, riconoscere variazioni significative rispetto all'andamento clinico atteso e contribuire al'identificazione precoce di eventuali condizioni di instabilità.

Alle conoscenze teoriche si affiancano necessariamente specifiche competenze tecniche, relative alla sorveglianza del circuito, controllo dei parametri di funzionamento e alla corretta interpretazione degli allarmi. Questi ultimi non devono essere considerati come semplici segnalazioni strumentali, bensì come informazioni da contestualizzare rispetto alle condizioni del paziente e al funzionamento complessivo del sistema, così da consentire un intervento tempestivo e appropriato e prevenire l'evoluzione verso eventi avversi di maggiore gravità.

Non meno importanti sono poi le capacità di riconoscere precocemente le principali complicanze correlate alla terapia, quali sanguinamento, trombosi, embolia gassosa, infezioni, ischemia degli arti e fenomeni di ricircolo.

Dal punto di vista assistenziale, l'infermiere svolge un monitoraggio continuo del paziente attraverso una valutazione sistematica dei parametri emodinamici, respiratori, neurologici e della funzionalità d'organo. L'assistenza comprende inoltre la gestione della ventilazione meccanica, il monitoraggio dell'anticoagulazione, l'interpretazione degli esami di laboratorio, la valutazione dell'equilibrio acido-base, il controllo della sedazione e dell'analgesia e la prevenzione delle infezioni correlate all'assistenza. L'approccio infermieristico mantiene una visione globale del paziente, integrando il controllo del circuito extracorporeo con l'assistenza di base, la prevenzione delle lesioni da pressione, l'igiene, il supporto nutrizionale e la mobilizzazione precoce, quando le condizioni cliniche lo consentono.

Si evidenzia come le competenze richieste vadano oltre gli aspetti puramente tecnici. L'infermiere deve essere in grado di applicare un elevato livello di ragionamento clinico, prendere decisioni tempestive, stabilire le priorità assistenziali e comunicare efficacemente con tutti i membri del team multidisciplinare. La leadership, il lavoro di squadra, la capacità di gestire situazioni di elevata pressione emotiva e l'adattabilità rappresentano competenze non tecniche imprescindibili nella pratica clinica quotidiana.

La sicurezza del paziente dipende infatti non solo dalla corretta gestione del circuito ECMO, ma anche dalla qualità della collaborazione tra i professionisti coinvolti.

Per quanto riguarda le responsabilità professionali, l'infermiere di terapia intensiva assume un ruolo centrale nel monitoraggio continuo del paziente, nell'identificazione precoce del deterioramento clinico, nella verifica del corretto funzionamento del circuito extracorporeo e nell'attuazione degli interventi necessari in caso di emergenza. È inoltre responsabile della preparazione del paziente alle procedure diagnostiche o chirurgiche, del trasferimento intra- ed extraospedaliero in sicurezza e della promozione della qualità assistenziale attraverso l'applicazione di protocolli e procedure condivise.

Un ulteriore aspetto evidenziato dalla revisione riguarda il contesto organizzativo. La qualità dell'assistenza ECMO non dipende esclusivamente dalle competenze del singolo professionista, ma anche dall'organizzazione del servizio. Tra i principali ostacoli vengono identificati il carico assistenziale particolarmente elevato, la carenza di personale dedicato, la limitata esposizione clinica nei centri a basso volume di attività e l'assenza di programmi formativi strutturati e continuativi. Al contrario, la disponibilità di percorsi di formazione specifici, l'impiego della simulazione ad alta fedeltà, l'aggiornamento periodico delle competenze e un adeguato supporto organizzativo favoriscono lo sviluppo professionale degli infermieri e migliorano la sicurezza delle cure.

La gestione infermieristica del paziente in ECMO deve essere considerata un processo dinamico e multidimensionale, nel quale competenze teoriche, abilità tecniche, capacità decisionali e fattori organizzativi risultano strettamente interconnessi. La presenza di programmi di formazione dedicati, l'adozione di modelli organizzativi che garantiscano un adeguato rapporto infermiere-paziente e il sostegno delle organizzazioni sanitarie, rappresentano elementi indispensabili per assicurare un'assistenza di elevata qualità e promuovere la sicurezza del paziente sottoposto a supporto extracorporeo. (van Esch A, Blokzijl F, 2026)

Nel paziente critico sottoposto a ECMO, oltre al monitoraggio dei parametri vitali, è fondamentale valutare sistematicamente anche l’integrità e il corretto funzionamento dei dispositivi medici impiantati. A tal fine, l’esame testa-piedi rappresenta uno strumento raccomandato per la valutazione globale del paziente in ECMO, in quanto consente di individuare precocemente eventuali alterazioni cliniche o complicanze specifiche dei diversi distretti corporei. Tale approccio integra la valutazione sistematica secondo lo schema ABCDE con l’ispezione e il controllo dei dispositivi presenti nelle aree corporee esaminate, permettendo un assesment completo del paziente. Per tanto in seguito verranno descritte le principali valutazioni infermieristiche attraverso un approccio integrato fra queste due metodiche, con l’obiettivo di evidenziare i principali aspetti assistenziali e i focus di attenzione nella gestione del paziente sottoposto ad ECMO. In considerazione della complessità clinico- assistenziale di questi pazienti, le linee guida ELSO raccomandano un rapporto infermiere-paziente di 1:1.

Distretto testa-collo :

la valutazione del distretto testa-collo rappresenta il primo momento dell'assesment infermieristico del paziente in ECMO e ha come obiettivo principale il riconoscimento precoce di eventuali complicanze neurologiche. I pazienti sottoposti a supporto extracorporeo presentano infatti un elevato rischio di eventi emorragici e tromboembolici, correlato sia alla necessità di anticoagulazione sistemica continua, sia alla presenza di dispositivi intravascolari, che possono costituire un potenziale punto di formazione di emboli.

Il primo aspetto da valutare è lo stato di coscienza o, nei pazienti sedati, il livello di sedazione, mediante l'impiego di scale validate come la *Richmond Agitation-Sedation Scale (RASS).* La sedazione deve essere adeguatamente modulata per garantire il comfort del paziente e favorire il corretto adattamento al supporto ECMO, limitando i movimenti che potrebbero determinare la dislocazione accidentale delle cannule.

Quando le condizioni cliniche lo consentono, il paziente può essere mantenuto vigile ed estubato, sia durante il supporto VV, sia in casi selezionati, durante quello VA. Tale approccio permette un monitoraggio neurologico continuo, favorendo il riconoscimento precoce di deficit neurologici, problematiche ipossiche, ischemiche, o emorragiche, oltre a ridurre il rischio di infezioni e i danni d'organo legati alla ventilazione meccanica e nel caso dell' ECMO-VV, ridurre il danno polmonare ad essa legata. Qualora, invece non sia possibile garantire una sicurezza e stabilità clinica, il paziente deve essere sottoposto a sedazione profonda o anestesia generale.

Il monitoraggio neurologico deve essere continuo e comprendere la valutazione delle pupille per un eventuale alterazione non indotta da farmaci (es. anisocoria) nei pazienti sedati, l'esame dei principali riflessi neurologici quali il riflesso foto motore e quello corneale. Nei casi indicati, il monitoraggio elettroencefalografico (EEG) continuo rappresenta un ulteriore strumento utile per identificazione ad esempio di crisi comiziali e altre complicanze encefaliche.

La valutazione delle vie aeree costituisce il secondo elemento dell'assesment del distretto testa-collo. È necessario verificare il corretto posizionamento e fissaggio del tubo endotracheale, rilevare eventuali sanguinamenti del cavo orale, e prevenire sia l'estubazione accidentale sia l'insorgenza di lesioni da pressione in corrispondenza della rima labiale. Particolare attenzione deve essere posta nei confronti della profondità del tubo e della pressione di gonfi aggio della cuffia del tubo orotracheale, che dovrebbe essere mantenuta fra i 15-25 mmHg al fine di prevenire lesioni ischemiche della mucosa tracheale, sanguinamenti e fistole tracheoesofagee. L'ispezione della trachea consente inoltre di identificare eventuali deviazioni anomale che possono rappresentare un segno di pneumotorace iperteso.

L'assesment del distretto testa-collo comprende anche il controllo dei dispositivi presenti, tra cui il sondino nasogatsrico, il catetere venoso centrale, il catetere di Swan-Ganz e, nei pazienti sottoposti a supporto VV, la cannula giugulare. Per ciascun presidio è necessario verificare il corretto fissaggio, eventuali sanguinamenti o segni di infezione

e possibili dislocazioni. Tali controlli vanno ripetuti più volte durante il turno assistenziale, soprattutto a seguito di una procedura di mobilizzazione.

L'osservazione delle vene giugulari completa la valutazione del distretto. La presenza di turgore giugulare può essere espressione di un ridotto ritorno venoso e riconoscere cause intrinseche, quali l'insufficienza ventricolare destra e le valvulopatie, oppure estrinseche, come il pneumotorace iperteso e il tamponamento cardiaco. Queste ultime rappresentano cause particolarmente rilevanti di turgore giugulare nel paziente sottoposto ad ECMO.

Distretto toracico:

La valutazione del distretto toracico è finalizzata al riconoscimento precoce di alterazioni respiratorie e cardiocircolatorie. L'esame obiettivo comprende l'ispezione del torace, con particolare attenzione alla simmetria dell'espansione degli emitoraci e alla presenza di cianosi centrale, ecchimosi o ferite chirurgiche. La palpazione permette di evidenziare eventuali segni di enfisema sottocutaneo, mentre l'auscultazione dei campi polmonari consente di apprezzare il murmure vescicolare e di identificare eventuali alterazioni della ventilazione.

Nel paziente sottoposto a ECMO, il controllo della funzione respiratoria comprende anche la valutazione della ventilazione meccanica, generalmente impostata secondo una strategia di ventilazione polmonare protettiva. Tale approccio prevede l'impiego di volumi correnti ridotti (circa 4-6 ml/Kg), basse concentrazioni di ossigeno inspirato (FiO2) e una ridotta frequenza respiratoria, con l'obiettivo di limitare il danno polmonare associato alla ventilazione meccanica. Il supporto extracorporeo, contribuendo all'ossigenazione e alla rimozione dell'anidride carbonica, permette infatti di ridurre l'intensità del supporto ventilatorio e, di conseguenza, lo stress esercitato sul parenchima polmonare.

Un ulteriore elemento di valutazione è rappresentato dall'eventuale utilizzo dell'ossido nitrico inalatorio, un potente vasodilatatore selettivo del circolo polmonare impiegato in specifiche condizioni cliniche, quali la sindrome da distress respiratorio acuto, ipertensione polmonare o trombo-embolia polmonare, nel periodo post-trapianto cardiaco e/o polmonare e durante il processo di svezzamento dall'ECMO.

L'ossido nitrico viene erogato tramite il ventilatore meccanico mediante un apposito sistema di somministrazione, generalmente con dosaggi compresi fra i 5 e 20 ppm (parti per milione). L'infermiere deve quindi verificarne il corretto collegamento al circuito ventilatorio, sospendendone temporaneamente l'erogazione in caso di disconnessione dallo stesso, oltre a monitorare l'efficacia del trattamento attraverso il controllo dell'ossigenazione, delle pressioni arteriose polmonari, e dei parametri emodinamici.

Nel distretto toracico, l'assesment comprende anche l'inquadramento della funzione cardiovascolare secondo lo schema ABCDE. Il monitoraggio emodinamico prevede l'osservazione continua del ritmo cardiaco e dei principali parametri pressori, tra cui la pressione arteriosa cruenta e la pressione venosa centrale; nei pazienti in cui è

disponibile un catetere arterioso polmonare, possono essere considerate anche le pressioni del circolo polmonare. L'insieme di questi dati permette di ottenere una valutazione complessiva dello stato circolatorio e dell'adeguatezza della perfusione sistemica. Un ruolo rilevante è inoltre rivestito dall'emogasanalisi. Il campione arterioso fornisce informazioni relative all'ossigenazione, all'efficienza degli scambi respiratori e all'equilibrio acido-base. L'analisi del sangue venoso offre invece elementi complementari sul rapporto tra disponibilità e utilizzo dell'ossigeno a livello tissutale, contribuendo, insieme agli altri parametri clinici e strumentali, all'inquadramento delle condizioni emodinamiche del paziente.

Il controllo della temperatura corporea centrale costituisce un ulteriore aspetto dell'assistenza al paziente ECMO. Sebbene il circuito disponga di un sistema di scambio termico che consente di modulare la temperatura del sangue, è necessario mantenere un monitoraggio continuo del paziente per riconoscere tempestivamente variazioni significative, quali ipotermia o rialzo febbrile. La circolazione sanguigna attraverso il circuito extracorporeo può infatti favorire la dispersione termica, fenomeno influenzato anche dalle caratteristiche e dall'estensione del circuito stesso.

Distretto addome-pelvi :

La valutazione del distretto addome- pelvi rappresenta un'estensione dell'assesment della circolazione (C) secondo l'approccio ABCDE ed è finalizzata all'identificazione precoce di eventuali complicanze emorragiche.

Nei pazienti sottoposti ad ECMO, infatti, l'inserimento di cannule di grosso calibro nei principali vasi arteriosi e venosi può determinare lesioni vascolari o viscerali, con conseguente sviluppo di emoperitoneo, macroematuria, rettorragia.

L'ispezione e la palpazione dell'addome consentono di individuare precocemente segni suggestivi di sanguinamento o altre alterazioni, quali distensione addominale, dolore o modificazioni della consistenza della parete. A completamento dell'esame obbiettivo, l'ecografia bedside, rappresenta uno strumento di fondamentale importanza per l'identificazione di raccolte fluide intraddominali, aumentando l'accuratezza diagnostica della valutazione clinica.

