

# **ABSTRACT**

## **Introduzione**

Il sistema di emergenza sanitaria in Italia ha subito un'evoluzione significativa, con una crescente attenzione al trasporto rapido e al trattamento tempestivo di malati e feriti. Già dalle guerre napoleoniche, figure come Florence Nightingale hanno sottolineato l'importanza del trasporto adeguato per la sopravvivenza dei feriti. Oggi, il sistema include personale qualificato, mezzi specializzati e tecnologie moderne come il Point of Care Testing (POCT), che consente diagnosi rapide sul luogo dell'intervento. L'emogasanalisi (EGA) potrebbe essere uno degli strumenti chiave per monitorare condizioni critiche e guidare le prime cure.

## **Obiettivo**

La tesi mira a valutare l'efficacia dell'EGA nell'emergenza sanitaria territoriale, con un focus sul ruolo dell'infermiere. In contesti caratterizzati da urgenza clinica, l'EGA consente una valutazione rapida dei pazienti, aiutando a identificare rischi come l'insufficienza respiratoria. L'obiettivo è esplorare come l'EGA possa migliorare la collaborazione tra infermieri e medici, affrontando anche i limiti e le sfide dell'uso pre-ospedaliero di questo strumento.

## **Materiali e metodi**

La ricerca è stata guidata dalla metodologia "PIO" per valutare l'efficacia dell'EGA nel ridurre il tempo senza terapia e migliorare l'assistenza ai pazienti critici. Sono stati selezionati 10 studi su PubMed riguardanti pazienti adulti in contesti extraospedalieri, pubblicati tra il 1996 e il 2023.

## **Risultati**

Gli studi analizzati dimostrano la fattibilità ed efficacia dell'EGA nei contesti pre-ospedalieri, migliorando la gestione dei pazienti critici. Ad esempio, durante la pandemia COVID-19 in Toscana, l'EGA ha permesso diagnosi tempestive, evitando ospedalizzazioni non necessarie. Altri studi indicano l'utilizzo dell'EGA come indicatore prognostico e la sua adozione per migliorare la sicurezza diagnostica.

## **Conclusioni**

L'emogasanalisi rappresenta un valore aggiunto per la gestione delle emergenze pre-ospedaliere, consentendo interventi tempestivi e ottimizzando i percorsi di cura. Tuttavia, sono necessarie ulteriori ricerche per migliorare l'implementazione dell'EGA e la formazione del personale.

## INDICE

<b>INTRODUZIONE</b> .....	1
<b>L’Emergenza sanitaria territoriale in Italia</b> .....	1
<b>L’Emogasanalisi</b> .....	6
<b>Tecnologie POCT</b> .....	13
<b>Utilità applicativa nel contesto extraospedaliero</b> .....	16
<b>OBBIETTIVO</b> .....	17
<b>MATERIALI E METODI</b> .....	17
• <b>Descrizione del problema</b> .....	17
• <b>Quesito di ricerca</b> .....	18
• <b>Metodi di ricerca delle evidenze</b> .....	18
• <b>Criteri di selezione delle evidenze</b> .....	18
<b>RISULTATI</b> .....	19
<b>DISCUSSIONE</b> .....	28
<b>CONCLUSIONI</b> .....	33
<b>BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA</b> .....	35

## **INTRODUZIONE**

### **L'Emergenza sanitaria territoriale in Italia**

Un'emergenza è una condizione caratterizzata dalla necessità di una rapida risposta da parte del personale preposto alla sua risoluzione; parlando di emergenza sanitaria, tipicamente personale infermieristico e medico, che spesso lavorano in stretta collaborazione e sinergia. Negli anni, il sistema territoriale di emergenza sanitaria, in Italia, si è evoluto sia sotto un'ottica di gestione dell'emergenza in sé, quindi tempi di risposta e coordinazione della richiesta di, che sotto un'ottica di gestione delle risorse e delle tecnologie, che di anno in anno rendono possibile la risoluzione di migliaia di condizioni critiche su tutto il territorio nazionale. Ovviamente tutto questo sarebbe stato impossibile da raggiungere se non con un complesso ed articolato percorso che ha portato prima di tutto alla necessità di richiedere sul territorio la presenza di mezzi e personale. Questo si sviluppò in maniera decisiva, benché ci siano testimonianze che ciò accadesse già da molto tempo, durante la Guerra di Crimea (1853-1856), dove la stessa Florence Nightingale, che partecipò da infermiera, definì come “un trasporto soddisfacente è il primo requisito per salvare la vita ad ammalati e feriti”. Non fu l'unica a dare importanza al trasporto e al trattamento extraospedaliero, ad esempio, diversi anni prima, Pierre-François Percy, medico francese, osservò durante le guerre napoleoniche (1804-1815) che “Un cattivo trasporto è spesso più pericoloso della ferita stessa”, addirittura più tardi Richard von Volkmann, chirurgo tedesco (1830-1889) aggiunse che “La prima medicatura spesso decide la sorte del ferito”. Tutte definizioni che hanno fondato la base per quello che è il trasporto e trattamento di malati e feriti, principalmente in un contesto ove la guerra ne faceva da protagonista storica principale.

In Italia, attualmente il sistema di emergenza territoriale, per una buona parte di territorio, indistintamente da quale sia la natura dell'emergenza, viene gestito dal NUE 112, ossia il “numero di emergenza unico europeo 1-1-2”, che fa capo alla “Centrale Unica di Risposta” (C.U.R.), che rappresenta il “Public-Safety Answering Point 1” (PSAP 1), ovvero il sistema di risposta di primo livello che unisce il cittadino al sistema di emergenza. Questo, ha il compito di filtrare le varie chiamate di emergenza e smistarle verso la rete più idonea, andando a migliorare quelli che sono i tempi di risposta, geolocalizzazione ed intervento, sopperendo a quella funzione “filtro” di cui le vecchie

centrali 118-115-113-112 necessitavano. Queste centrali ad oggi non sono state sostituite dal 112, ma rappresentano il PSAP 2, ossia il secondo livello, specifico dell'emergenza che ha fatto sì che tutto il sistema si attivasse. All'interno delle centrali 112 è presente personale laico, specializzato attraverso un adeguato percorso formativo, per il riconoscimento della natura dell'emergenza.

La gestione dell'emergenza vera e propria spetta al professionista della centrale di secondo livello, nel caso di un'emergenza sanitaria sarà quindi un infermiere che deciderà quanti e quali mezzi inviare sul luogo dell'evento. Questi hanno caratteristiche diverse in base ai componenti che fanno parte del team di risposta, ad oggi, questi sono normati dalle linee guida ministeriali 1/1996 <sup>[1]</sup> che definiscono la presenza di:

- MSB: ambulanza di soccorso di base e di trasporto, automezzo il cui equipaggio è costituito da un autista soccorritore e da un soccorritore a bordo, con preparazione idonea ad operare nel sistema dell'emergenza.
- MSA: ambulanza di soccorso avanzato, automezzo attrezzato per il supporto vitale il cui equipaggio è costituito da un autista soccorritore ed un infermiere con preparazione specifica verificata dal responsabile della centrale operativa. L'eventuale presenza del medico, indicato tra i medici assegnati alla Centrale Operativa, è stabilita dalla programmazione regionale;  
In alcune realtà questa viene distinta in: MSA, quando è individuato come mezzo a leadership medica; MSI, quando è individuato come mezzo a leadership infermieristica.
- Centro mobile di rianimazione: Ambulanza attrezzata come un reparto ospedaliero mobile, che prevede all'interno la presenza di due infermieri, un medico anestesista-rianimatore e un autista soccorritore.
- Eliambulanza: mezzo di norma integrativo delle altre forme di soccorso, il personale sanitario è composto da un medico anestesista-rianimatore e da un infermiere qualificato in particolari sedi operative.

In Italia, quindi, vediamo che è possibile trovare delle specifiche figure che operano nei mezzi di soccorso, sia volontari che professionisti sanitari infermieri e medici.