Un ulteriore parametro da valutare è la diuresi, indicatore essenziale della perfusione renale e dello stato emodinamico del paziente. Nelle fasi precedenti all'avvio del supporto extracorporeo, la comparsa di oliguria o anuria può riflettere una condizione di ipoperfusione sistemica. Durante il trattamento ECMO, il monitoraggio della diuresi consente inoltre di valutare l'evoluzione della funzione renale e di riconoscere precocemente segni di emolisi, quali la presenza di macroematuria, osservabile sia nell'urinometro sia nella sacca di raccolta dell'effluente della terapia sostitutiva renale (CRRT), quando presente.

Estremità : La valutazione delle estremità differisce tra arti superiori e inferiori, poiché i due distretti sono esposti a complicanze differenti durante il supporto ECMO.

- Arti superiori: in essi il monitoraggio è rivolto principalmente all'identificazione precoce di alterazioni dell'ossigenazione, in particolare della sindrome di arlecchino, complicanza tipica dell'ECMO-VA. La valutazione consiste principalmente nell'esecuzione dell'emogasanalisi arteriosa nel braccio destro, confrontandone i risultati con quelli ottenuti dall'arto contro laterale o con un campione di sangue prelevato a valle dell'ossigenatore ECMO. Una riduzione della PaO2 dell'arto superiore destro, eventualmente associata a cianosi dell'arto o dell'emisoma superiore, è indicativa della presenza di una zona di miscelazione tra sangue ossigenato proveniente dal circuito extracorporeo e sangue scarsamente ossigenato eiettato dal ventricolo sinistro. Il mancato riconoscimento di questa condizione può determinare una grave ipossia cerebrale con conseguenti danni neurologici permanenti. Il trattamento prevede l'ottimizzazione degli scambi gassosi mediante un adattamento della ventilazione meccanica e, nei casi più gravi, la conversione in configurazioni ibride, come l'ECMO veno-artero-venosa (V - AV), in grado di fornire un supporto simultaneo della funzione cardiaca e di quella polmonare.
- Arti inferiori: la valutazione degli arti inferiori è invece finalizzata al riconoscimento precoce di alterazioni della perfusione, soprattutto nell'arto sede di cannulazione arteriosa durante l'ECMO-VA . Le complicanze vascolari dell'arto inferiore rappresentano un evento relativamente frequente e comprendono ischemia, edema, sindrome compartimentale, e nei casi più gravi amputazione. Per ridurre l'ischemia viene generalmente posizionata una cannula di perfusione distale, che mantiene il flusso ematico a valle della cannula arteriosa. Nonostante ciò, possono comunque verificarsi condizioni di ipoperfusione secondarie a occlusione della cannula di reinfusione, dissezione arteriosa, compressione vascolare, vasocostrizione sistemica dovuta dallo stato di shock o alterazioni del microcircolo .

L'assesment infermieristico comprende inizialmente l'esame obiettivo dell'arto, valutando il colore cutaneo, la temperatura, il tempo di riempimento capillare, e la presenza dei polsi periferici, in particolare quello pedideo. È inoltre necessario ispezionare accuratamente il sito di cannulazione per individuare eventuali ematomi, sanguinamenti o anomalie delle cannule. Inoltre la misurazione della circonferenza periodica della coscia e del polpaccio, permette di identificare precocemente la comparsa di edema o della sindrome compartimentale. Il monitoraggio può essere completato mediante metodiche strumentali, quali la rilevazione della temperatura cutanea, la valutazione dell'ossigenazione tissutale regionale o ecocolordoppler, utile per documentare la pervietà vascolare e la presenza di un adeguato flusso ematico.

In presenza di ipoperfusione, il trattamento prevede la correzione delle cause sottostanti, la verifica del corretto funzionamento della cannula di reinfusione distale, il miglioramento della perfusione sistemica e l'adozione di misure di riscaldamento dell'arto.

Anche l'iperperfusione rappresenta una possibile complicanza e può manifestarsi con edema marcato, formazione di flittene, sanguinamento, sindrome compartimentale e gravi lesioni dei tessuti molli, fino alla necessità di amputazione.

Infine durante ogni turno assistenziale è indispensabile verificare il corretto posizionamento delle cannule ECMO. La profondità di inserzione deve essere documentata mediante punti di repere riportati sulla cute e sulla cannula stessa, consentendo di riconoscere tempestivamente anche minime dislocazioni del dispositivo e intervenire prima che compromettano la sicurezza del supporto extracorporeo.

Distretto dorsale:

La valutazione del distretto dorsale del paziente in ECMO può essere effettuata attraverso la tecnica log roll o della lateralizzazione, che consente l'esposizione dell'emisoma posteriore durante le procedure assistenziali, in particolare durante l'igiene del paziente e il cambio della biancheria.

Il paziente sottoposto a circolazione extracorporea presenta un elevato rischio di sviluppare lesioni da pressione, determinato dalla complessa condizione clinica, dalle alterazioni della perfusione tissutale, dall'immobilità prolungata e dalla necessita di terapia anticoagulante continua che favorisce il sanguinamento in caso di lesioni cutanee. Per tale motivo l'ispezione accurata della cute e dei punti di appoggio rappresenta un elemento fondamentale nella prevenzione e nella diagnosi precoce delle complicanze cutanee.

La mobilizzazione deve essere sempre effettuata con particolare cautela, garantendo la sicurezza del circuito e delle cannule ECMO, al fine di prevenire dislocazioni accidentali e trazioni dei dispositivi.

Monitoraggio del circuito ECMO:

Nella valutazione della E (Exposure) secondo l'approccio ABCDE, oltre all'esposizione corporea completa del paziente, devono essere inclusi il controllo dei siti di inserzione delle cannule, l'ispezione del circuito extracorporeo, dell'ossigenatore e la verifica dei principali parametri di funzionamento dell'ECMO. La valutazione del sistema paziente-ECMO rappresenta un vero e proprio controllo clinico integrato del supporto extracorporeo e deve essere effettuata in maniera sistematica.

Prima di procedere all'analisi del circuito e delle sue componenti, è necessario verificare il corretto funzionamento del dispositivo. Il primo elemento da valutare è la console ECMO, che deve essere posizionata in prossimità degli arti inferiori del letto del paziente, con il sistema frenante attivato, al fine di garantirne stabilità e accessibilità. Nelle immediate vicinanze devono inoltre essere disponibili clamp per il circuito, necessari in caso di emergenza, come ad esempio una decannulazione accidentale. Un ulteriore controllo riguarda le connessioni elettriche e dei gas medicali. La console deve essere collegata a una presa elettrica dedicata, possibilmente connessa al sistema di alimentazione di emergenza, verificando la presenza del segnale di corretta alimentazione sul dispositivo. Devono inoltre essere controllati i collegamenti dei gas medicali, sia alla rete murale sia alla console ECMO, assicurandosi della corretta connessione dei sistemi di ossigeno e aria medicale. Sebbene gli attuali sistemi di connessione riducano il rischio di inversione dei gas, tale verifica rimane parte integrante del controllo assistenziale.

La valutazione prosegue con l'ispezione delle cannule di drenaggio e reinfusione. Devono essere osservati i siti di inserzione cutanea per rilevare precocemente eventuali segni di sanguinamento, presenza di medicazioni intrise, ematomi o segni locali di flogosi. Successivamente devono essere controllati il corretto collegamento delle cannule al circuito, il sistema di fissaggio alla cute, i punti di repere sulla cute e sulla cannula, utili per identificare eventuali spostamenti longitudinali del dispositivo, oltre alla corretta applicazione dei sistemi di prevenzione delle lesioni da pressione.

L'ispezione del circuito extracorporeo rappresenta un ulteriore passaggio fondamentale e comprende la verifica dell'integrità del circuito, della stabilità delle connessioni, dell'assenza di coaguli, depositi di fibrina o bolle d'aria. La presenza di aria nel circuito può rappresentare un possibile segno di alterazione del sistema pre-pompa o pre-ossigenatore, mentre eventuali tracce ematiche possono suggerire una perdita o un sanguinamento nel tratto post-pompa o post-ossigenatore. Il controllo del sanguinamento deve essere effettuato non solo a livello della giunzione tra cannula e circuito, ma anche in corrispondenza di raccordi, connessioni e prolunghe presenti lungo il sistema.

Durante l'osservazione del circuito è inoltre necessario valutare l'eventuale presenza di *chattering*, nonché un movimento oscillatorio della cannula venosa durante il supporto extracorporeo. Tale fenomeno non è correlato alla pulsazione cardiaca, ma rappresenta un'alterazione del drenaggio venoso determinata dall'eccessiva aspirazione della cannula rispetto al ritorno ematico disponibile. Il riconoscimento precoce del *chattering* permette di ricercarne le cause, quali ipovolemia assoluta o relativa, oppure mal posizionamento della cannula venosa, prevenendo complicanze correlate come l'emolisi.

La valutazione visiva prosegue in prossimità della console con il controllo della pompa centrifuga e dell'ossigenatore. Quest'ultimo deve essere attentamente ispezionato per identificare eventuali segni di formazione trombotica o aggregati di fibrina, in considerazione del rischio tromboembolico associato al supporto extracorporeo.

La gestione e la regolazione dei parametri di funzionamento dell'ECMO sono di competenza del medico e del tecnico di fisiopatologia cardiocircolatoria e perfusione cardiovascolare, tuttavia il personale infermieristico deve conoscere e monitorare tali parametri, verificando il corretto funzionamento del sistema. Tra gli elementi da controllare rientrano la portata del circuito, il numero di giri della pompa al minuto e, nei dispositivi che lo consentono, i valori pressori rilevati dal sistema ECMO, al fine di identificare precocemente eventuali variazioni indicative di mal funzionamento o alterazioni cliniche del paziente.

L'assistenza infermieristica al paziente sottoposto a ECMO richiede pertanto competenze altamente specialistiche, una costante sorveglianza clinica e una stretta collaborazione con il team multidisciplinare. Il monitoraggio continuo del paziente e del circuito extracorporeo rappresenta un elemento essenziale per prevenire le complicanze, garantire la sicurezza delle cure e ottimizzare gli aspetti clinici.

La valutazione sistematica del paziente attraverso l'approccio testa-piedi e il monitoraggio del sistema ECMO rappresentano una componente fondamentale dell'assistenza infermieristica, finalizzata all'identificazione precoce di alterazioni cliniche, complicanze correlate al supporto extracorporeo e malfunzionamenti del dispositivo.

La gestione infermieristica del paziente in ECMO non si esaurisce con la sola attività di osservazione e monitoraggio, ma comprende una serie di interventi assistenziali quotidiani volti a garantire il mantenimento dell'integrità fisica del paziente, la prevenzione delle complicanze correlate alla criticità e alla prolungata immobilità, nonché la sicurezza del trattamento.

Nei paragrafi successivi verranno pertanto analizzate le principali attività assistenziali infermieristiche rivolte al paziente sottoposto a ECMO, tra cui la cura dell'igiene e del cavo orale, la prevenzione e gestione delle lesioni da pressione, il mantenimento dell'integrità cutanea, la gestione delle medicazioni e dei dispositivi invasivi, fino alla mobilizzazione e alla pronazione del paziente critico e la gestione delle linee di infusione

Igiene della persona e cura del cavo orale

L'igiene quotidiana del paziente critico, comprendente il bagno a letto e la cura dell'area perineale, rappresenta un intervento assistenziale fondamentale finalizzato al mantenimento dell'igiene personale, al miglioramento del comfort della persona e alla riduzione del rischio di infezioni correlate all'assistenza, in particolare quelle determinate dalla trasmissione della flora batterica transitoria. Tale procedura costituisce inoltre un'importante occasione per effettuare un'accurata valutazione dell'integrità cutanea, permettendo l'identificazione precoce di eventuali segni di sanguinamento, alterazioni cutanee o lesioni da pressione.

Nel paziente sottoposto a ECMO, le manovre di igiene e mobilizzazione passiva possono determinare alterazioni transitorie dei parametri fisiologici, dovute allo stress associato alla procedura e alla variazione delle condizioni emodinamiche. Possono infatti verificarsi incremento della frequenza cardiaca e respiratoria, desaturazione, aumento della pressione arteriosa, incremento del consumo di ossigeno e modificazioni del flusso ECMO. Per tale motivo, prima e dopo l'esecuzione dell'igiene, è necessario valutare attentamente il livello di sedazione e analgesia del paziente, al fine di garantire un adeguato comfort e ridurre le risposte fisiologiche allo stress durante le manovre assistenziali e il rinnovo delle medicazioni. Nei pazienti coscienti o semicoscienti, un'adeguata gestione della sedazione consente inoltre di minimizzare disagio e agitazione, riducendo il rischio di movimenti improvvisi potenzialmente pericolosi per la stabilità delle cannule ECMO.

Un ulteriore momento critico è rappresentato dal cambio della biancheria del letto e dalle variazioni posturali, che possono determinare alterazioni emodinamiche, fino alla comparsa di episodi ipotensivi, soprattutto nei pazienti maggiormente instabili.

L’igiene del cavo orale riveste un ruolo essenziale nella prevenzione delle infezioni correlate alla ventilazione meccanica, limitando l’accumulo di secrezioni e la proliferazione batterica a livello dell’orofaringe, possibile fonte di polmonite associata alla ventilazione meccanica (VAP). Tuttavia, nel paziente in ECMO, tale procedura deve essere eseguita con particolare attenzione a causa dell’elevato rischio emorragico correlato alla terapia anticoagulante.

Le manovre di igiene orale possono infatti determinare traumatismi delle mucose, sia per lo sfregamento sui margini dentari sia per l’utilizzo del sistema di aspirazione, che può causare microlesioni capillari. Per ridurre tali complicanze è indicato l’utilizzo di strumenti adeguati, come spazzolini a setole morbide, evitando movimenti aggressivi sulle mucose. In alternativa possono essere impiegati dispositivi spugnosi specifici, che garantiscono una maggiore delicatezza nei confronti dei tessuti, pur richiedendo un sistema di aspirazione separato.

L’aspirazione delle secrezioni orali deve essere eseguita con cautela, utilizzando pressioni ridotte e tecniche atraumatiche, al fine di minimizzare il rischio di sanguinamento e di lesioni della mucosa. Una particolare attenzione deve essere rivolta ai pazienti con mucose secche o fragili, nei quali il rischio di traumatismo risulta ulteriormente aumentato.

Prevenzione e gestione delle lesioni da pressione

Le lesioni da pressione rappresentano una delle principali complicanze assistenziali nel paziente sottoposto a ECMO. L’incidenza nei pazienti critici ricoverati in terapia intensiva è stimata intorno al 3,6%, mentre nei pazienti in trattamento con ECMO raggiunge circa il 29,5%, evidenziando il maggiore rischio associato al supporto extracorporeo.

Durante il trattamento, il paziente permane per lunghi periodi in posizione supina, generalmente su un materasso antidecubito; tuttavia, l’immobilità prolungata, associata alle alterazioni della perfusione tissutale, aumenta significativamente il rischio di danno cutaneo. Nel paziente sottoposto a ECMO veno-arteriosa, l’ipoperfusione conseguente allo shock cardiogeno può compromettere ulteriormente l’ossigenazione dei tessuti, mentre nel paziente in ECMO veno-venosa il rischio è prevalentemente correlato alla criticità clinica, all’immobilizzazione e alla presenza dei dispositivi invasivi.

Tra i principali fattori di rischio rientrano la persistente ipoperfusione tissutale, sia precedente sia successiva all’avvio del supporto extracorporeo, le variazioni emodinamiche associate alle manovre assistenziali, quali l’igiene e la mobilizzazione, e l’impiego di elevate dosi di farmaci vasopressori, come noradrenalina e adrenalina, che possono ridurre ulteriormente la perfusione periferica.

Un ulteriore elemento di rischio è rappresentato dalla presenza delle cannule ECMO. Il loro decorso lungo gli arti inferiori, necessario per mantenerne il corretto allineamento con il vaso cannulato, può determinare un aumento della pressione sulle prominenze

ossee, in particolare a livello del ginocchio e della tibia, favorendo l'insorgenza di lesioni da pressione correlate ai dispositivi medici.

Per ridurre tale rischio è raccomandato il posizionamento di medicazioni preventive, quali placche in idrocolloide, lungo il decorso delle cannule nei punti di maggiore contatto con la cute, così da distribuire la pressione e proteggere i tessuti, come illustrato nella figura seguente.

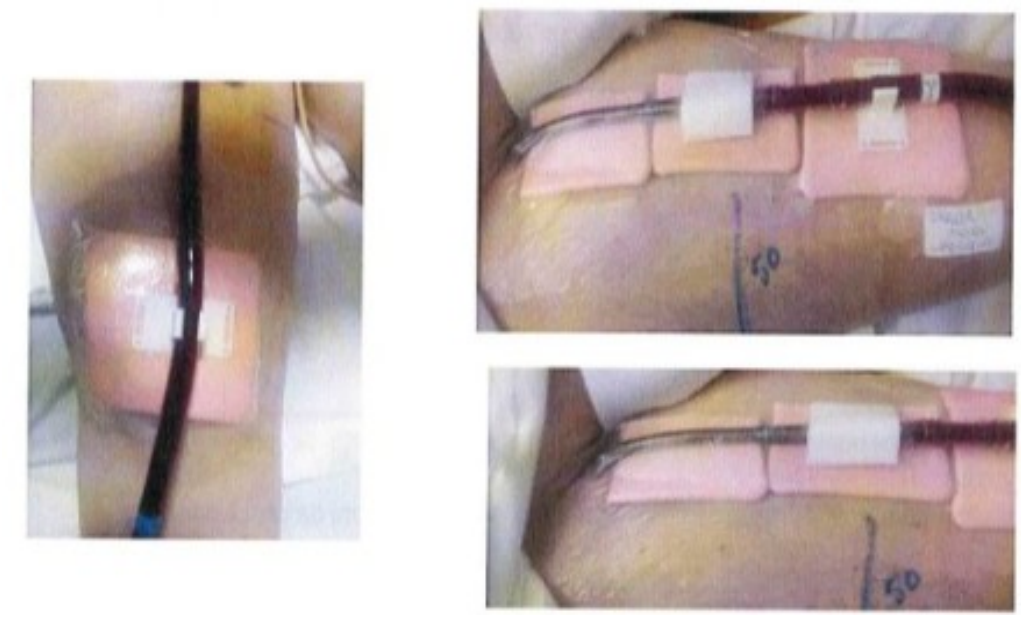


Fig XI

Figura XI: *medicazione delle cannule ECMO con applicazione di placche in idrocolloide a protezione della cute per prevenire lesioni da pressione e frizione correlate alla presenza delle cannule. Fonte: elaborazione da materiale didattico.*

Qualora si sviluppino lesioni da pressione, la loro gestione non differisce da quella prevista per gli altri pazienti critici e deve essere impostata in base allo stadio della lesione, mediante l'impiego delle medicazioni più appropriate e l'adozione delle misure assistenziali raccomandate

Gestione delle medicazioni e dei siti di cannulazione

La gestione delle medicazioni nel paziente sottoposto a ECMO richiede particolare attenzione, in considerazione dell'elevato rischio emorragico correlato alla terapia anticoagulante sistemica. Il sanguinamento può infatti manifestarsi durante il rinnovo della medicazione oppure essere già presente a livello del sito di inserzione delle cannule, rendendo fondamentale un'attenta valutazione infermieristica.

La scelta del materiale di medicazione rappresenta un aspetto essenziale dell'assistenza. In assenza di sanguinamento attivo, è preferibile utilizzare medicazioni trasparenti semipermeabili, che consentono il monitoraggio continuo del sito di inserzione e possono essere mantenute fino a sette giorni, riducendo il numero di sostituzioni e, di conseguenza, il rischio di traumatismi cutanei e di sanguinamento dovuti alla loro

rimozione. In presenza di cannule ECMO, tuttavia, possono essere impiegate anche medicazioni con cerotti pre medicati, generalmente da sostituire ogni 24-48 ore, in quanto risultano più facilmente rimovibili e meno traumatiche per la cute.

Durante il rinnovo della medicazione, eventuali coaguli adesi al sito di inserzione non devono essere rimossi, poiché potrebbero favorire la ripresa del sanguinamento. Dopo l'irrigazione con soluzione fisiologica e l'antisepsi mediante clorexidina gluconata al 2%, possono essere rimossi esclusivamente i coaguli non aderenti, mentre quelli saldamente ancorati alla ferita devono essere lasciati in sede.

La rimozione della medicazione deve essere eseguita con estrema cautela, preferibilmente in direzione caudo-craniale, al fine di limitare il rischio di trazione sulle cannule, prevenendone la dislocazione o lo spostamento intravascolare. Analoga attenzione deve essere riservata ai sistemi di fissaggio, che devono garantire la stabilità delle cannule durante tutte le procedure assistenziali.

Le cannule devono inoltre decorrere mantenendo il corretto allineamento con l'asse dell'arto cannulato, evitando piegature o deviazioni laterali che potrebbero determinare movimenti intravascolari con conseguente rischio di lesioni della parete vascolare. Lungo il loro decorso è raccomandata l'applicazione di medicazioni preventive in idrocolloide come precedentemente accennato, con lo scopo di ridurre la pressione esercitata dal circuito extracorporeo sulla cute e prevenire lesioni da pressione correlate ai dispositivi medici.

Nei pazienti che presentano alterazioni della perfusione periferica può essere indicato il bendaggio dell'arto sede di cannulazione. Oltre a contribuire al mantenimento del corretto allineamento tra cannule e vaso, tale procedura favorisce il riscaldamento passivo dell'arto. Il bendaggio deve essere eseguito applicando preventivamente una medicazione in idrocolloide nei punti di maggiore pressione, utilizzando successivamente bende in cotone per avvolgere l'arto e le cannule e completando il fissaggio con una benda autofissante, evitando qualsiasi compressione eccessiva che possa compromettere la perfusione.

L'efficacia del bendaggio è riconducibile al cosiddetto "effetto serra", che limita la dispersione del calore prodotto dall'arto e dalle cannule ECMO, favorendo il mantenimento della temperatura locale e la vasodilatazione del microcircolo, con potenziale beneficio sulla perfusione periferica.

Pronazione del paziente in ECMO-VV

La pronazione rappresenta una procedura assistenziale complessa e delicata nella gestione del paziente sottoposto a ECMO veno-venosa, con l'obiettivo di migliorare il reclutamento delle regioni polmonari dorsali, ottimizzare gli scambi gassosi e contrastare l'ipossiemia persistente.

Secondo le raccomandazioni della Intensive Care Society, le principali indicazioni alla pronazione durante ECMO veno-venosa comprendono l'ipossiemia refrattaria nonostante il supporto extracorporeo, la presenza di ateletassie dorsali e il fallimento del

processo di svezzamento dall'ECMO. Tra le principali controindicazioni rientrano l'instabilità emodinamica con elevato supporto vasoattivo, i traumi toracici o addominali, il monitoraggio della pressione intracranica, la terapia sostitutiva renale continua, le lesioni del rachide, la chirurgia maxillo-facciale recente e il supporto mediante ECMO veno-arteriosa.

Le linee guida ELSO identificano nella prevenzione e nel trattamento del consolidamento delle regioni polmonari posteriori una delle principali indicazioni alla pronazione del paziente in ECMO veno-venosa. Tale strategia favorisce il reclutamento alveolare anche in presenza di ventilazione ultraprotettiva, riduce la formazione di ateletassie, migliora il rapporto ventilazione/perfusione e incrementa la superficie disponibile per gli scambi gassosi.

La letteratura scientifica considera la pronazione una procedura generalmente sicura durante ECMO veno-venosa, associata a un miglioramento del rapporto PaO_2/FiO_2 e a minime variazioni del flusso extracorporeo. Eventuali episodi di ipotensione risultano nella maggior parte dei casi responsivi all'espansione volemica, mentre una riduzione del ritorno venoso può essere conseguente a un non corretto posizionamento in decubito prono, con aumento della pressione intra-addominale o compressione della cannula di drenaggio.

La principale complicanza della procedura è rappresentata dal rischio di decannulazione accidentale, che può verificarsi durante qualsiasi fase della manovra. Per tale motivo, la pronazione dovrebbe essere eseguita da un'équipe composta da almeno sei operatori, uno dei quali dedicato esclusivamente al controllo delle cannule, del circuito extracorporeo e degli altri dispositivi presenti. Quando possibile, tale ruolo dovrebbe essere ricoperto dal perfusionista, così da garantire un intervento tempestivo in caso di dislocazione delle cannule o di altre emergenze correlate al circuito ECMO.

Un'ulteriore complicanza è rappresentata dal sanguinamento a livello dei siti di cannulazione, che, una volta raggiunta la posizione prona, risultano difficilmente accessibili per il monitoraggio. In presenza di un'emorragia progressiva o di altri segni di instabilità correlati alle cannule, è pertanto necessario procedere tempestivamente alla riposizione del paziente in posizione supina, al fine di consentire il controllo del sanguinamento e la gestione della complicanza.

Gestione delle linee di infusione

Durante il supporto ECMO, la gestione delle linee infusionali riveste un ruolo fondamentale, poiché l'ingresso accidentale di aria attraverso un catetere venoso centrale (CVC) può determinare gravi complicanze. Il rischio è particolarmente rilevante quando il CVC è posizionato con l'estremità in prossimità dell'atrio destro e la cannula di drenaggio venoso dell'ECMO aspira sangue dalla vena cava, generando una pressione negativa che può favorire l'aspirazione di aria nel circuito extracorporeo.

L'ingresso di aria nel circuito può provocare embolia gassosa con conseguenze potenzialmente fatali, soprattutto in termini di embolizzazione sistemica e cerebrale. Tale rischio aumenta quando la punta del CVC e la cannula di drenaggio risultano

particolarmente vicine oppure quando il posizionamento del catetere venoso centrale è eccessivamente avanzato.

Le principali cause di embolia gassosa correlate alle linee infusionali sono rappresentate dall'infusione accidentale di aria proveniente dalle soluzioni infusionali e dalla perdita di tenuta del sistema, dovuta a raccordi danneggiati, connessioni non correttamente serrate o raccordi lasciati accidentalmente aperti verso l'ambiente.

La prevenzione di tali eventi rappresenta una responsabilità infermieristica e richiede un controllo sistematico dell'integrità delle linee infusionali, dei raccordi e dei rubinetti, in particolare dopo il collegamento o la sostituzione di deflussori e dispositivi di infusione. È inoltre indispensabile verificare che nessuna via del CVC rimanga aperta all'aria ambiente.

Per la somministrazione continua delle soluzioni infusionali è raccomandato l'impiego di pompe volumetriche, ad eccezione delle infusioni in bolo mediante siringa. Questi dispositivi sono dotati di sistemi di rilevazione delle bolle d'aria che interrompono automaticamente l'infusione e attivano un allarme, riducendo significativamente il rischio di embolia gassosa.

Particolare attenzione deve essere riservata alle soluzioni contenute in flaconi di vetro, quali albumina, bicarbonato di sodio e alcune preparazioni farmacologiche. A differenza delle sacche in materiale plastico, che tendono a collabire durante l'infusione limitando l'ingresso di aria, i contenitori rigidi in vetro mantengono il proprio volume interno e, in presenza di una pressione negativa generata dalla cannula di drenaggio, possono rappresentare una potenziale fonte di aria per il circuito ECMO. Per questo motivo, il loro utilizzo richiede un monitoraggio particolarmente attento e l'impiego di sistemi di infusione dotati di adeguati dispositivi di sicurezza.