Come definito da Bandiera et al. <sup>[2]</sup>, in un estratto di un articolo SIMEU pubblicato nella rivista "Italian journal of medicine", i soccorritori volontari (MSB) di norma

rappresentano il primo livello di risposta di emergenza pre-ospedaliera, deputati a gestire i codici minori attraverso il monitoraggio dei parametri vitali e attuazione delle manovre di primo soccorso, o anche a fornire supporto agli equipaggi ILS o ALS (MSI e MSA)

Gli equipaggi infermieristici (MSI) invece rappresentano il secondo livello di risposta dell'emergenza sanitaria pre-ospedaliera, oltre che fornire supporto agli equipaggi di base qualora venga reputato necessario, la competenza di tale team spazia dal riconoscimento mirato delle criticità all'esecuzione di trattamenti e somministrazione di farmaci sotto l'indicazione di linee guida, protocolli definiti e condivisi dalla realtà operativa in cui opera o in casi eccezionali prescrizione a distanza. Tale attività, oltre che essere di uso comune in molteplici contesti, viene normata a livello Deontologico dall'articolo 37. La risorsa medica (MSA) invece, rappresentante il terzo livello di assistenza pre-ospedaliera, viene utilizzata qualora la condizione del paziente risulti essere estremamente critica e si necessiti di un supporto con somministrazione di farmaci che richiedono una valutazione medica e una metodica di somministrazione o di dosaggio difforme da quella prevista dai protocolli in vigore nel contesto di lavoro. Talvolta questa figura può operare da remoto attraverso dei consulti telefonici, visione di esami strumentali (es. ECG) attraverso un sistema di condivisione dello stesso, tendenzialmente questo mezzo non opera da solo ma fornisce supporto ai mezzi sopradescritti (MSI e MSB).

La restante parte del servizio di emergenza sanitaria, in Italia, è attualmente normata dal DPR 27 marzo 1992, "Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni per la determinazione dei livelli di assistenza sanitaria di emergenza" <sup>[3]</sup>, che va a determinare:

- Istituzione del soccorso extraospedaliero
- Istituzione del numero unico nazionale per l'emergenza sanitaria 118
- Definizione delle caratteristiche delle Centrali Operative
- Tempi massimi di intervento, che non devono superare gli 8 minuti in sede urbana e 20 minuti in sede extraurbana

Le postazioni territoriali di emergenza sanitaria (PoTES) sono molteplici sul territorio italiano, ed ognuna fa capo ad una centrale operativa; il DM 70/2015 <sup>[4]</sup>, al paragrafo 9 dell'allegato 1, stabilisce che per garantire un'adeguata funzionalità dei percorsi clinico assistenziali, e comunque di tutto il funzionamento della rete di emergenza-urgenza, si debba prevedere un mezzo di soccorso avanzato ogni 60.000 abitanti per un territorio non

superiore ai 350km<sup>2</sup>. Attualmente sul territorio italiano sono presenti un totale di 1.188 postazioni per un totale di 41.435.096 abitanti, con una media di 34.878 abitanti per postazione (PoTES) (Dati aggiornati al 31/12/2015) <sup>[5]</sup>. Per quanto riguarda la regione Marche la regolamentazione del sistema di emergenza territoriale è normata dalla L.R. 36/1998 <sup>[6]</sup>, nella suddetta legge si riprendono i concetti chiave del DPR 27/3/1992; Attualmente nella regione Marche, come definito dalla legge 36/1998 si trovano 4 Centrali operative, denominate rispettivamente da Nord a Sud “Pesaro Soccorso” “Ancona Soccorso” “Macerata Soccorso” “Piceno Soccorso”, che in totale gestiscono un complessivo di 107 postazioni territoriali di emergenza sanitaria, per un totale di 1.543.752 abitanti, ricavando una media di 14.427 abitanti per postazione (PoTES) (Dati aggiornati al 31/12/2015) <sup>[5]</sup>. Le Marche si collocano quindi ad un rapporto decisamente inferiore rispetto alla media nazionale, trovandosi al secondo posto, precedute solo dalla Basilicata, con un rapporto pari a 10.244 abitanti per singola postazione (Tab. 1). <sup>[5]</sup>

<b>REGIONE</b>	<b>Popolazione</b>	<b>n° postazioni</b>	<b>Rapporto</b>
Basilicata	573.694	56	10.244
Marche	1.543.752	107	14.427
Molise	312.027	15	20.801
Toscana	3.744.398	158	23.698
Abruzzo	1.326.513	53	25.028
Puglia	4.077.166	158	25.804
Umbria	891.181	32	27.849
Calabria	1.970.521	67	29.410
Lombardia	10.008.349	295	33.926
Piemonte	4.404.246	73	60.332
Sicilia	5.074.261	76	66.766
Sardegna	1.658.138	24	69.089
Campania	5.850.850	74	79.065
<b>Totale</b>	<b>41.435.096</b>	<b>1.188</b>	<b>34.878</b>

Tabella 1: Numero di PoTES in relazione alla popolazione regionale

L’implementazione di mezzi infermieristici (MSI) rappresenta quindi una necessità per quanto riguarda la gestione dell’emergenza territoriale in Italia. Implementazione avvenuta anche nella regione Marche. Si parla di attivazione, questi mezzi non vanno a

sostituire la presenza del medico nel territorio, ma vanno a migliorare e capillarizzare l'assistenza in emergenza. Ed è proprio l'emergenza quindi, l'ambito nel quale la professione infermieristica può esplicarsi in un elevato grado di autonomia e in modo conforme alle proprie competenze; competenze che dipendono dalla formazione, che dovrebbe essere quanto più esaustiva possibile e dal grado di autonomia con cui i professionisti si possono definire in quanto tali. Il D. Lgs. n. 502/92<sup>[7]</sup> ha infatti trasferito la formazione Infermieristica dalla sede regionale a quella Universitaria nell'ambito della Facoltà di Medicina e Chirurgia ed il successivo Decreto Ministeriale 14/09/1994 n.739<sup>[8]</sup> ha sancito e ribadito che l'assistenza infermieristica può essere di natura preventiva, curativa, palliativa e riabilitativa, riconoscendo all'infermiere autonomia e responsabilità professionale. Per ciò che concerne l'attività infermieristica in emergenza territoriale, nello specifico, il DPR 27 marzo 1992, art.10 prevede che: "Il personale infermieristico professionale, nello svolgimento del servizio di emergenza, può essere autorizzato a praticare iniezioni per via endovenosa e fleboclisi, nonché a svolgere le altre attività e manovre atte a salvaguardare le funzioni vitali, previste dai protocolli decisi dal medico responsabile del servizio", è proprio alla luce di questo, che molte regioni italiane, da nord a sud hanno capillarizzato ulteriormente la copertura territoriale con dei MSI definiti come risorsa aggiuntiva al sistema di emergenza territoriale <sup>[3,5]</sup>, allo scopo di fornire una riduzione di quello che è il free therapy interval, ovverosia il tempo che un paziente deve attendere, dal momento dell'insorgenza dell'evento acuto, all'esecuzione dei primi atti terapeutici, andando quindi a migliorare gli outcomes. Per far sì che ciò accada esistono diversi protocolli su tutto il territorio nazionale, che differiscono di regione in regione, enunciati dai responsabili delle centrali 118, e vanno a definire tutto il percorso decisionale che, di fronte ad una specifica problematica, l'infermiere segue per portare ad una risoluzione o stabilizzazione di tale condizione. Esistono protocolli in uso in molte realtà che prevedono la gestione di dolore toracico, dispnea, intossicazioni, overdose da oppiacei, etc...<sup>[9]</sup> queste non sono altro che diagrammi di flusso dove tendenzialmente l'infermiere opera in autonomia seguendo ciò che viene indicato dai protocolli in uso nell'azienda sanitaria di competenza, in alcune circostanze, come ad esempio nel caso della sindrome coronarica acuta con sopraslivellamento del tratto ST, (SCA-STEMI) l'infermiere può visionare l'ECG a tempo zero ed inviarlo telematicamente per conferma, al medico di riferimento. Questo fa sì che si possa iniziare un trattamento mirato

direttamente sul posto, migliorando così la prognosi dell'assistito. Questo è un esempio di come la figura del medico venga utilizzato per la diagnosi anche a distanza, con invio telematico delle indagini diagnostiche, altri esempi potrebbero essere degli algoritmi decisionali per la gestione del dolore moderato/severo, senza dimenticare gli algoritmi ABCDE nel trauma, o in generale nel paziente critico, e l'ALS nell'arresto cardiaco; tutte eseguibili autonomamente dall'infermiere che può avvalersi, non solo della deduzione clinica e pensiero critico conoscendo i vari meccanismi fisiopatologici e la sintomatologia suggestiva associata, ma anche di strumenti tecnologici sofisticati che permettono la valutazione mirata e l'invio del referto, con la possibilità di interfacciarsi con un medico, che può essere il medico di centrale operativa o uno specialista reperibile nella struttura ospedaliera, in base alle necessità.