Alla luce di quanto esposto possiamo affermare che l'assistenza al paziente sottoposto a supporto extracorporeo richiede un approccio altamente specializzato e multidisciplinare.

L'assistenza infermieristica rappresenta un elemento imprescindibile per garantire la sicurezza e la qualità delle cure nel paziente.

Le linee guida ELSO definiscono inoltre le competenze e il percorso formativo necessari per l'infermiere coinvolto nella gestione del paziente in ECMO, sottolineando il ruolo fondamentale della formazione specialistica e dell'aggiornamento continuo. In tale contesto, l'infermiere assume non solo una responsabilità professionale e giuridica, ma anche un preciso dovere deontologico, volto al mantenimento delle proprie competenze e alla capacità di garantire un'assistenza sicura, appropriata e basata sulle migliori evidenze disponibili, al paziente critico sottoposto a supporto extracorporeo. (Cusmà Piccione & Maio, 2021).

Un recente studio effettuato nel 2025 ha analizzato i fattori associati al carico di lavoro infermieristico nei pazienti sottoposti a ossigenazione extracorporea a membrana (ECMO), evidenziando come questa terapia rappresenti una delle procedure più

complesse nell'ambito della terapia intensiva. La gestione del paziente richiede infatti un monitoraggio continuo, competenze altamente specialistiche e un'assistenza multidisciplinare finalizzata a garantire la sicurezza del paziente e il corretto funzionamento del circuito extracorporeo.

L'infermiere riveste un ruolo centrale durante tutte le fasi del trattamento, come detto precedentemente . L'elevata complessità assistenziale rende indispensabile il possesso di competenze avanzate e una formazione specifica, motivo per cui diversi organismi professionali raccomandano che l'assistenza ai pazienti in ECMO sia affidata a infermieri adeguatamente formati.

Per quantificare il carico assistenziale, gli autori hanno utilizzato il *Nursing Activities Score (NAS)*, uno degli strumenti più diffusi per la valutazione del tempo assistenziale richiesto dai pazienti ricoverati in terapia intensiva. I risultati hanno dimostrato che il carico di lavoro infermieristico raggiunge il valore massimo nelle prime 24 ore dall'avvio dell'ECMO, fase caratterizzata da una marcata instabilità emodinamica, dalla necessità di frequenti regolazioni del circuito e da un monitoraggio clinico intensivo. Successivamente, pur registrandosi una lieve riduzione del punteggio NAS, il livello di assistenza rimane comunque significativamente elevato rispetto a quello richiesto dagli altri pazienti critici ricoverati in terapia intensiva.

Lo studio sottolinea come l'intensità assistenziale richiesta dai pazienti sottoposti a ECMO renda essenziale una pianificazione organizzativa adeguata delle risorse umane. Sebbene le normative possano differire tra i diversi sistemi sanitari, numerose raccomandazioni internazionali suggeriscono un rapporto infermiere-paziente di **1:1** fin dall'inizio del supporto extracorporeo, al fine di garantire un monitoraggio continuo, un'identificazione precoce delle complicanze e interventi tempestivi.

Questo studio dimostra che la valutazione del carico di lavoro infermieristico rappresenta uno strumento fondamentale per la programmazione dell'organico, l'allocazione delle risorse e il miglioramento della sicurezza assistenziale. Una corretta pianificazione del personale, associata a programmi di formazione specialistica e di aggiornamento continuo, costituisce infatti un elemento imprescindibile per assicurare elevati standard qualitativi nella gestione dei pazienti sottoposti a ECMO e per ottimizzare gli esiti clinici.(Guideli ALDS, Luna LLR, 2025).

4.4 complicanze e la loro gestione:

L' ECMO rappresenta una strategia terapeutica salvavita per i pazienti affetti da insufficienza respiratoria e/o cardiocircolatoria refrattaria. Nonostante i continui progressi tecnologici e il miglioramento delle competenze dei team multidisciplinari, il trattamento rimane gravato da un'elevata incidenza di complicanze. Secondo la letteratura più recente, circa il 50% dei pazienti sottoposti a ECMO sviluppa almeno una complicanza durante il trattamento, rendendo indispensabile un monitoraggio clinico continuo e un'identificazione precoce delle alterazioni che possono compromettere l'efficacia del supporto extracorporeo.

Le complicanze più frequenti comprendono eventi emorragici, fenomeni tromboembolici, insufficienza renale acuta, infezioni e lesioni vascolari correlate alla cannulazione. L'origine di tali complicanze è strettamente correlata ai meccanismi fisiopatologici della circolazione extracorporea. Il contatto del sangue con le superfici artificiali del circuito determina infatti l'attivazione delle piastrine, il consumo dei fattori della coagulazione e l'attivazione della risposta infiammatoria sistemica, con conseguente alterazione dell'equilibrio emostatico. Per questo motivo, il mantenimento di un'adeguata terapia anticoagulante rappresenta un elemento essenziale per ridurre il rischio di trombosi del circuito senza incrementare eccessivamente il rischio emorragico.

Tra le complicanze maggiormente osservate, il sanguinamento rappresenta quella più frequente e clinicamente rilevante. Può interessare il sito di cannulazione oppure manifestarsi a livello intracranico, toracico, addominale, gastrointestinale, respiratorio o in altri distretti anatomici, favorito sia dall'anticoagulazione sistemica sia dalla coagulopatia indotta dall'ECMO. La gestione richiede un monitoraggio continuo dei parametri emodinamici, della coagulazione e dell'emoglobina, oltre alla frequente valutazione dei siti di inserzione delle cannule per individuare tempestivamente eventuali segni di emorragia. Nei casi di sospetto sanguinamento interno, la diagnostica per immagini, in particolare la tomografia computerizzata (TC), rappresenta uno strumento fondamentale per localizzare la sede del sanguinamento e orientare il trattamento.

Le complicanze trombotiche costituiscono un'altra problematica di notevole rilevanza. La formazione di trombi può interessare il circuito extracorporeo, le cannule o il sistema vascolare del paziente, aumentando il rischio di embolia sistemica e di malfunzionamento del dispositivo. Sebbene l'introduzione di materiali biocompatibili abbia ridotto l'incidenza di tali eventi, la trombosi venosa profonda continua a rappresentare una complicanza frequente, con un'incidenza riportata fino al 53%, particolarmente nei pazienti sottoposti a ECMO veno-venosa. La prevenzione si basa sul monitoraggio della terapia anticoagulante e sull'ispezione costante del circuito, finalizzata all'identificazione precoce di depositi di fibrina, coaguli o alterazioni delle pressioni del sistema. Nei casi sospetti, l'angio-TC e l'ecografia vascolare consentono di confermare la diagnosi e pianificare il trattamento più appropriato. (Lauriero F, Cicchetti G, Perazzolo A 2025).

L' ECMO richiede pertanto l'impiego di una terapia anticoagulante sistemica al fine di prevenire la formazione di trombi all'interno del circuito extracorporeo. Tuttavia, il delicato equilibrio tra anticoagulazione e rischio emorragico rappresenta una delle principali sfide nella gestione clinica del paziente sottoposto a supporto extracorporeo. Le linee guida dell'Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) evidenziano come la terapia anticoagulante debba essere individualizzata in funzione delle caratteristiche cliniche del paziente, del rischio trombotico e del rischio di sanguinamento, attraverso un monitoraggio continuo dei parametri della coagulazione.

Come detto precedentemente, le complicanze emorragiche costituiscono gli eventi avversi più frequenti nei pazienti in ECMO. La loro insorgenza è favorita dalla combinazione di molteplici fattori, tra cui l'anticoagulazione sistemica, l'attivazione

della risposta infiammatoria indotta dal circuito extracorporeo, il consumo dei fattori della coagulazione, la disfunzione piastrinica e la gravità della patologia di base. Le emorragie intracraniche rappresentano la complicanza più grave, in quanto associate a un'elevata mortalità e a importanti sequele neurologiche. Per tale motivo, ogni variazione dello stato neurologico deve essere considerata un segnale di allarme che richiede un'immediata valutazione clinica e strumentale.

La prevenzione degli eventi emorragici si basa su un attento monitoraggio della terapia anticoagulante mediante la valutazione periodica di parametri quali tempo di coagulazione attivato (ACT), tempo di tromboplastina parziale attivata (aPTT), attività anti-fattore Xa, concentrazione di fibrinogeno e conta piastrinica. La scelta del test da utilizzare dipende dalle caratteristiche del paziente e dalle risorse del centro ECMO; per questo motivo le linee guida raccomandano l'impiego integrato di più metodiche di laboratorio, evitando di basare le decisioni cliniche su un singolo parametro. In presenza di sanguinamento significativo può rendersi necessario ridurre temporaneamente o sospendere l'infusione di eparina, correggere le alterazioni della coagulazione mediante emoderivati e trattare la causa responsabile dell'emorragia.

Parallelamente al rischio emorragico, il paziente sottoposto a ECMO rimane esposto a un'elevata probabilità di sviluppare complicanze trombotiche. L'esposizione del sangue alle superfici artificiali del circuito determina infatti l'attivazione della cascata coagulativa e delle piastrine, favorendo la formazione di coaguli all'interno dell'ossigenatore, delle cannule e delle linee del circuito. La trombosi può inoltre interessare il sistema vascolare del paziente, determinando trombosi venosa profonda, embolia polmonare o eventi embolici sistemici, con possibili ripercussioni sulla funzionalità degli organi vitali.

Il riconoscimento precoce delle complicanze trombotiche richiede una sorveglianza costante del circuito ECMO. Devono essere monitorati il flusso ematico, le pressioni pre- e post-ossigenatore, il gradiente pressorio transmembrana e l'efficienza degli scambi gassosi, poiché variazioni improvvise di tali parametri possono indicare la presenza di coaguli o il progressivo deterioramento dell'ossigenatore. Anche l'ispezione visiva del circuito riveste un ruolo fondamentale per identificare depositi di fibrina o trombi macroscopicamente evidenti, che possono rendere necessaria la sostituzione del circuito o dell'ossigenatore.

L'obiettivo principale consiste nel mantenere un equilibrio ottimale tra la prevenzione della trombosi del circuito e la riduzione del rischio emorragico, adattando il livello di anticoagulazione all'evoluzione clinica del paziente. (McMichael ABV, Ryerson LM, Ratano D,2021)

Le lesioni vascolari rappresentano una complicanza strettamente correlata alle procedure di cannulazione. Possono comprendere dissezioni arteriose, pseudo aneurismi, ematomi, perforazioni vascolari e fenomeni ischemici conseguenti alla riduzione della perfusione distale. Tali complicanze risultano più frequenti nei pazienti sottoposti a ECMO veno-arteriosa con cannulazione femorale. La loro prevenzione richiede un attento controllo del corretto posizionamento delle cannule e un monitoraggio continuo della perfusione periferica mediante valutazione della

temperatura cutanea, del colorito, del tempo di riempimento capillare e della presenza dei polsi periferici. La TC angiografica rappresenta l'esame di riferimento per identificare eventuali lesioni vascolari e valutarne l'estensione.

Tra le complicanze sistemiche assumono particolare rilevanza le infezioni, favorite dalla presenza di accessi vascolari di grosso calibro, dalla durata prolungata del supporto extracorporeo e dalla compromissione delle difese immunitarie del paziente critico. La prevenzione si fonda sull'applicazione rigorosa delle procedure di asepsi durante la gestione delle cannule e delle linee infusionali, sul rinnovo periodico delle medicazioni e sul monitoraggio clinico e laboratoristico di eventuali segni di infezione. La diagnostica per immagini può contribuire all'identificazione di raccolte infettive profonde o di complicanze correlate.

L'insufficienza renale acuta rappresenta un'ulteriore complicanza frequentemente associata all'ECMO, conseguente all'instabilità emodinamica, alla risposta infiammatoria sistemica e ai fenomeni di emolisi. Il monitoraggio della funzione renale attraverso la valutazione della diuresi, della creatinina serica e del bilancio idrico costituisce un elemento fondamentale della sorveglianza clinica, consentendo di identificare precocemente un deterioramento della funzione d'organo e di pianificare tempestivamente eventuali strategie di supporto renale. (Lauriero F, Cicchetti G, Perazzolo A 2025b).

Durante la fase di avvio dell'ECMO possono inoltre verificarsi importanti alterazioni emodinamiche. L'inizio della circolazione extracorporea può determinare ipotensione e riduzione del flusso del circuito, generalmente conseguenti a vasoplegia indotta dalla risposta infiammatoria sistemica o a ipovolemia secondaria a sanguinamento non riconosciuto. Per limitare tali complicanze viene raccomandato un incremento graduale del flusso ECMO, associato a un'attenta valutazione dello stato volemico e del supporto vasopressorio, con monitoraggio invasivo della pressione arteriosa e, quando necessario, mediante ecocardiografia.

Anche le procedure diagnostiche e chirurgiche eseguite durante il supporto extracorporeo richiedono particolare attenzione, poiché espongono il paziente a un aumentato rischio di sanguinamento. Le linee guida ELSO sottolineano l'importanza di pianificare tali procedure in stretta collaborazione con il team multidisciplinare, ottimizzando preventivamente i parametri della coagulazione e adottando tecniche chirurgiche che consentano di minimizzare la perdita ematica. Nel caso della tracheostomia, ad esempio, viene raccomandata una tecnica chirurgica accurata con emostasi completa e un monitoraggio post-procedurale finalizzato all'identificazione precoce di eventuali sanguinamenti tardivi.