## **L'Emogasanalisi**

L'emogasanalisi, o emogas, (EGA), è un esame parzialmente invasivo che consente il prelievo di una piccola quantità di sangue, solitamente arterioso, allo scopo di valutare nel giro di pochi minuti alcuni parametri fondamentali. Questi consentono al personale sanitario di effettuare una valutazione più dettagliata di un paziente ed eventualmente di prendere decisioni più o meno necessarie in merito ad un determinato stato patologico; viene comunemente definito come "l'esame con il miglior rapporto costi/benefici". Questo perché è un esame che richiede un costo minimo e in pochi minuti fornisce ai sanitari valori fondamentali in merito al quadro respiratorio e metabolico, con la possibilità di valutare anche altri parametri in maniera dettagliata. Sgambato in "L'Emogasanalisi: un esame salvavita", <sup>[10]</sup> afferma che: "l'emogas non è sostituibile in pieno con le rilevazioni cliniche, perché il grado di ipossiemia ed ipercapnia non correla adeguatamente con i segni ed i sintomi clinici, né con i test di funzionalità respiratoria; per tali motivi, in molti casi è un esame indispensabile. La sua accuratezza diagnostica, però, dipende dalla tecnica del prelievo, dalla modalità di campionamento, dalla corretta taratura dell'emogas-analizzatore e dalla giusta impostazione dei dati al suo interno." Concludendo con l'affermazione che sottolinea in maniera ancora più incisiva l'efficacia di questo esame, ma come al contempo possa essere nocivo in alcune circostanze, ossia "partendo dalla convinzione che l'analisi dei gas ematici e del pH ha maggiore

immediatezza ed impatto potenziale sulla cura del paziente di ogni altra misura di laboratorio, non bisogna mai sottovalutare che nell'emogasanalisi un risultato non corretto può essere più deleterio per il paziente della mancanza di risultati". Sostanzialmente quindi ribadisce l'importanza di un prelievo accurato e l'attenzione ai dettagli. Le sedi in cui può essere eseguito il prelievo sono tre, ossia a livello dell'arteria radiale, che viene considerata la migliore, sia per la maggior semplicità di reperire l'arteria, ma anche per la sede anatomica che sarà soggetta a minori rischi di lesione nervosa, inoltre le complicanze sono maggiormente gestibili, mentre le altre due sono la sede brachiale, e la sede femorale, quest'ultima utilizzata tipicamente in pazienti in stato di shock, o estremamente ipotensi in cui risulta difficile reperire l'arteria radiale. Solitamente richiede un prelievo arterioso, ma in condizioni particolari potrebbe essere sufficiente, o magari necessario, un prelievo venoso, per cui risulta di fondamentale importanza segnalare il tipo di sangue prelevato, evitando così errori interpretativi.

Fra i vari parametri che ad oggi si possono misurare con l'EGA ci sono sicuramente tutti quei parametri che consentono la valutazione della funzione respiratoria, un eventuale compenso metabolico e altre caratteristiche ematiche, quindi:

- **pCO<sub>2</sub>:** non è altro che la pressione parziale di diossido di carbonio, ossia una misura della concentrazione di anidride carbonica disciolta nel sangue, tipicamente la sua misurazione avviene a livello arterioso, per cui prenderà il nome di paCO<sub>2</sub>, se viene misurata a livello venoso, prenderà il nome di pvCO<sub>2</sub>. Proprio nel sangue arterioso avviene una fondamentale misurazione, cruciale per quanto riguarda gli aspetti del monitoraggio respiratorio, rendendolo un parametro fondamentale da valutare insieme alla clinica associata, l'unità di misura viene tendenzialmente espressa in millimetri di mercurio (mmHg), i valori fisiologici si aggirano intorno ai 35-45 mmHg.
- **pO<sub>2</sub>:** come la pCO<sub>2</sub>, la pO<sub>2</sub> rappresenta la pressione parziale di ossigeno, ossia, la quantità di ossigeno disciolta nel sangue, tipicamente la sua misurazione avviene a livello arterioso, l'unità di misura si esprime in millimetri di mercurio, i valori di riferimento sono considerati nella norma fra i 75 e i 100 mmHg.
- **pH:** Il pH non è altro che la misura di acidità o alcalinità del sangue, i suoi valori si attestano, in condizioni fisiologiche fra i 7,35 e 7,45 andando a determinare un

range estremamente ristretto di valori, volti sul versante alcalino della scala di pH, scala che va da 0 a 14, dove valori tendenti allo 0 rappresentano l'acidità e valori tendenti al 14 l'alcalinità.

Il leggero stato alcalino è fondamentale per garantire l'omeostasi, ossia lo stato di equilibrio fra le cellule dell'organismo.

Se il pH scende al di sotto di 7,35 si parla di acidosi, questa condizione può essere causata da molti fattori, come ad esempio la perdita di basi o aumento degli acidi, e può essere di origine respiratoria (ipoventilazione che causa un aumento della  $p\text{CO}_2$ , con conseguente spostamento del pH sul versante acido) o metabolica (chetoacidosi diabetica).

Se il pH invece sale al di sopra dei 7,45 si parla di alcalosi, anch'essa di origine respiratoria, come nel caso dell'iperventilazione, o metabolica se si presenta a seguito di vomito prolungato.

- **$\text{HCO}_3^-$ :** i bicarbonati, o  $\text{HCO}_3^-$ , sono un componente importante del sistema tampone del sangue, che aiuta a mantenere l'equilibrio acido-base nel corpo. Sono ioni derivati dall'acido carbonico e giocano un ruolo cruciale nella regolazione del pH ematico, hanno la funzione di neutralizzare gli acidi forti e le basi forti nella regolazione del pH, mantenendolo a livelli costanti. La regolazione di questi avviene principalmente a livello renale, i reni infatti possono assorbirli o meno per regolare l'equilibrio acido-base.

I valori fisiologici in questo caso si attestano intorno ai 22 e i 28 milliequivalenti per litro (mEq/L). Valori alterati possono indicare un'acidosi metabolica, quando, in associazione ai livelli di pH questi si trovano sotto al limite inferiore, altresì, sempre in associazione al pH, quando questi aumentano, si parla di alcalosi metabolica. Spesso però, in caso di acidosi o alcalosi respiratoria, i reni possono variare la presenza di bicarbonati circolanti, andando quindi a compensare lo stato di acidosi o alcalosi, il pH in questo caso risulterà nei range.

- **Deficit o eccesso di basi (BE):** l'eccesso o il deficit di basi indica che a livello ematico sono presenti quantità troppo o troppo poco elevate di basi, per garantire una corretta regolazione del pH.

Un eccesso di basi (BE), sta ad indicare che la quantità di basi circolanti è superiore rispetto ai valori normali, solitamente sta ad indicare un'alcalosi

metabolica (eccesso di bicarbonati) come nel caso del vomito prolungato o un compenso di acidosi respiratoria.

Un deficit di basi sta ad indicare invece che la quantità di basi circolanti è inferiore rispetto ai valori normali, solitamente questa indica un'acidosi metabolica (diarrea prolungata o insufficienza renale per diminuito riassorbimento di bicarbonati) o un compenso di alcalosi respiratoria.

Questo parametro ha un range estremamente ristretto e viaggia fra valori compresi tra -2 e +2 mEq/L.

- **Rapporto P/F:** il rapporto P/F, anche noto come rapporto  $paO_2/FiO_2$  è un valore, calcolato sulla base appunto di questi due valori, il primo ricavato dalla macchina stessa, il secondo deve essere inserito manualmente sull'analizzatore, e rappresenta la frazione di ossigeno disciolta nella miscela di gas inspirata, in aria ambiente questo valore corrisponde al 21%, quindi 0,21.