Un'ulteriore criticità riguarda il rischio di ritardare eccessivamente l'inizio del supporto extracorporeo. Le linee guida evidenziano come un prolungato periodo di ventilazione meccanica con elevati livelli di pressione e frazione inspirata di ossigeno prima dell'avvio dell'ECMO sia associato a un peggioramento della prognosi. Pertanto, nei pazienti con insufficienza respiratoria grave refrattaria ai trattamenti convenzionali, l'indicazione all'ECMO dovrebbe essere valutata precocemente, evitando ritardi che

potrebbero compromettere la possibilità di recupero polmonare.(Tonna JE, Abrams D, Brodie D,2021).

Sono presenti poi le complicanze meccaniche che interessano qualsiasi componente del circuito extracorporeo e comprendono principalmente il malfunzionamento della pompa, la compromissione dell'ossigenatore, l'embolia gassosa, le lesioni o disconnessioni del circuito e la decannulazione accidentale. A queste si aggiungono problematiche correlate alla fisiologia del supporto, comuni alle diverse configurazioni ECMO, come l'insufficienza di drenaggio e l'ostruzione al ritorno ematico, oltre a fenomeni specifici quali il ricircolo nell'ECMO veno-venosa (VV-ECMO) e l'ossigenazione differenziale nell'ECMO veno-arteriosa periferica (VA-ECMO).

Nei pazienti fortemente o completamente dipendenti dal supporto extracorporeo, tali complicanze possono determinare un rapido deterioramento clinico, con comparsa di instabilità emodinamica, riduzione della portata cardiaca, ipossiemia e ipercapnia severe. La gravità delle conseguenze dipende dall'entità della compromissione del supporto ECMO e dalla capacità residua del cuore e del polmone nativo di compensare la riduzione dell'assistenza. Una completa interruzione del flusso extracorporeo rappresenta una condizione di emergenza, potenzialmente evolutiva verso un arresto cardiorespiratorio, che richiede un intervento immediato finalizzato al mantenimento delle funzioni vitali e al ripristino della funzionalità del circuito.

Inefficacia della pompa : La compromissione della pompa centrifuga determina una riduzione del flusso extracorporeo, compromettendo il supporto respiratorio e circolatorio fornito dall'ECMO. Le principali cause comprendono problemi di accoppiamento tra la pompa e il circuito, interruzioni dell'alimentazione elettrica, malfunzionamenti della console, presenza di trombi o coaguli e formazione di aria all'interno della pompa (airlock). Queste condizioni possono determinare una riduzione parziale o completa del flusso ematico, con conseguente compromissione dell'efficacia del supporto.

Compromissione dell'ossigenatore : L'ossigenatore a membrana rappresenta il componente responsabile degli scambi gassosi extracorporei e una sua alterazione può determinare una riduzione dell'ossigenazione e della rimozione della CO_2. Una delle principali problematiche è rappresentata dalla deposizione di fibrina e dalla formazione di trombi sulla membrana, fenomeni che possono compromettere progressivamente la funzionalità del dispositivo. Per questo motivo è fondamentale un monitoraggio continuo dell'integrità dell'ossigenatore e della presenza di eventuali segni di deterioramento. Il modo più semplice per effettuare questo controllo è rappresentato dall'osservazione delle porzioni esplorabili della membrana in controluce, attraverso retroilluminazione.

Embolia gassosa : L'ingresso di aria nel circuito extracorporeo costituisce una complicanza potenzialmente grave, poiché può determinare il passaggio di bolle nel circolo sistemico o polmonare, con rischio di eventi ischemici cerebrali, periferici o polmonari. Le principali cause comprendono errori durante la connessione del circuito, dislocazione o danneggiamento delle cannule, disconnessioni accidentali, fenomeni di cavitazione e alcune procedure invasive che possono favorire l'introduzione di aria nel

sistema vascolare come ad esempio la tracheostomizzazione , il posizionamento di un catetere venoso centrale o semplicemente la somministrazione dei farmaci tramite cvc.

La gravità dell'evento dipende dalla quantità di aria introdotta e dalla tempestività del riconoscimento e della gestione. La prevenzione si basa sul corretto assemblaggio del circuito, sul controllo delle connessioni e sul monitoraggio continuo del sistema extracorporeo.

Lesioni e disconnessioni del circuito extracorporeo : Qualsiasi interruzione dell'integrità del circuito può determinare conseguenze cliniche rilevanti, variabili in relazione alla sede e all'entità del danno. Le lesioni delle porzioni del circuito sottoposte a pressione negativa possono favorire l'ingresso di aria e determinare un rischio di embolia gassosa, mentre quelle delle porzioni a pressione positiva possono provocare perdite ematiche significative.

I principali fattori predisponenti comprendono assemblaggio non corretto del circuito, manipolazioni inappropriate, difetti dei materiali, contatto con strumenti lesivi e trazioni eccessive durante mobilizzazione, trasporto, procedure assistenziali o posizionamenti terapeutici, come la pronazione.

Decannulazione accidentale : La decannulazione accidentale rappresenta una complicanza rara ma potenzialmente fatale, poiché determina una perdita immediata della continuità del supporto ECMO. La dislocazione della cannula di drenaggio può provocare un'ingente aspirazione di aria nel circuito, con rischio di embolia gassosa e interruzione del flusso, mentre la dislocazione della cannula di reinfusione può causare una grave perdita ematica.

I principali fattori di rischio sono rappresentati da un fissaggio inadeguato delle cannule, trazioni accidentali durante mobilizzazione o trasporto del paziente, movimenti spontanei non controllati e procedure assistenziali non corrette. La gestione richiede un intervento immediato finalizzato al controllo dell'emorragia, alla prevenzione dell'ingresso di aria nel circuito e al ripristino del supporto extracorporeo mediante sostituzione della cannula o del circuito quando necessario.

Insufficienza di drenaggio : L'insufficienza di drenaggio è caratterizzata da un ritorno venoso inadeguato rispetto al flusso richiesto dal sistema ECMO. Tale condizione determina una riduzione delle pressioni di drenaggio e può manifestarsi con instabilità del flusso, vibrazione della cannula venosa e fenomeni di cavitazione, con formazione di micro bolle e oscillazioni della linea di drenaggio definite chattering.

Le cause principali comprendono un precarico insufficiente dovuto a ipovolemia assoluta o relativa , ma anche problematiche meccaniche o anatomiche quali mal posizionamento della cannula, calibro inadeguato, trombosi della cannula o del vaso cannulato e condizioni che compromettono il ritorno venoso, come aumento delle pressioni intratoraciche o intra-addominale, pneumotorace o tamponamento cardiaco.

Ostruzione al ritorno ematico : L'ostruzione al ritorno rappresenta una compromissione della pervietà del circuito che impedisce il corretto trasferimento del sangue ossigenato

al paziente. Può essere determinata da cause esterne, come inginocchiamento o compressione della linea, oppure interne, come trombosi della cannula, del circuito o del vaso sede di cannulazione.

Un'ostruzione parziale può causare aumento delle resistenze, alterazioni del flusso, emolisi e attivazione della coagulazione, mentre un'ostruzione completa può determinare un'improvvisa interruzione del supporto extracorporeo. Anche condizioni cliniche del paziente, come incremento della pressione venosa centrale, pneumotorace iperteso o tamponamento cardiaco, possono contribuire alla riduzione del ritorno ematico.

In presenza di complicanze che determinano una compromissione significativa o un'interruzione del flusso extracorporeo, è necessario attuare tempestivamente procedure di emergenza finalizzate alla prevenzione di ulteriori danni e al ripristino del supporto. Qualora si renda necessario arrestare temporaneamente la pompa centrifuga, il clampaggio della linea di ritorno rappresenta una misura fondamentale per evitare fenomeni di reflusso ematico conseguenti all'inversione del gradiente pressorio all'interno del circuito.

Gli scenari che richiedono un intervento immediato comprendono principalmente la presenza di aria nel circuito, perdite ematiche importanti, disconnessioni accidentali, decannulazione o malfunzionamenti che impediscono il mantenimento del flusso. Per questo motivo, durante tutto il supporto ECMO devono essere disponibili dispositivi di sicurezza adeguati, come clamp (possibilmente 4) facilmente accessibili in prossimità del circuito, al fine di consentire un rapido isolamento della componente compromessa.

Nei pazienti dipendenti dall'ECMO, una sospensione prolungata del supporto può determinare un rapido deterioramento delle condizioni cliniche, rendendo necessario il contemporaneo mantenimento delle funzioni vitali attraverso interventi di supporto ventilatorio ed emodinamico, correzione delle perdite ematiche e, quando indicato, rianimazione cardiopolmonare. Parallelamente, deve essere individuata e corretta la causa della compromissione del circuito, procedendo al ripristino della funzionalità del sistema o alla sostituzione dei componenti non più utilizzabili.

La gestione efficace delle emergenze ECMO richiede pertanto un approccio multidisciplinare, basato su protocolli condivisi, preparazione dell'équipe e tempestività dell'intervento, elementi fondamentali per ridurre la morbilità e la mortalità associate alle complicanze del supporto extracorporeo. (Cusmà Piccione & Maio, 2021)

Nel complesso, la letteratura evidenzia come il riconoscimento precoce delle complicanze, associato a un monitoraggio clinico continuo e all'impiego appropriato delle metodiche diagnostiche, rappresenti un elemento imprescindibile per migliorare gli esiti clinici dei pazienti sottoposti a ECMO. La stretta collaborazione tra intensivisti, infermieri, perfusionisti, radiologi e gli altri professionisti coinvolti nell'ECMO TEAM consente infatti di garantire un intervento tempestivo, ridurre la mortalità correlata alle complicanze e ottimizzare la sicurezza del trattamento. (Lauriero F, Cicchetti G, Perazzolo A 2025).

Possiamo quindi affermare che le complicanze maggiormente riportate comprendono eventi emorragici e trombotici, infezioni, alterazioni della funzione renale, complicanze correlate alla cannulazione e possibili malfunzionamenti o emergenze riguardanti il circuito extracorporeo.

Le evidenze relative alla gestione infermieristica mostrano come l'assistenza richieda un monitoraggio continuo sia delle condizioni cliniche del paziente sia del sistema extracorporeo. L'osservazione dei parametri vitali deve essere integrata con la valutazione neurologica, emodinamica e respiratoria, con il controllo dei siti di cannulazione e con la verifica dell'integrità e del corretto funzionamento dei dispositivi.

Particolare rilevanza assume la valutazione sistematica del paziente. L'approccio testa-piedi consente di organizzare l'assessment infermieristico attraverso l'osservazione dei diversi distretti corporei e dei dispositivi presenti, favorendo l'identificazione precoce di segni di sanguinamento, alterazioni neurologiche, lesioni cutanee, infezioni e possibili dislocazioni delle cannule.

Dall'analisi degli studi emerge inoltre l'importanza degli interventi assistenziali rivolti alla prevenzione delle complicanze correlate alla prolungata immobilità e alla criticità del paziente. La cura dell'igiene, del cavo orale, dell'integrità cutanea e dei dispositivi invasivi, così come il corretto posizionamento e la mobilizzazione quando possibile, rappresentano componenti rilevanti dell'assistenza.

Un ulteriore risultato riguarda la necessità di specifiche competenze professionali. La gestione infermieristica del paziente sottoposto a ECMO richiede infatti conoscenze relative sia alla condizione clinica del paziente critico sia ai principi generali di funzionamento del circuito e alle principali situazioni di emergenza.

Nel complesso, i risultati evidenziano che l'infermiere svolge un ruolo rilevante nella sorveglianza del paziente, nell'identificazione precoce delle alterazioni e nella prevenzione delle complicanze. La gestione infermieristica si configura pertanto come una componente integrata del trattamento, insieme alla gestione clinica e tecnica del supporto extracorporeo.

V DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

5.1 Discussione dei risultati:

L'analisi delle evidenze incluse nella presente revisione consente di evidenziare come la gestione del paziente sottoposto a VV-ECMO non possa essere ricondotta esclusivamente all'utilizzo di una tecnologia avanzata. Il supporto extracorporeo modifica profondamente la complessità della presa in carico, introducendo nuovi rischi, nuovi bisogni assistenziali e la necessità di integrare competenze cliniche, tecniche e relazionali.

In questo contesto, uno degli aspetti maggiormente significativi emersi dalla revisione riguarda il rapporto tra efficacia del trattamento e qualità della gestione complessiva del paziente. La VV-ECMO può rappresentare una possibilità terapeutica per il paziente con insufficienza respiratoria refrattaria, ma il raggiungimento di un outcome favorevole non dipende esclusivamente dalla capacità della tecnologia di garantire gli scambi gassosi. Durante il periodo di supporto, il paziente continua infatti a essere esposto alle conseguenze della malattia critica, dell'immobilità, della ventilazione meccanica, dell'anticoagulazione e della presenza di molteplici dispositivi invasivi.

È proprio in questo spazio che emerge la centralità dell'assistenza infermieristica.

Il paziente sottoposto a VV-ECMO richiede una sorveglianza che non può limitarsi alla rilevazione periodica dei parametri vitali. L'infermiere deve essere in grado di integrare i dati provenienti dal monitoraggio multiparametrico con l'osservazione clinica diretta, riconoscendo variazioni che, se considerate singolarmente, potrebbero apparire poco significative, ma che nel loro insieme possono rappresentare il primo segnale di un deterioramento clinico o di una complicanza.

L'assesment assume pertanto un ruolo centrale. L'approccio testa-piedi, approfondito nel presente elaborato, permette di mantenere una visione globale della persona assistita anche in presenza di un trattamento fortemente tecnologico. La valutazione neurologica, il controllo dei siti di cannulazione, l'osservazione dell'apparato respiratorio, dell'integrità cutanea e degli accessi invasivi consentono di strutturare l'assistenza evitando che l'attenzione venga concentrata esclusivamente sul circuito extracorporeo.