Questo serve sostanzialmente a valutare l'efficacia degli scambi alveolari, un rapporto P/F superiore a 350 indica un buono stato respiratorio, per valori inferiori si definisce insufficienza respiratoria che si divide in:

- Insufficienza respiratoria lieve: P/F compreso fra 350 e 250
- Insufficienza respiratoria moderata: P/F compreso fra 250 e 200
- Insufficienza respiratoria grave P/F inferiore a 200

Questo parametro viene utilizzato in maniera assidua nel monitoraggio dell'andamento dell'ossigenoterapia e per valutare la necessità di posizionare presidi più o meno invasivi, in base all'andamento.

- **Elettroliti:** fra i vari parametri che i moderni emogas-analizzatori permettono di calcolare, c'è la possibilità di avere un inquadramento sullo stato degli elettroliti ematici, fra questi si includono: sodio (Na+), calcio (Ca++), potassio (K+), magnesio (Mg++) e cloro (Cl-), fondamentali da valutare in caso di disidratazione o in caso di alterazioni elettrocardiografiche importanti come le alterazioni da iper/ipo- kaliemia.
- **Caratteristiche dell'emoglobina:** con il prelievo emogas-analitico è possibile calcolare l'emoglobina totale, il cui valore viene espresso in milligrammi per decilitro (mg/dL), ed in relazione a questa, molti modelli di emogas-analizzatore

riescono a calcolare, solitamente in termini percentuali in relazione all'emoglobina totale, le varie caratteristiche dell'emoglobina come: l'ossiemoglobina ( $O_2Hb$ ), la carbossiemoglobina ( $COHb$ ), la metaemoglobina ( $MetHb$ ), che descrivono caratteristiche di legame dei vari elementi all'emoglobina stessa, utili per valutare stati di tossicità come ad esempio l'intossicazione da monossido di carbonio, per un trattamento mirato ed immediato.<sup>[11]</sup>

La necessità di comprendere i concetti fisio-patologici dell'equilibrio acido-base nasce intorno ai primi anni del '900, trovando però una fortissima applicazione intorno alla prima metà degli anni '50, quando a Copenaghen ci fu un'epidemia di poliomielite, dove da agosto a dicembre dello stesso anno, circa 3000 pazienti vennero ricoverati all'ospedale di Blegdam, specializzato all'epoca in malattie infettive; l'epidemia ha comportato due enormi sfide nella fisiologia applicata. L'ospedale mancava di ventilatori. La soluzione innovativa è stata quella di utilizzare la pressione positiva manuale somministrata da 200 studenti di medicina che hanno ripetutamente premuto una sacca di gomma attaccata a un tubo per tracheostomia tutto il giorno, una sorta di precursore di "va e vieni". La seconda sfida è stata la comprensione delle anomalie potenzialmente letali dello scambio gassoso polmonare e dello stato acido-base. All'inizio dell'epidemia, l'unico test di laboratorio disponibile era la pressione totale di anidride carbonica nel sangue ( $pCO_2$ ), e i valori elevati sono stati interpretati come una misteriosa "alcalosi".

L'ospedale prevedeva uno strumento in grado di misurare il pH ematico, ma richiedeva grandi campioni da analizzare, e non poteva quindi essere ripetuto quotidianamente, finché non venne acquistato un pHmetro in grado di analizzare il valore di pH in maniera più semplice, con ridotte quantità ematiche. Questo rese possibile il monitoraggio dei pazienti in tempi più brevi, e il raggiungimento dei risultati in tempi minori, oltre che dare ovviamente una grande mano al mondo scientifico all'inquadramento fisiopatologico della poliomielite e dell'equilibrio acido-base. In questo modo i medici riuscirono a definire l'insufficienza respiratoria come risultato di una paralisi muscolare indotta proprio dalla poliomielite, con conseguente ritenzione di  $CO_2$ , che causava, diversamente da quanto ipotizzato in precedenza, un'acidosi respiratoria<sup>[12]</sup>.

Da questo evento, l'evoluzione in termini di parametri respiratori e tecniche di analisi ebbe un'impennata non indifferente: nel 1973 venne introdotto il primo emogas-analizzatore che permetteva di calcolare pH, pO<sub>2</sub> e pCO<sub>2</sub>, e via via l'implementazione di tecnologie e software sempre più avanzati, che con ridotte quantità di campioni permettono l'analisi di moltissimi parametri nonché elettroliti, caratteristiche dell'emoglobina e molto altro. Questo lo rese uno strumento efficace per la valutazione ed il monitoraggio dei pazienti critici, tanto che ad oggi non sono solo i laboratori ospedalieri a prevedere la presenza dell'emogas-analizzatore, ma questo è presente anche all'interno delle Unità Operative e mezzi di soccorso, facendo rientrare a tutti gli effetti l'emogasanalisi come test della categoria POCT ovvero, tutti quei test che vengono eseguiti direttamente sul luogo in cui vi sia necessità.

Fra le procedure più comunemente utilizzate per valutare la possibilità di un qualsiasi intervento a livello dell'arteria radiale vi è sicuramente il test di Allen, che prende nome dall'omonimo medico statunitense, inventore della tecnica, la cui descrizione è riconducibile ad un estratto pubblicato nella rivista "American Journal of the Medical Sciences" nel 1929, dove Edgar V. Allen analizzava la tromboangiite obliterante e le sue metodiche di diagnosi <sup>[13]</sup> analizzando che: "Se si sospetta un'ostruzione dell'arteria ulnare, le arterie radiali vengono localizzate dalle loro pulsazioni; l'esaminatore posiziona leggermente un pollice su ogni radiale, con le quattro dita di ogni mano dietro il polso del paziente, tenendo così leggermente il polso tra il pollice e le dita. Il paziente chiude le mani il più strettamente possibile per un periodo di un minuto per spremere il sangue dalla mano; l'esaminatore comprime ogni polso tra il pollice e le dita, occludendo così le arterie radiali; il paziente estende rapidamente le dita parzialmente mentre la compressione delle arterie radiali viene mantenuta dall'esaminatore. Si nota il ritorno del colore alla mano e alle dita. Negli individui con un albero arterioso intatto il pallore viene rapidamente sostituito da un rossore di grado superiore al normale." Utilizzato proprio per valutare la perfusione della porzione più distale dell'arto con il circolo collaterale, questo test ha subito delle modifiche nel tempo, proprio per adattarsi alla valutazione di entrambe le arterie. Il test viene definito negativo se nella norma, ossia se i tempi del ritorno della mano ad uno stato di colorazione normale sono ragionevolmente brevi (vengono accettati tempi di massimo 6/7 secondi per la riperfusione), se questi si protraggono più a lungo il test viene definito positivo, e vi sarà un probabile difetto di circolo arterioso, con

conseguente rischio di occlusione e successiva ischemia della parte distale dell'arto. Per cui andrà valutata l'altra mano come sito su cui eseguire la procedura. L'arteria radiale è comunemente utilizzata per l'esecuzione di numerose procedure, fra cui anche l'esecuzione di EGA o incannulamento della stessa per il monitoraggio emodinamico invasivo, a differenza di altri accessi del circolo arterioso questo viene definito come quello più sicuro dato che l'arteria anatomicamente poggia su un piano osseo rigido e di conseguenza risulta facilmente reperibile, inoltre, durante la puntura del vaso vi è minor rischio di intaccare altre strutture come ad esempio i plessi nervosi e altri tessuti circostanti in quanto meno presenti rispetto ad altre sedi (brachiale e femorale).

Come dimostrato da Romeu-Bordas et al. nel 2017 in uno studio pubblicato nella rivista spagnola "Emergencias"<sup>[14]</sup> e successivamente, nel 2021 da Golamari et al. in un articolo pubblicato nella rivista "The American Journal of the Medical Sciences"<sup>[15]</sup> il test di Allen non dovrebbe essere considerato un test ad elevata affidabilità di predizione di ischemia della mano, data la poca specificità e l'elevata soggettività dello stesso, proponendo metodiche alternative come l'ecografia doppler delle due arterie come metodo più affidabile e scarsamente equivocabile da una valutazione soggettiva.

È pur vero che il test di Allen, nonostante le sue numerose limitazioni, legate sia alla soggettività intrinseca al test e del professionista che lo esegue, ma anche a fattori come la temperatura corporea o la presenza di anomalie di circolo del paziente stesso, rimane ancora oggi uno dei metodi più utilizzati in ambito clinico per valutare la presenza di un adeguato circolo collaterale, soprattutto in contesti in cui non sempre si hanno a disposizione tecnologie alternative o magari non si ha una circostanza favorevole all'esecuzione di una valutazione più dettagliata. Come, ad esempio, nel caso di pazienti incoscienti quindi non collaboranti, in cui anche lo stesso test di Allen risulta di difficile applicazione, o nel contesto extraospedaliero, dove magari non in tutte le realtà è possibile utilizzare un ecografo. Queste situazioni vanno quindi a porre il professionista in una condizione in cui potrebbe trovarsi costretto ad eseguire una tecnica che non risulta essere la più efficace, ma in mancanza di altri strumenti risulta essere la più utile.

## Tecnologie POCT

Il Point-Of-Care Testing (POCT), per definizione, non è altro che un test clinico condotto vicino al paziente la cui caratteristica principale è quella di avere una rapida risposta nell'elaborazione dei risultati, quindi, fornire un valore ad un parametro ricercato.

I test di laboratorio tradizionali, per l'elaborazione dei risultati generalmente impiegano tempistiche più lunghe, dettate sia dal fatto che gli esami affluiscono “in massa” presso il singolo laboratorio centrale, ma anche per i tempi di consegna del materiale biologico e delle risposte. Il ritardo nel trattamento causato dai test di laboratorio tradizionali, che richiedono molto tempo, può ostacolare il processo decisionale clinico tempestivo <sup>[16]</sup>. Le finalità sono pertanto quelle di migliorare la qualità dell'assistenza e ottimizzare i percorsi di diagnosi e cura del paziente consentendo una più tempestiva decisione terapeutica, come rappresentato in figura (Fig. 1).

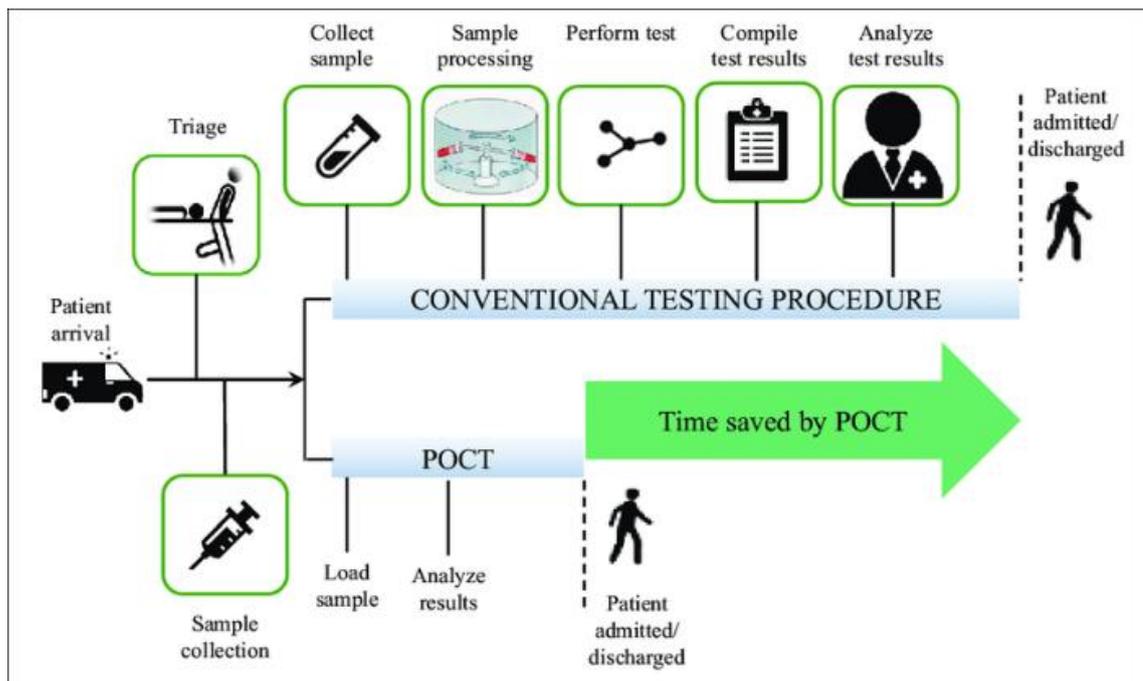


Figura 1: Riduzione delle tempistiche con l'adozione dei sistemi POCT.

Questo rende possibile la riduzione del “tempo senza cure”, o free therapy interval, e si traduce in un miglioramento dei risultati, soprattutto per quanto riguarda le patologie tempo-dipendenti. Un concetto simile al “door to balloon” per la riperfusione coronarica. St John, A., & Price, CP <sup>[17]</sup> determinano 4 punti chiave, necessari per poter considerare efficiente un test POCT, questo deve avere le seguenti caratteristiche:

- Deve essere semplice da utilizzare
- Deve essere robusto
- La risultati di analisi devono essere in linea con quelli del laboratorio
- Deve essere sicuro da utilizzare

Luppa, P. B., Müller, C., Schlichtiger, A., & Schlebusch, H. <sup>[18]</sup> hanno pubblicato una revisione nella rivista “Trends in Analytical Chemistry”, dove si andava a valutare l’approccio al paziente con l’utilizzo dei test POC, i benefici, gli utilizzi e l’efficacia dei POCT non solo in termini di tempo e quindi di scelte cliniche, ma anche un risvolto ai possibili sviluppi futuri, discutendo anche quali potrebbero essere le varie sedi, fra queste sono presenti anche ambulanze, elicotteri di soccorso e il contesto assistenziale di emergenza sul territorio.

Con la crescente evoluzione della tecnologia sottostante alle apparecchiature che consentono di eseguire questi test “in loco” sono stati sviluppati macchinari di dimensioni ridotte che consentono una misurazione accurata di moltissimi parametri, fra i più comuni ci sono test per l’emocromo, profilo di coagulazione, dosaggio degli enzimi cardiaci, EGA, glicemia, test urine, test per l’HIV e molti altri. In relazione all’EGA ad oggi esistono strumenti che rientrano nei POCT, definiti EPOC<sup>®</sup>, che consentono di ottenere informazioni estremamente accurate in merito all’assetto respiratorio e metabolico, direttamente nel luogo in cui si trova il paziente. <sup>[19]</sup> I dispositivi POCT più recenti, incluso l’EPOC<sup>®</sup> stesso, dispongono di funzioni di archiviazione dei dati in grado di raccogliere informazioni chiave al momento dell’esecuzione del test e successivamente trasmettere il risultato a un software di gestione dati POCT basato su un server collegato al sistema informatico dell’ospedale. Gli standard di connettività sviluppati di recente (ad esempio, POCT1-A o POCcelerator) consentono a diversi dispositivi POCT di condividere un’interfaccia comune. <sup>[18, 19]</sup> (Fig. 2)