La complessità tecnologica non deve infatti modificare l'oggetto dell'assistenza: il centro della presa in carico continua a essere il paziente.

Da questo punto di vista, la VV-ECMO richiede all'infermiere un cambiamento nell'organizzazione dell'assistenza. Attività apparentemente routinarie, come l'igiene, il cambio di posizione, il rinnovo delle medicazioni o la mobilizzazione, assumono caratteristiche differenti a causa della presenza delle cannule e della necessità di mantenere la stabilità del supporto extracorporeo.

Ogni intervento assistenziale deve quindi essere preceduto da una valutazione delle condizioni cliniche del paziente e dei potenziali rischi connessi alla manovra. L'igiene quotidiana, ad esempio, non rappresenta soltanto un intervento finalizzato al comfort, ma costituisce un momento di osservazione dell'integrità cutanea e dei siti di inserzione, offrendo la possibilità di identificare precocemente sanguinamenti, lesioni o segni suggestivi di infezione.

Allo stesso modo, la mobilizzazione non può essere considerata esclusivamente come una procedura da eseguire o evitare in presenza dell'ECMO. La decisione deve essere inserita in un processo di valutazione nel quale vengono considerate la stabilità clinica, la sicurezza delle cannule e i possibili benefici legati alla riduzione degli effetti dell'immobilità prolungata. In tale processo l'infermiere assume un ruolo operativo fondamentale nella pianificazione della procedura, nel monitoraggio del paziente durante la manovra e nella collaborazione con le altre figure professionali coinvolte.

Un ulteriore elemento emerso riguarda il concetto di prevenzione. Nel paziente sottoposto a ECMO, l'assistenza non può essere orientata esclusivamente alla gestione della complicanza una volta che questa si è manifestata. Il rischio emorragico, trombotico, infettivo e cutaneo rende necessario un approccio anticipatorio, nel quale l'obiettivo dell'assistenza sia individuare precocemente i fattori di rischio e intervenire prima che si sviluppi un danno clinicamente evidente.

Il controllo dei siti di cannulazione, ad esempio, non rappresenta semplicemente una verifica della presenza di un sanguinamento, ma consente di osservare eventuali modificazioni della cute, la comparsa di ematomi o alterazioni che possono richiedere una rivalutazione tempestiva. Analogamente, la gestione delle medicazioni e l'applicazione delle procedure di asepsi assumono un ruolo preventivo rispetto al rischio di infezione.

La stessa logica si applica alla prevenzione delle lesioni da pressione. La presenza delle cannule e la criticità delle condizioni cliniche possono rendere più complessa la mobilizzazione del paziente, ma non eliminano il rischio di danno cutaneo. L'infermiere deve quindi ricercare un equilibrio tra la necessità di proteggere la stabilità del sistema e quella di prevenire le conseguenze dell'immobilità.

La gestione del paziente in VV-ECMO richiede inoltre una particolare capacità di riconoscere le situazioni di emergenza. Disconnessioni accidentali, presenza di aria nel circuito, perdite ematiche importanti, malfunzionamenti e decannulazione rappresentano eventi nei quali il fattore tempo assume un'importanza determinante.

In tali circostanze, la competenza infermieristica non consiste esclusivamente nella conoscenza teorica delle procedure previste, ma nella capacità di riconoscere rapidamente la situazione, stabilire le priorità e collaborare in modo efficace con l'équipe. Questo aspetto evidenzia l'importanza delle competenze non tecniche, quali comunicazione, capacità decisionale, lavoro di squadra e gestione dello stress.

La formazione assume quindi un ruolo determinante. Le competenze necessarie per assistere un paziente sottoposto a ECMO non possono essere acquisite esclusivamente

attraverso la conoscenza teorica del funzionamento del circuito. L'infermiere deve sviluppare capacità di assesment, ragionamento clinico, identificazione delle priorità e gestione delle situazioni impreviste.

Le evidenze analizzate sottolineano inoltre che tali competenze non dipendono esclusivamente dal singolo professionista. Il livello di assistenza erogabile è influenzato anche dal contesto organizzativo, dalla disponibilità di personale, dalle opportunità formative e dall'esperienza maturata nella gestione di questa tipologia di pazienti.

La formazione continua e l'utilizzo della simulazione possono pertanto rappresentare strumenti utili per preparare gli infermieri alla gestione delle emergenze e delle situazioni a elevata complessità. La possibilità di esercitarsi in un contesto protetto può contribuire a sviluppare non soltanto abilità tecniche, ma anche capacità di comunicazione e coordinamento.

Un altro elemento centrale riguarda la continuità assistenziale. La gestione del circuito extracorporeo coinvolge diverse figure professionali con competenze specifiche; tuttavia, l'infermiere mantiene una presenza costante nella presa in carico quotidiana del paziente. Questa continuità consente di conoscere l'andamento clinico della persona e di intercettare variazioni rispetto alle condizioni precedenti.

La figura infermieristica assume quindi una funzione di integrazione tra le diverse componenti del percorso di cura. Attraverso l'osservazione, la raccolta dei dati, la documentazione e la comunicazione con l'équipe, l'infermiere contribuisce a rendere condivise le informazioni necessarie per una gestione tempestiva e sicura.

Alla luce dei risultati analizzati, appare quindi riduttivo considerare l'infermiere come un professionista impegnato esclusivamente nella gestione delle attività assistenziali di base o come semplice supporto alla componente tecnica dell'ECMO. La specificità dell'assistenza risiede proprio nell'integrazione tra competenze assistenziali e capacità di comprendere il significato clinico delle variazioni osservate.

Un limite della presente revisione è rappresentato dall'eterogeneità degli studi inclusi e dalla differente natura delle evidenze disponibili. Gli aspetti relativi alla sopravvivenza e alla selezione dei pazienti sono prevalentemente affrontati attraverso studi clinici e revisioni della letteratura, mentre gli aspetti specificamente infermieristici risultano maggiormente rappresentati da documenti di consenso, revisioni e studi orientati alla descrizione delle competenze e delle pratiche assistenziali.

Tale differenza evidenzia una possibile area di sviluppo per la ricerca infermieristica. Sarebbero auspicabili ulteriori studi finalizzati a valutare in maniera più specifica l'impatto degli interventi assistenziali sugli outcome del paziente sottoposto a VV-ECMO e a identificare pratiche condivise e standardizzabili.

5.2 Conclusioni

La presente revisione della letteratura ha analizzato il ruolo della VV-ECMO nel trattamento dell'insufficienza respiratoria refrattaria e gli aspetti che caratterizzano la gestione del paziente sottoposto a tale supporto.

Le evidenze esaminate suggeriscono che la VV-ECMO possa rappresentare una strategia efficace nei pazienti accuratamente selezionati con insufficienza respiratoria grave e refrattaria alle terapie convenzionali. La decisione di avviare il trattamento richiede tuttavia una valutazione individualizzata, nella quale la gravità del quadro respiratorio deve essere considerata insieme alla reversibilità della patologia, alle condizioni generali e alla prognosi del paziente.

L'elemento centrale emerso dall'analisi riguarda tuttavia la complessità della gestione assistenziale successiva all'avvio del supporto.

Il paziente sottoposto a VV-ECMO presenta bisogni assistenziali complessi e specifici, determinati contemporaneamente dalla criticità della patologia, dalla presenza del circuito extracorporeo e dal rischio di complicanze. In questo contesto, l'infermiere assume un ruolo centrale nella sorveglianza clinica, nella prevenzione dei rischi e nell'identificazione precoce delle alterazioni.

L'approccio assistenziale deve comprendere non solo il riconoscimento delle emergenze e delle complicanze, ma anche interventi quotidiani.

La gestione del paziente in VV-ECMO evidenzia quindi come l'assistenza infermieristica e la tecnologia non possano essere considerate due dimensioni separate. La presenza di un supporto tecnologicamente avanzato richiede, al contrario, professionisti in grado di integrare conoscenze tecniche, competenze cliniche e capacità decisionali.

La qualità dell'assistenza dipende inoltre dalla presenza di un contesto organizzativo adeguato, dalla formazione specifica e dalla collaborazione tra le diverse figure professionali coinvolte.

In conclusione, la VV-ECMO non rappresenta soltanto una metodica di supporto delle funzioni respiratorie, ma determina la necessità di una presa in carico altamente specialistica. All'interno di questo percorso, l'infermiere riveste un ruolo essenziale nel mantenere una visione globale della persona assistita, trasformando l'osservazione continua in valutazione clinica e la valutazione clinica in interventi finalizzati alla sicurezza e alla prevenzione delle complicanze.

Pertanto, l'efficacia di un trattamento complesso come la VV-ECMO non può essere considerata esclusivamente in relazione alle caratteristiche della tecnologia o alla selezione del paziente, ma deve essere inserita all'interno di un percorso nel quale la qualità dell'assistenza infermieristica rappresenta una componente fondamentale della presa in carico.

BIBLIOGRAFIA

Banfi, C., Pozzi, M., Siegenthaler, N., Brunner, M. E., Tassaux, D., Obadia, J. F., Bendjelid, K., & Giraud, R. (2016). Veno-venous extracorporeal membrane oxygenation: cannulation techniques. Journal of thoracic disease, 8(12), 3762–3773. https://doi.org/10.21037/jtd.2016.12.88

Bellani, G., Laffey, J. G., Pham, T., Fan, E., Brochard, L., Esteban, A., Gattinoni, L., van Haren, F., Larsson, A., McAuley, D. F., Ranieri, M., Rubenfeld, G., Thompson, B. T., Wrigge, H., Slutsky, A. S., Pesenti, A., LUNG SAFE Investigators, & ESICM Trials Group. (2016). Epidemiology, patterns of care, and mortality for patients with acute respiratory distress syndrome in intensive care units in 50 countries. JAMA, 315(8), 788–800. https://doi.org/10.1001/jama.2016.0291

Boyd, D. L., & Lyle-Edrosolo, G. (2023). Implementing nurse extracorporeal membrane oxygenation specialists to maintain a sustainable program. Nurse Leader, 21(2), 239–243. https://doi.org/10.1016/j.mnl.2022.06.006

Cusmà Piccione, R., & Maio, E. (2021). ECMO: Manuale pratico dell'assistenza in extracorporeal membrane oxygenation.

Extracorporeal Life Support Organization. (n.d.). ELSO live registry dashboard. Retrieved August 31, 2026, from https://www.elso.org/registry/elsoliveregistrydashboard.aspx

Grotberg, J. C., Reynolds, D., & Kraft, B. D. (2024). Extracorporeal membrane oxygenation for respiratory failure: A narrative review. Journal of Clinical Medicine, 13(13), Article 3795. https://doi.org/10.3390/jcm13133795

Guideli, A. L. D. S., Luna, L. L. R., Silva, L. F. A. D., Pesavento, M. L., Nogueira, L. S., & Coelho, F. U. A. (2025). Factors associated with nursing workload in patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation: A retrospective cohort study. Einstein (São Paulo), 23, eAO1743. https://doi.org/10.31744/einstein_journal/2025AO1743

Lagina, M., & Valley, T. S. (2024). Diagnosis and management of acute respiratory failure. Critical Care Clinics, 40(2), 235–253. https://doi.org/10.1016/j.ccc.2024.01.002

Lauriero, F., Cicchetti, G., Perazzolo, A., De Vizio, S., Perla, D., Meduri, A., Marano, R., Larici, A. R., & Natale, L. (2025). Imaging insights in veno-venous and veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation (ECMO): CT protocols, underlying pathophysiology, and main complications. Insights into Imaging, 16(1), Article 229. https://doi.org/10.1186/s13244-025-02100-8

McMichael, A. B. V., Ryerson, L. M., Ratano, D., Fan, E., Faraoni, D., & Annich, G. M. (2022). 2021 ELSO adult and pediatric anticoagulation guidelines. ASAIO Journal, 68(3), 303–310. https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001652

Ministero della Salute. (n.d.). Insufficienza respiratoria. Retrieved August 31, 2026, from https://www.salute.gov.it/new/it/scheda-malattia/insufficienza-respiratoria/

Mirabile, V. S., Shebl, E., Sankari, A., & Burns, B. (2023). Respiratory failure in adults. In StatPearls. StatPearls Publishing.

Offer, J., Sampson, C., & Charlton, M. (2024). Veno-venous extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure. BJA Education, 24(4), 138–144. https://doi.org/10.1016/j.bjae.2024.01.001

Powers, K. A., & Dhamoon, A. S. (2023). Physiology, pulmonary ventilation and perfusion. In StatPearls. StatPearls Publishing.