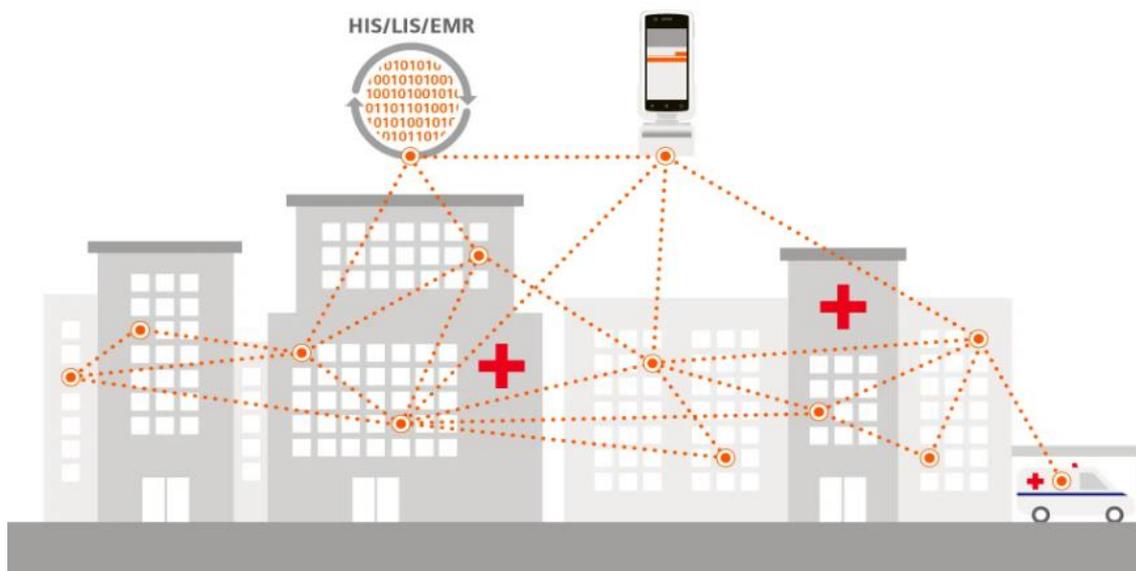


Figura 1: Connettività dei dispositivi POCT

Inoltre, l'azienda "SIEMENS Healthineers", produttrice dell'EPOC<sup>®</sup>, ha eseguito dei test per quanto riguarda l'efficacia della misurazione di alcuni parametri fondamentali misurabili con questo strumento, confrontandoli con altre apparecchiature ad oggi in uso in vari contesti, pubblicando tali risultati sottoforma di grafici. <sup>[20]</sup> (fig. 3)

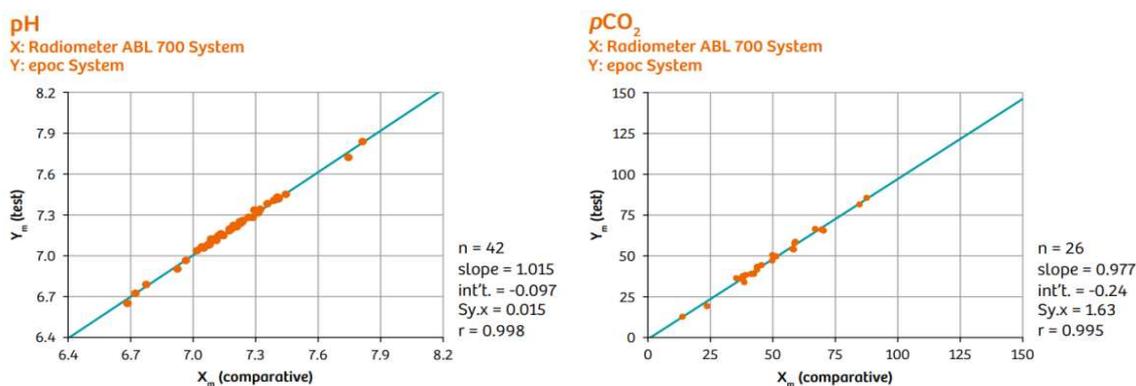


Figura 3: Confronto di pH e pCO<sub>2</sub> tra ABL700<sup>®</sup> ed EPOC<sup>®</sup>

Dai grafici si può dunque osservare che lo strumento EPOC<sup>®</sup> in relazione con lo strumento ABL700<sup>®</sup>, che comunque rappresenta un'ottima soluzione in contesti in cui si può utilizzare la strumentazione fissa, alla misurazione dei parametri presi in esame (pH e pCO<sub>2</sub>) non si discosta molto dai valori ottenuti con l'ABL700<sup>®</sup>, infatti le misurazioni si trovano rappresentate nel grafico intorno al valore medio (rappresentato con la linea azzurra) inoltre, incrociando le singole misurazioni la differenza risulta essere minima,

fornendo misurazioni accurate anche ben oltre il punto di cut-off convenzionale dei parametri presi in esame, in un range abbastanza ampio di misurazioni.

### **Utilità applicativa nel contesto extraospedaliero**

L'EGA è uno strumento diagnostico estremamente prezioso in una vasta gamma di contesti clinici. Tradizionalmente impiegato nelle unità di terapia intensiva (UTI), trova ampio utilizzo anche in ambito intraoperatorio, nelle unità di medicina interna e nei pronto soccorso. Di recente, l'EGA è stato introdotto anche nei mezzi di soccorso avanzato per valutare una serie di condizioni cliniche, sia di natura respiratoria che metabolica. L'integrazione di strumenti diagnostici, come l'ECG e l'ecografo portatile (POCUS), nei mezzi ALS, ha contribuito a ridurre i tempi di trasferimento verso centri specializzati, come i dipartimenti di emergenza di secondo livello (DEA), per trattare patologie specifiche come traumi, STEMI e ictus. Allo stesso modo l'EGA, in questo contesto, può svolgere un ruolo cruciale in diverse fasi, come il trasferimento, o la centralizzazione direttamente da territorio, verso centri iperbarici per trattare malattie respiratorie.

Inoltre, l'EGA è fondamentale nella decisione terapeutica, ad esempio per la somministrazione precoce di KCl in caso di squilibri elettrolitici (ipo- o iperkaliemia), rilevati dall'ECG e confermati tramite analisi ematiche, o nella valutazione del rapporto P/F per determinare la gravità di un'insufficienza respiratoria. In situazioni in cui il mezzo ALS opera senza la presenza di un medico, la tecnologia offre un valido supporto al personale infermieristico. Come avviene con l'ECG, i dispositivi portatili per l'analisi dei gas ematici possono trasmettere i referti in tempo reale a distanza, permettendo una visualizzazione immediata e l'impostazione di una terapia tempestiva, qualora non sia già prevista dai protocolli.

## **OBBIETTIVO**

L'obiettivo di questa tesi è analizzare e valutare criticamente, attraverso una revisione sistematica della letteratura, l'efficacia e l'utilità dell'emogasanalisi (EGA) nel contesto dell'emergenza territoriale, con particolare attenzione al ruolo dell'infermiere. In un ambiente caratterizzato da urgenza e complessità clinica, l'infermiere svolge un ruolo cruciale non solo nell'assistenza diretta al paziente, ma anche nella raccolta e gestione di dati clinici fondamentali per il processo decisionale. L'EGA, in quanto strumento diagnostico immediato e preciso, può rappresentare un valido supporto per gli infermieri nella valutazione tempestiva delle condizioni critiche del paziente, facilitando l'identificazione di situazioni di rischio come l'insufficienza respiratoria e i disordini metabolici o acido-base. Attraverso l'analisi della letteratura, la revisione mira a esplorare il contributo dell'emogasanalisi nell'ottimizzazione degli interventi infermieristici e medici, valutando come la sua implementazione possa migliorare la tempestività e la qualità delle cure, oltre a favorire una collaborazione più efficace tra il personale infermieristico e medico. Verranno inoltre discussi i limiti pratici e le sfide operative nell'uso dell'EGA in contesti pre-ospedalieri, con particolare riferimento al ruolo dell'infermiere nel garantire una corretta interpretazione dei risultati e un'applicazione immediata nel processo assistenziale. La tesi si propone infine di delineare prospettive future sull'integrazione dell'EGA nella pratica infermieristica dell'emergenza territoriale, con l'obiettivo di ottimizzare i protocolli operativi e migliorare gli esiti clinici per i pazienti.

## **MATERIALI E METODI**

- **Descrizione del problema**

Il paziente critico, data la sua complessità, per definizione deve essere trattato in maniera rapida e sicura da parte dei professionisti che intervengono, nel contesto extraospedaliero la situazione risulta ancora più difficile soprattutto data la mancanza di strumenti che potrebbero ritardare alcuni interventi. L'introduzione di un emogas-analizzatore potrebbe essere un punto di svolta nella gestione di alcune condizioni.

- **Quesito di ricerca**

Il quesito di ricerca è stato elaborato attraverso il metodo PIO, ossia Paziente, Intervento, Outcomes come rappresentato in tabella (Tab.2):

P	Popolazione/Paziente	Pazienti critici adulti nel contesto extraospedaliero
I	Intervento	Utilizzo dell'EGA come strumento di valutazione
O	Esiti	Riduzione del therapy free interval e miglioramento della qualità assistenziale

Tabella 2: Metodo PIO adottato

- **Metodi di ricerca delle evidenze**

Per eseguire la revisione della letteratura è stata fatta una ricerca principalmente sulla banca dati di PubMed, dove sono stati estratti degli articoli pubblicati sulle riviste scientifiche di “American Journal of Medical Sciences”, “Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine”, “Clinical Chemistry”, “BMC Medicine” inoltre sono state visionate alcune schede tecniche delle apparecchiature prese in esame prodotte da “SIEMENS healthineers”.

- **Criteri di selezione delle evidenze**

La ricerca ha portato ad una prima selezione di 31 articoli potenzialmente validi, successivamente con l'adozione di criteri di esclusione ed un'analisi più accurata sono stati estratti 10 articoli. Per la selezione delle evidenze sono stati utilizzati diversi criteri di inclusione e di esclusione:

Negli studi selezionati il campione doveva essere composto da soggetti adulti che versavano in condizioni critiche in un contesto extraospedaliero a cui è stato fatto un prelievo arterioso e analizzato in loco. Gli studi presi in esame per la revisione sono stati pubblicati da 1996 al 2023 e condotti in Europa o in America Settentrionale. I criteri di esclusione prevedevano la presenza pazienti cronici, studi che non prevedevano l'analisi istantanea del prelievo arterioso nonostante questo fosse eseguito in loco, studi che

prendevano in considerazione esclusivamente l'analisi di un prelievo venoso e studi condotti all'interno della struttura ospedaliera, quindi non in extraospedaliero.

Le parole chiave inserite nella barra del motore di ricerca PubMed sono state:

- "Allen's test"
- "Ambulance"
- "Arterial blood gas"
- "Blood gas analysis"
- "Blood gas"
- "Carbon monoxide poisoning"
- "Diagnostic aids on the prehospital scene"
- "Emergency medical service"
- "EMS"
- "EPOC®"
- "Lactate"
- "Nurse"
- "Out of hospital"
- "pCO<sub>2</sub>"
- "pH"
- "POCT"
- "Point of care"
- "Pre-hospital emergency"
- "Protocol"

Gli operatori booleani con cui sono state unite le parole chiave sono stati "AND" ed "OR". Altre ricerche sono state eseguite su altri motori di ricerca come Google con le stesse parole chiave.

## **RISULTATI**

I 10 articoli sono stati presi in esame, una volta analizzati sono stati estratti i risultati. Gli articoli selezionati sono stati descritti nella tabella di estrazione dei dati (Tab.3)

Titolo	Autori ed anno di pubblicazione	Tipologia di studio	Risultati
Implementation of the ABL-90 blood gas analyzer in a ground-based mobile emergency care unit	Mikkelsen, Søren et al. 2015	Studio pilota	È stato possibile introdurre con successo la possibilità di effettuare analisi complete dei gas ematici in regime pre-ospedaliero in un mezzo di soccorso.
Utilization, Reliability, and Clinical Impact of Point-of-Care Testing during Critical Care Transport: Six Years of Experience	Amy C. Gruszecki et al. 2003	Studio retrospettivo osservazionale	Lo studio ha dimostrato che il Point-of-Care Testing (POCT) durante il trasporto di pazienti critici è risultato affidabile, con un tasso di errore analitico molto basso. L'uso di POCT ha migliorato la gestione clinica, permettendo decisioni terapeutiche più rapide e adeguate in situazioni di emergenza. I parametri maggiormente monitorati includevano gas nel sangue e parametri biochimici, con un impatto significativo sulla diagnosi precoce e il trattamento tempestivo di condizioni critiche.
Hemogasanalysis Point of Care (EPOC) in Pre-Hospital: The Importance of An Early Diagnosis of Silent Hypoxemia in a Context of Scarce Health-Care Resources.	Sara Montemerani et al. 2021	Studio osservazionale	Sono stati raccolti un totale di 48 pazienti affetti da SARS-CoV-2, rispettivamente 28 uomini e 20 donne. 19 dei 48 pazienti affetti da SARS-CoV-2 presentavano ipossiemia silente identificata con l'emogas-analizzatore ospedaliero (gold standard). Non hanno fatto riferimento alla dispnea o non hanno mostrato un aumento del lavoro respiratorio durante la valutazione clinica. Questi pazienti presentavano una tensione di ossigeno nel sangue arterioso (PaO <sub>2</sub> ) inferiore a 60 mmHg. L'EPOC <sup>®</sup> ha identificato 20 casi di ipossiemia silente invece dei 19 identificati con l'analizzatore di gas ematici ospedalieri (sensibilità 100%, specificità 97%, VPP 95%, VPN 100% con IC 95%). Il pulsossimetro ha rilevato 21 casi di ipossiemia silente (sensibilità 100%, specificità 94%, VPP 89%, VPN 100% con IC 95%). Il test del cammino di 6 minuti ha rilevato solo 11 dei 19 casi di ipossiemia silente perché il test è stato interrotto in 5 casi e non è stato eseguito in altri 3 casi.

<p>Prehospital blood gas analyses in acute patients treated by a ground-based physician-manned emergency unit: a cohort study</p>	<p>Walther, Louise Houlberg et al. 2023</p>	<p>Studio di coorte</p>	<p>Lo studio analizzato ha esaminato l'impatto dell'emogas analisi (EGA) in un contesto pre-ospedaliero. I risultati principali mostrano che l'EGA ha aumentato la precisione diagnostica nel 76% dei casi, rispetto al 68% dei pazienti senza accesso a questa analisi. Nonostante ciò, l'analisi non ha mostrato differenze significative tra i due gruppi per quanto riguarda il numero di diagnosi pre-ospedaliere precise, in particolare per le diagnosi non specifiche.</p>
<p>Prehospital arterial hypercapnia in acute heart failure is associated with admission to acute care units and emergency room length of stay: a retrospective cohort study</p>	<p>Fabre et al. 2021</p>	<p>Studio di coorte retrospettivo</p>	<p>Sono stati analizzati un totale di 106 pazienti con diagnosi di AHF. L'ipercapnia è stata riscontrata in 61 pazienti (58%) e i segni vitali erano più gravemente alterati in questo gruppo. Il tasso di ricovero complessivo per ACU è stato del 48%, con una differenza statisticamente significativa tra pazienti ipercapnici e non ipercapnici (59% vs 33%, <math>p = 0,009</math>). La degenza al pronto soccorso era più breve nei pazienti ipercapnici (5,4 ore vs 8,9 ore, <math>p = 0,016</math>).</p>
<p>Association between prehospital arterial hypercapnia and mortality in acute heart failure: a retrospective cohort study</p>	<p>Fabre et al. 2021</p>	<p>Studio di coorte retrospettivo</p>	<p>Sono stati inclusi 225 pazienti nell'analisi. L'ipercapnia preospedaliera è stata riscontrata in 132 pazienti (58,7%). La mortalità intraospedaliera è stata più alta nei pazienti con ipercapnia (17,4% [23/132] vs 6,5% [6/93], <math>p = 0,016</math>), con un odds-ratio grezzo di 3,06 (IC 95% 1,19-7,85). Dopo l'aggiustamento per le covariate pre-specificate, l'OR aggiustato era 3,18 (IC 95% 1,22-8,26). Anche la mortalità complessiva a 7 giorni era più alta nei pazienti ipercapnici (13,6% contro 5,5%, <math>p = 0,044</math>) e la LOS al pronto soccorso era più breve in questa popolazione (5,6 ore contro 7,1 ore, <math>p = 0,018</math>).</p>