Schmidt, M., Bailey, M., Sheldrake, J., Hodgson, C., Aubron, C., Rycus, P. T., Scheinkestel, C., Cooper, D. J., Brodie, D., Pellegrino, V., Combes, A., & Pilcher, D. (2014). Predicting survival after extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory failure: The respiratory extracorporeal membrane oxygenation survival prediction (RESP) score. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 189(11), 1374–1382. https://doi.org/10.1164/rccm.201311-2023OC

Tonna, J. E., Abrams, D., Brodie, D., Greenwood, J. C., Rubio Mateo-Sidron, J. A., Usman, A., & Fan, E. (2021). Management of adult patients supported with venovenous extracorporeal membrane oxygenation (VV ECMO): Guideline from the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO). ASAIO Journal, 67(6), 601–610. https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001432

Tonna, J. E., Boonstra, P. S., MacLaren, G., Paden, M., Brodie, D., Anders, M., Hoskote, A., Ramanathan, K., Hyslop, R., Fanning, J. J., Rycus, P., Stead, C., Barrett, N. A., Mueller, T., Gómez, R. D., Malhotra Kapoor, P., Fraser, J. F., Bartlett, R. H., Alexander, P. M. A., Barbaro, R. P., … Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) Member Centers Group. (2024). Extracorporeal Life Support Organization Registry international report 2022: 100,000 survivors. ASAIO Journal, 70(2), 131–143. https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000002128

Twohig, C. J., Singer, B., Grier, G., & Finney, S. J. (2019). A systematic literature review and meta-analysis of the effectiveness of extracorporeal-CPR versus conventional-CPR for adult patients in cardiac arrest. Journal of the Intensive Care Society, 20(4), 347–357. https://doi.org/10.1177/1751143719832162

Van Esch, A., Blokzijl, F., van Aart, C. J. C., Gommers, D., Meuwese, C. L., & van Mol, M. M. C. (2026). Nursing management in extracorporeal membrane oxygenation (ECMO): A scoping review. Intensive & Critical Care Nursing, 95, 104425. https://doi.org/10.1016/j.iccn.2026.104425

Wick, K. D., Ware, L. B., & Matthay, M. A. (2024). Acute respiratory distress syndrome. *BMJ (Clinical research ed.)*, *387*, e076612. https://doi.org/10.1136/bmj-2023-076612

Wieruszewski, P. M., Ortoleva, J. P., Cormican, D. S., & Seelhammer, T. G. (2023). Extracorporeal membrane oxygenation in acute respiratory failure. Pulmonary Therapy, 9(1), 109–126. https://doi.org/10.1007/s41030-023-00214-2

Wrisinger, W. C., & Thompson, S. L. (2022). Basics of extracorporeal membrane oxygenation. Surgical Clinics of North America, 102(1), 23–35. https://doi.org/10.1016/j.suc.2021.09.001

RINGRAZIAMENTI

Quando ho iniziato io in me non ci credevo, eppure, lungo tutta la strada, c'è stato chi non ha mai smesso di farlo al posto mio.

I primi ringraziamenti sono per chi ha lasciato un vuoto nel mio cuore, ma che vivrà per sempre nella mia anima, per chi non respira più accanto a me, ma continua, in qualche modo, a vivere al mio fianco.

Ai miei nonni.

In questo percorso la vostra assenza si è e fatta sentire tanto, più di quanto io riesca a dire.
Oggi è uno di quei momenti in cui la mancanza pesa ancora di più, perche avrei voluto incontrare i vostri sguardi tra le persone presenti, vedervi sorridere per me e condividere con voi questo traguardo che, in fondo, porta dentro così tanto della mia vita.

Voi, il primo pensiero prima di ogni esame.
Voi, il primo pensiero nei momenti di difficoltà, ma anche quelli di gioia e soddisfazione.
Voi, che avete illuminato la mia strada quando a prevalere erano l'insicurezza e la sfiducia.
Voi, a cui devo alcune delle mie più grandi vittorie.

Avrei voluto raccontarvi ogni passo di questo percorso, condividere con voi le mie paure, le mie conquiste e, soprattutto, questo giorno.
Ma so che, in un modo che non ha bisogno di essere visto per essere sentito, siete stati accanto a me in ogni momento.

E allora oggi questa laurea è anche vostra.
Perche in ciò che sono, in ciò che ho raggiunto e nella persona che sono diventata, c'è anche una parte di voi.

Vorrei poter alzare gli occhi e incontrare ancora una volta i vostri sorrisi, ma scelgo di pensare che, da qualche parte, stiate sorridendo per me.

A voi che siete stati, siete e sarete sempre casa.

A mamma e papà.

A voi che con immenso sacrificio e con un amore che non mi è mai mancato, mi avete permesso di arrivare fin qui.

A papà, che con la sua leggerezza e la sua sicurezza riusciva a rassicurarmi ogni volta che pensavo di non farcela. A te che, prima ancora di ogni esame, sembravi conoscere

già il mio voto e che, con quella tua certezza, riuscivi a farmi affrontare tutto con un po' meno paura e molta più fiducia.

A mamma, la donna più forte che conosca, che mi ha insegnato, soprattutto con l'esempio, che non esiste vetta troppo alta quando si trova la forza di continuare a salire. Sei stata per me un esempio di coraggio, di determinazione e di amore, non avrei potuto desiderare un modello migliore a cui guardare.

Grazie per la pazienza che avete avuto durante questi tre anni, per ogni sacrificio, per ogni rinuncia e per la fiducia che avete sempre riposto in me.

Ma soprattutto, grazie per aver creduto in me prima ancora che imparassi a farlo io.

Ci siete stati sempre. Non soltanto nei traguardi, nelle soddisfazioni e nei giorni da festeggiare, ma soprattutto in quelli più difficili: quelli in cui facevo fatica a riconoscermi, quelli in cui la paura prendeva il sopravvento e avevo bisogno di qualcuno che credesse in me al posto mio. E voi lo avete fatto, sempre, senza mai esitare.

Se oggi sono qui, non è soltanto per tutto ciò che ho fatto, ma anche per tutto ciò che voi siete stati per me.
Per ogni volta che mi avete sorretta quando stavo per cedere, capita quando non riuscivo a spiegarmi e accettata in ogni mia fragilità.
Per ogni parola detta al momento giusto e per ogni gesto silenzioso che, giorno dopo giorno, ha contribuito a costruire la persona che sono e quella che sto diventando.

Questa laurea porta il mio nome, ma dentro ci siete anche voi. Perché ogni passo che mi ha condotta fin qui è stato accompagnato dal vostro amore, dai vostri sacrifici e dalla certezza di non essere mai stata sola.

Grazie, perché se oggi posso guardare con orgoglio ciò che ho raggiunto, è anche perché voi, molto prima di me, avete visto in me la persona che potevo diventare.

Vi amo.

Alle mie sorellone.

A Fede, la mia seconda mamma.

Grazie a te, che mi hai sostenuta nei miei primi passi e che, ancora oggi, continui a esserci con quella presenza che sa di casa. Grazie per avermi sempre spronata a inseguire ciò che desideravo, per avermi incoraggiata a seguire i miei percorsi senza mai farmi dubitare delle mie capacità e per avermi insegnato, con il tuo modo di essere, a non tirarmi indietro davanti alle difficoltà.

Sei stata per me una guida, una confidente, una certezza. Una di quelle persone che, anche senza troppe parole, sanno esserci nel momento esatto in cui ne hai bisogno.

Hai saputo proteggermi, consigliarmi e rimproverarmi quando serviva.

Grazie per tutti i consigli da donna bionica che sei, per la tua forza, per la tua capacità di affrontare ogni cosa e per avermi insegnato che, anche quando la vita mette davanti ostacoli che sembrano troppo grandi, bisogna trovare il modo di andare avanti.

E grazie per i due regali più belli che potessi farmi, che mi hanno donato un amore che non avrei mai potuto immaginare di provare.

Sei stata una delle mie prime guide nella vita e, in un modo o nell'altro, continui a esserlo ancora oggi.

A Paola.

a te che, come dici sempre tu, non ho tolto niente. Alla mia fotocopia. Al pezzo di costola da cui sono uscita .

Mi sembrava quasi inevitabile copiarti anche il mestiere.

Se oggi sono qui, in parte, è anche grazie a te. Sei stata la prima persona a farmi conoscere questa professione da vicino e, attraverso la tua intelligenza, la tua preparazione e la passione con cui la vivi, sei riuscita a farmene innamorare ancora prima che diventasse il mio percorso.

In questi anni sei stata molto più di una sorella che mi guardava da fuori: sei stata parte di questo percorso. Abbiamo condiviso dubbi, soddisfazioni, momenti di sconforto e conquiste. Mi hai aiutata, consigliata, corretta e, soprattutto, mi hai spinta continuamente a fare di più. Anche quando la tua severità mi faceva arrabbiare, sapevo che dietro ogni tua parola c'era la volontà di vedermi dare il massimo delle mie possibilità.

Sei stata al mio fianco anche quando la mia tesi sembrava non finire mai, tra correzioni, dubbi, domande e momenti in cui avevo bisogno di qualcuno che sapesse indicarmi la strada. E forse è proprio questo uno dei regali più grandi che mi hai fatto: non mi hai mai permesso di accontentarmi.

Mi hai insegnato che essere infermiera non significa semplicemente svolgere una professione, ma assumersi una responsabilità, avere competenza, presenza, umanità e la consapevolezza di poter fare la differenza nella vita di qualcun altro.

E forse non è un caso che entrambe abbiamo scelto di fare proprio questo.
A noi che, forse anche per colmare i nostri vuoti, abbiamo imparato a colmare quelli degli altri.

Grazie per avermi accompagnata in questo viaggio e per avermi fatto sentire, anche nei momenti più difficili, che non ero sola.

Alla mia Robi.

A te, sorella con cui condivido l'anima. Al mio spirito libero e ribelle, alla mia esatta metà.

A te che spesso non hai bisogno di parole, perché basta uno sguardo per capire tutto. A te che, con i tuoi consigli e i tuoi insegnamenti, hai lasciato dentro di me qualcosa che porterò per il resto della vita.

Sei stata quella che mi ha insegnato a vivere delle mie scelte, a non accontentare mai gli altri e a non cambiare chi sono soltanto per essere ciò che qualcuno si aspetta da me.

Mi hai insegnato che nella vita si può anche sbagliare, se è ciò che desideriamo davvero. Che non tutte le strade devono essere dritte e che, a volte, per capire chi siamo dobbiamo avere il coraggio di perderci un po'.

Ricordo ancora quando mi dicesti di mantenere vivo il mio carattere, di non abbandonarlo mai, perché sarebbe stato proprio quello a portarmi in alto, tra le stelle, e a farmi raggiungere tutto ciò che avrei desiderato.

Sorella, avevi ragione.

Ce l'ho fatta.

E forse questa laurea è anche questo: la dimostrazione che non dobbiamo necessariamente assomigliare agli altri per trovare il nostro posto nel mondo.
Che anche le pecore nere, hanno un posto nella vita.

A voi tre, così diverse e così indispensabili, devo una parte enorme della persona che sono diventata.
Grazie per essere state, ognuna a modo vostro, casa, guida, complicità e forza.

A chi mi accompagna da anni, a chi c'è sempre stata quando le cose non andavano bene, ma anche quando andavano finalmente bene.

A Briella, la mia quarta sorella, la mia persona, il mio posto sicuro.

A te che sai più di tutti, che conosci ogni sfaccettatura del mio terribile carattere e che, in qualche modo, hai sempre saputo come domarlo. A te che hai conosciuto ogni mia versione, anche quelle più difficili, e non hai mai scelto di andare via.

Grazie per aver portato spensieratezza in questi anni di fatica, per aver saputo alleggerire le giornate più pesanti e per aver festeggiato ogni mio successo come se fosse stato anche un po' tuo.

Grazie per tutte le volte in cui, dopo un esame, mi hai detto: “Brava, sono fiera di te”. Forse per te erano solo poche parole, ma per me hanno significato molto più di quanto tu possa immaginare.

E penso a noi, bimbe di tanti anni fa, su quell’altalena, inconsapevoli di tutto quello che sarebbe arrivato. Se potessero vedere oggi ciò che siamo diventate, sono sicura che sarebbero fiere di noi.

E poi, da oggi, alla tua immancabile domanda: “Cosa posso prendere?”, potrò finalmente darti molte più risposte di un semplice: “Prendi la Tachipirina”.

Forse dovrebbero davvero inventare nuove parole per riuscire a spiegare quanto ti voglio bene e quanto io ti sia grata. Perché “amicizia” sembra quasi una parola troppo piccola per descrivere quello che siamo.

Quando penso a noi, infatti, non riesco a vedere semplicemente due amiche. Vedo due anime che, negli anni, si sono perse , incontrate e sono rimaste legate in modo indissolubile. Due persone che hanno imparato a conoscersi così profondamente da riuscire a capirsi anche senza parlare.

Tu mi hai fatto sentire non soltanto all’altezza, ma la più alta del mondo.

E grazie non solo per aver creduto che potessi farcela, ma per qualcosa di ancora più grande: perché tu, molto prima che io arrivassi qui, mi vedevi già al traguardo.

Hai creduto in me nei momenti in cui io non riuscivo a farlo, hai gioito delle mie vittorie, mi hai raccolta nelle mie sconfitte e sei rimasta, semplicemente, tu. Sempre.

Non basterebbe un libro per ringraziarti di tutto quello che sei stata per me, e forse non esisteranno mai abbastanza parole per dirti quanto sei importante.

Ma c’è una cosa che so: ogni mio pensiero felice, ogni mio traguardo e ogni parte di me che oggi festeggia, porta dentro un pezzetto di te.

E forse è proprio questo che significa essere davvero famiglia: sapere che, anche quando la vita ci porterà lontano, una parte di noi continuerà inevitabilmente ad appartenere all’altra.

Ti voglio bene, Briella. Più di quanto riuscirò mai a scrivere. Anche ad ventis adversis .

A Claudia.

A quell'amicizia nata per la stessa passione, ma che con il tempo è diventata molto più importante di quanto avremmo mai immaginato. A te che sei entrata nella mia vita come una compagna con cui condividere un interesse e sei diventata una delle persone con cui ho condiviso di più questi anni.

A te, con cui ho vissuto praticamente ogni fase di questo percorso. La mia spalla nei momenti di difficoltà, quella con cui potevo parlare di qualsiasi dubbio, ansia o paura legata all'università, perché tanto sapevamo entrambe perfettamente cosa significasse e non solo.

E pensare che all'inizio non avremmo mai immaginato tutto quello che sarebbe successo. Abbiamo condiviso molto più del nostro molto poco sobrio armadietto: giornate interminabili, stanchezza, ansie, risate nei momenti meno opportuni e un sacco di momenti che, ripensandoci oggi, mi fanno sorridere.

A tutti i nostri primi giorni di tirocinio, alle prime volte in reparto in cui non sapevamo bene cosa aspettarci, ai nostri "in bocca al lupo" prima di ogni esame e ai nostri "stai senza pensieri", che forse abbiamo detto più per convincere noi stesse che l'altra.

A tutti i nostri sacrifici, alle nostre ansie e ai nostri esaurimenti prima, durante e dopo gli esami. A tutte le volte in cui ci siamo sostenute semplicemente sapendo di essere nella stessa situazione.

E soprattutto a quella porta che abbiamo varcato insieme per la prima volta. Se penso a quel giorno e a tutto quello che è successo dopo, mi sembra assurdo pensare a quanta strada abbiamo fatto.

Avevamo immaginato questo momento in modo diverso. Pensavamo di arrivare alla fine insieme, di viverci nello stesso momento tutte quelle emozioni che per anni abbiamo aspettato e sognato come se fossero irragiungibili. Alla fine non è andata esattamente così, ma è esattamente ciò che lo rende perfetto.

Sei stata una boccata d'aria in quella che per tanti momenti è stata una totale apnea. Sei stata quella con cui potevo ridere quando ero stanca, lamentarmi quando non ne potevo più e condividere anche le cose più stupide che, alla fine, sono proprio quelle che ricordo con più piacere.

E adesso che per me e fra poco per te si apre una nuova fase, so che tante cose cambieranno, ma spero che alcune rimangano esattamente come sono. Le nostre pause caffè tra un paziente e l'altro, le confidenze durante i turni, le nostre lamentele, le notti insonni e tutte quelle piccole abitudini che ci siamo portate dietro per anni.

Perché sì, il lavoro non lo accetto se non siamo nello stesso turno e reparto.

Grazie per essere stata molto più di una compagna di università. Grazie per essere diventata una delle persone che associo inevitabilmente a questi anni e a questo percorso.

E quando ripenserò a questi tre anni, tra le prime cose che mi verranno in mente ci saremo sicuramente noi: due ragazze entrate insieme da quella porta senza sapere quanto sarebbe stato difficile, quanto avremmo riso, quanto ci saremmo lamentate e quanto saremmo cambiate.

Se potessi tornare indietro, sapendo tutto quello che ci aspettava, sceglierei comunque quella porta e sceglierei ancora di attraversarla insieme a te.

Perché, anche se questo momento non è arrivato come lo avevamo immaginato, sono felice che almeno una cosa sia rimasta uguale: averti avuta al mio fianco.

Ti aspetto dall'altra parte, quella più bella.

Alla mia Sandrina e alla mia Duds.

Compagne di serata, compagne di vita e compagne di traguardi. A voi, che siete entrate in questo percorso portando con voi le vostre insicurezze, le vostre paure e i vostri dubbi, e che, passo dopo passo, avete imparato a superarli, scoprendo quanto foste capaci di fare.

Alle mie sorelle minori, quelle a cui spesso è toccato dispensare consigli, rassicurare, incoraggiare e ricordare che, anche quando tutto sembrava troppo difficile, eravate molto più forti di quanto credeste. E se in questi anni ho cercato di guidarvi un po', spero di avervi lasciato almeno una piccola parte di tutto ciò che voi, senza rendervene conto, avete lasciato a me.

Grazie perché avete reso speciale questo percorso, trasformando giornate che sarebbero potute essere soltanto lezioni, tirocini ed esami in ricordi che porterò con me per sempre.

Alle nostre serate post esame, quelle in cui finalmente potevamo tirare un sospiro di sollievo e concederci qualche ora senza pensare a ciò che ci aspettava il giorno dopo. Alle nostre pause pranzo, con l'immancabile pizza farcita della Dudi e i dolci della Sandra.

Alle mille domande su come fossero andati gli esami, alle ansie condivise, alle rassicurazioni dell'ultimo minuto e alle nostre interminabili pause Terea, che, diciamolo, a volte duravano più della lezione stessa. Perché tra una pausa e l'altra, tra una risata e una preoccupazione, abbiamo costruito qualcosa che va ben oltre la semplice condivisione degli stessi spazi.

Vi ho viste crescere, affrontare le vostre paure, mettere in discussione voi stesse e trovare, ogni volta, il coraggio di riprovarci. E sono felice di aver potuto essere al vostro

fianco, di avervi sostenute nei momenti di sconforto e di aver festeggiato con voi ogni piccolo passo avanti.

Ma la verità è che, mentre pensavo di essere io a dovervi insegnare qualcosa, siete state anche voi a regalarmi tanto: leggerezza, risate, affetto e la bellezza di sapere che, in questo viaggio così impegnativo, non eravamo soltanto colleghe o compagne di università, ma persone che stavano imparando a diventare grandi insieme.

Oggi festeggio questo traguardo con la consapevolezza che una parte della sua bellezza è stata proprio averlo condiviso con voi.

Grazie per essere state le mie sorelle minori, le mie compagne di avventure e una parte così bella di questi anni. E mi raccomando, non dimenticate mai quanto valete, nemmeno nei giorni in cui qualcuno o qualcosa proverà a farvelo dimenticare.

Vi auguro di raggiungere ogni traguardo che desiderate, di credere sempre di più in voi stesse e di conservare quella parte di voi che ha reso così speciale il nostro cammino.

E, naturalmente, vi auguro anche tante altre serate post esame, perché, a quanto pare, senza quelle non sapremmo proprio come festeggiare!

Alla mia e solo mia Sophi amo.

A te, che sei stata accanto a me molto prima che sapessi dove mi avrebbe portata la vita.

Ci siamo conosciute tra i banchi di scuola, quando ancora non potevamo immaginare quante cose sarebbero cambiate da allora. Siamo cresciute sedute una accanto all'altra, condividendo giornate che all'epoca sembravano semplicemente normali e che oggi, invece, sono diventate alcuni dei ricordi più belli della mia adolescenza.

In quei banchi siamo cresciute, abbiamo imparato, riso, parlato di tutto e di niente e, senza rendercene conto, abbiamo costruito un'amicizia che sarebbe andata ben oltre quegli anni.

Se ripenso alla scelta di intraprendere questo percorso universitario, tu sei inevitabilmente parte di quel ricordo. Sei stata la prima a spronarmi, a credere in me e a farmi capire che potevo farcela, forse ancora prima che ne fossi convinta io o la Ferri. Avrei voluto averti accanto anche tra i banchi dell'università e, lo ammetto, la sedia alla mia sinistra è sempre sembrata troppo vuota.
Ma, col tempo, ho capito che non era necessario condividere gli stessi corridoi, gli stessi esami o le stesse giornate per continuare a sentirti vicina.
Perché gli anni sono passati, le nostre vite sono cambiate, gli impegni sono aumentati e le occasioni per sentirci sono diventate forse meno frequenti. Eppure, tra noi, non è mai cambiato nulla ed è ciò che conta davvero.
Ogni volta che ci ritroviamo, ho la sensazione che il tempo si fermi e che, per un attimo, siamo ancora quelle due ragazze sedute vicine, ignare di tutto ciò che ci aspettava.

Questa laurea rappresenta la fine di un percorso che ho costruito passo dopo passo, ma dentro questo traguardo ci sono anche le persone che, in modi diversi, hanno creduto in me. tu sei una di quelle persone. Sei stata presente all'inizio di questa strada, quando ancora non sapevo quanto sarebbe stata lunga e difficile, e sapere che ci sei stata allora rende ancora più speciale sapere che ci sei anche oggi.
Grazie perché, nonostante il tempo, sei rimasta.
Grazie per aver creduto in me quando io ancora non sapevo farlo.
Grazie per gli infiniti audio di compagnia.
Grazie per essere stata una presenza sincera, discreta e costante.
Grazie per avermi accompagnata, anche da lontano, in una parte così importante della mia vita.
Forse non abbiamo più i banchi di scuola a separarci o ad avvicinarci, non abbiamo più le stesse giornate da condividere e non sappiamo ancora quante altre strade percorreremo. Ma una cosa la so: alcune persone appartengono a un momento della nostra vita, altre invece diventano parte della nostra storia.
Tu sei parte della mia storia da sempre.
E se oggi potessi tornare per un istante a quei banchi, sceglierei ancora di sedermi accanto a te.
A te, che sei rimasta una certezza mentre tutto intorno cambiava.

A Christian,

ad una presenza costante nata grazie ai nostri puppy,
questa volta sono io che scrivo a te, grazie per le giornate infinite allo sgambatoio, dove mi sopportavi a studiare, alle notti passate a parlare e confidarci di tutto, tra risate e discorsi sul più e il meno.
Grazie per esserci sempre stato e per le sedute psicologiche infinite che prima o poi ti ripagherò.
Ai nostri nuovi inizi, diversi ma pieni di cose nuove da scoprire. In bocca al lupo a noi , ma soprattutto a te e alla tua metà perfetta.

Ad Antonio, il mio Bambi.

La mia metà, il mio passato, il mio presente e il mio futuro.

A te, che hai vissuto accanto a me ogni sfumatura di questo percorso, comprese quelle meno piacevoli. A te che hai dovuto sopportare ogni mio sclero pre esame, ogni insicurezza, ogni momento in cui la paura di non farcela prendeva il sopravvento e ogni volta in cui, presa dallo studio, diventavo una versione decisamente poco sopportabile di me stessa.

Ai nostri litigi per lo studio, alle discussioni nate dalla stanchezza, alle incomprensioni e a tutte quelle volte in cui sembrava impossibile riuscire a capirci. Alla tua testardaggine, che ti ha permesso di portare a termine questo percorso e che, in più di un'occasione, si è scontrata con la mia. Perché, a modo nostro, abbiamo imparato a crescere anche così, mettendoci alla prova, imparando a conoscerci nelle nostre fragilità e scoprendo che

amarsi significa anche sapersi ritrovare dopo ogni difficoltà.

A te che, senza nemmeno rendertene conto, sei riuscito a far emergere un lato di me che era rimasto nascosto per tanto tempo. Un lato che forse nemmeno io sapevo di avere, che avevo paura di mostrare e che, grazie a te, ha trovato il coraggio di far venire fuori. Mi hai insegnato che non bisogna sempre essere forti, che posso permettermi di essere fragile, di avere paura, di non avere tutte le risposte e di lasciarmi amare anche quando faccio fatica ad accettare me stessa.

Grazie per avermi amata come nessuno aveva mai fatto prima, per aver saputo accarezzare ogni mio difetto e ogni mia insicurezza, senza farmi sentire sbagliata.
Per aver guardato oltre i miei silenzi, oltre i miei momenti difficili e oltre quelle parti di me che spesso faccio fatica ad accettare. Grazie per avermi fatta sentire amata anche nei giorni in cui io per prima dimenticavo quanto valessi.

E oggi, ripensando a tutto quello che abbiamo vissuto, non posso non pensare a questa università, a questa laurea e a quelle quattro mura che, senza che ce ne accorgessimo, hanno finito per unirci. Sono state lo sfondo delle nostre giornate, dei nostri sacrifici, delle nostre preoccupazioni e delle nostre soddisfazioni. Ma sono state anche il luogo in cui abbiamo imparato a sostenerci, a condividere le nostre ambizioni e a immaginare un futuro che, piano piano, ha iniziato a prendere forma.

Questa laurea non rappresenta soltanto la fine di un percorso di studi. Per me rappresenta anche un pezzo della nostra storia, una delle tante tappe che abbiamo attraversato insieme e una prova di quanto siamo riusciti a costruire, nonostante la fatica, le difficoltà e tutte le volte in cui sembrava che non ci fosse abbastanza tempo per tutto.

E adesso ci aspetta un nuovo inizio.

Un nuovo capitolo, un nuovo noi, nuove avventure, nuove soddisfazioni e, ne sono certa, anche nuovi scleri. Perché noi siamo anche questo: due caratteri che a volte si scontrano, due persone che sanno farsi arrabbiare come poche altre, ma che, alla fine, continuano a scegliersi.

Mi auguro che la vita ci conceda di continuare a crescere insieme, di festeggiare i successi l'uno dell'altra, di sostenerci quando le cose non andranno come speriamo e di non perdere mai quella leggerezza che ci permette di affrontare tutto con un sorriso. Mi auguro che ci siano ancora tantissimi traguardi da raggiungere, sogni da realizzare e ricordi da costruire, perché se c'è una cosa che ho capito in questi anni è che non conta soltanto dove si arriva, ma anche chi si ha accanto mentre si cammina.

E io, se penso al mio futuro, continuo a vederti lì.

Grazie per essere stato casa nei momenti in cui mi sentivo persa, forza quando mi mancava la mia e rifugio quando il mondo sembrava troppo pesante. Grazie per aver

condiviso con me non soltanto i giorni belli, ma anche quelli in cui amarmi richiedeva un po' più di pazienza.
Se oggi festeggio questo traguardo, lo faccio con la felicità di aver raggiunto un obiettivo importante e con la certezza di avere accanto una persona con cui desidero continuare a vivere tutto ciò che verrà.

Perché tu non sei stato soltanto una parte di questi anni. Sei una parte della mia vita, di quella che sono oggi e di quella che sogno di diventare.

Al mio Bambi, alla mia metà, alla persona che ho scelto e che, ogni giorno, spero continui a scegliere me.

Al nostro passato, che ci ha portati fin qui. Al nostro presente, che oggi festeggia. E a quel futuro che, più di ogni altra cosa, non vedo l'ora di vivere insieme.

Ti amo.

Alla 5BP, ai matti che eravamo, alle risate, alle cazzate e a tutte quelle giornate che, riguardandole oggi non so come ci abbiamo portati alla maturità .

E infine al mio piccolo fiore di loto , a tutte le ore di studio che ti sei dovuta subire nella mia cameretta, a tutto il tempo in più che avrei potuto dedicarti, al mio pezzo di cuore e alla cura dei miei malanni , ti amo piccola b . Questa laurea è anche tua .