Präklinische Blutgasanalyse Gerätebeschreibung – Erste Erfahrungen – Indikationen	Hetz, H., Prause, G., Tesar, H. <i>et al.</i> 1996	Studio osservazionale descrittivo	Sono stati prelevati 49 campioni da 24 pazienti e sono stati trovati 16 indicazioni per l'intervento terapeutico, come il tamponamento dell'acidosi metabolica e la regolazione della ventilazione meccanica mediante EGA. In tutti i casi, l'analizzatore ha funzionato in modo affidabile.
Prehospital point of care testing of blood gases and electrolytes - an evaluation of IRMA	Prause, G., Ratzenhofer-Komenda, B., Offner, A. <i>et al.</i> 1997	Studio pilota	I medici d'urgenza hanno ritenuto utile nel 72% dei casi la conoscenza dei gas ematici e/o degli elettroliti. Questa conoscenza ha portato a conseguenze terapeutiche immediate nel 52% di tutti i casi. Dopo una breve sessione di formazione e familiarizzazione, la gestione del dispositivo è risultata priva di problemi.
Prehospital arterial blood gas analysis after collapse connected to triathlon participation	Ettrup-Christensen, Asbjørn <i>et al.</i> 2017	Case report	Il case report ha evidenziato come l'emogas pre-ospedaliera abbia identificato squilibri come iponatriemia e acidosi lattica in atleti che hanno avuto un collasso durante una gara di triathlon. Questi risultati hanno aiutato a migliorare il trattamento immediato sul campo, con somministrazione mirata di fluidi e gestione degli elettroliti, suggerendo che l'EGA può essere un utile strumento nelle emergenze extraospedaliere, riducendo gli accessi in pronto soccorso
Diagnostic value of prehospital arterial blood gas measurements – a randomised controlled trial	Zwisler, S.T., Zincuk, Y., Bering, C.B. <i>et al.</i> 2019	RCT	Lo studio ha mostrato che l'analisi pre-ospedaliera dei gas nel sangue ha migliorato la gestione dei pazienti. Il gruppo con analisi EGA ha visto una sensibilità del 94% e una specificità del 92%. Inoltre, il trattamento mirato ha portato a un tasso di intervento terapeutico maggiore del 30% rispetto al gruppo senza EGA, con un miglioramento della gestione ventilatoria e della somministrazione di fluidi.

Tabella 3: Tabella di estrazione dei dati principali

Lo studio condotto da Mikkelsen, Søren et al. (2015) <sup>[21]</sup> si proponeva come obiettivo quello di valutare la fattibilità nell'implementazione di un emogas-analizzatore ABL-90<sup>®</sup> all'interno di un mezzo di soccorso Danese, eseguendo dei test durante il periodo dello studio. Inizialmente i test portarono a risultati scarsi, ossia l'analizzatore sottoposto a varie forze di accelerazione nell'ordine di 1,5-1,95 g risultava inefficace. Successivamente, a seguito delle modifiche all'apparato di supporto e di analisi dei campioni, l'ABL-90<sup>®</sup> ha dato buoni risultati circa il suo funzionamento in questo contesto. Al fine di garantire risultati corretti, la convalida delle analisi dei campioni di sangue è stata eseguita dal Dipartimento di Biochimica Clinica dell'Ospedale Universitario di Odense. Lo studio ha valutato anche la parte relativa ai costi per l'utilizzo dell'apparato: per ogni unità ospitante l'ABL-90<sup>®</sup> sono stati necessari 15.000€ per il costo dell'apparecchiatura, e annualmente circa 11.500€ per affrontare i costi indiretti, ossia manutenzione e materiale di consumo.

In uno studio condotto dall'Università dell'Alabama a Birmingham, Gruszecki C.A. et al. (2003) <sup>[22]</sup> si poneva come obiettivo quello di valutare l'efficacia dell'utilizzo dell'emogasanalisi POCT durante il trasporto di pazienti critici. Il contesto di applicazione era un mezzo di trasporto (ambulanza-elisoccorso) con personale sanitario a bordo costituito da un medico anestesista, che poteva trovarsi anche semplicemente in contatto radio, un terapeuta respiratorio e un infermiere. Dall'inizio dello studio sono stati valutati un totale di 4276 potenziali pazienti da trasportare, di questi, 6 non sono stati trasportati perché in arresto cardiocircolatorio alla valutazione iniziale. Nel corso dei 6 anni di test, il tasso di utilizzo dell'EGA per caso variava dal 18% all'11% all'anno. La maggior parte dei test, il 77% (n=505), è stata eseguita in ospedale prima del trasporto, con alcuni test eseguiti in ambulanza (14%; n=92) o nell'elisoccorso (7%; n=47). L'8% (n=50) dei test è stato eseguito in più siti, ad esempio ospedale e ambulanza, ospedale ed elisoccorso, ambulanza ed elisoccorso. I pazienti con gravità maggiore (40%) presentavano condizioni parzialmente stabili, necessitavano di un monitoraggio frequente, erano a rischio moderato di complicanze e di solito venivano ricoverati nell'unità di terapia intensiva. I pazienti considerati in condizioni discrete (21%) erano stabili, necessitavano di un monitoraggio minimo, erano a basso rischio di complicanze e sono stati ricoverati in ospedale. Circa il 66% della POCT è stato eseguito su pazienti classificati come critici, con un uso meno frequente su pazienti classificati come gravi

(30%) o discreti (4%). Nello studio sono stati valutati anche i fallimenti dell'analisi e le motivazioni, affermando che questi rappresentano circa il 7%. I motivi di questi sono stati il guasto della cartuccia (55%), l'errore dell'operatore (42%) o il guasto dell'analizzatore che ha richiesto la riparazione da parte del produttore (3%). È importante sottolineare che, in tutti i casi di questi guasti, i risultati non sono stati riportati perché l'analizzatore ne ha soppresso la visualizzazione. Dallo studio si evidenzia che il POCT ha determinato un cambiamento del trattamento nel 30% dei pazienti trasportati. Questi pazienti presentavano diverse diagnosi, tra cui traumi, problematiche cardiache e polmonari non specificate, trapianti e parti prematuri. Lo studio ha inoltre identificato gli interventi terapeutici più comuni adottati in base alla patologia, riassumendo i dati in una tabella. (Tab.4)

Analisi	Trattamento/i	Resa
Gas ematici	Regolare le impostazioni del ventilatore, IOT, Regolare O <sub>2</sub> , ad es. maschera o cannula nasale, somministrare tensioattivo, somministrare albuterolo.	23%
Elettroliti	Iniziare o regolare liquidi E.V., iniziare o interrompere il potassio (KCl), somministrare bicarbonato, somministrare gluconato di calcio o cloruro di calcio	16%
Ematocrito	Trasfusioni di sangue	5%
Glucosio	Somministrare/interrompere insulina, somministrare destrosio	5%

Tabella 4: Interventi terapeutici adottati in relazione al quadro patologico valutato con il POCT

Lo studio italiano condotto da Montemerani et al. (2021) <sup>[23]</sup> si proponeva di analizzare l'efficacia dell'implementazione dell'EGA nel sistema di emergenza-urgenza nella realtà toscana durante il periodo pandemico da SARS-CoV-2. È stato quindi raccolto un campione di 48 pazienti, 28 uomini e 20 donne, tutti e 48 sono stati valutati dalla squadra ALS, 36 di questi sono stati centralizzati in ospedale per il proseguo delle cure date le gravi patologie associate quali immunosoppressione, BPCO etc. mentre i restanti 12 pazienti sono stati indirizzati verso un percorso domiciliare. I pazienti valutati sono stati sottoposti a 3 test: l'Emogas, la pulsossimetria e il test del cammino per 6 minuti. L'EPOC<sup>®</sup> ha identificato 20 casi di ipossiemia silente invece dei 19 identificati con l'analizzatore di gas ematici ospedalieri (sensibilità 100%, specificità 97%, VPP 95%, VPN 100% con IC 95%). Il pulsossimetro ha rilevato 21 casi di ipossiemia silente

(sensibilità 100%, specificità 94%, VPP 89%, VPN 100% con IC 95%). Il test del cammino di 6 minuti ha rilevato solo 11 dei 19 casi di ipossiemia silente perché il test è stato interrotto in 5 casi e non è stato eseguito in altri 3 casi.

Lo studio di Louise Houlberg Walther et al. (2023) <sup>[24]</sup> ha utilizzato l'EGA pre-ospedaliero come indicatore prognostico, valutando gli esiti clinici dei pazienti presi in esame. Dal 1° gennaio 2015 al 31 dicembre 2018 sono stati prelevati un totale di 841 emogasanalisi in 797 pazienti, mentre l'unità mobile di cura d'emergenza (MECU) ha trattato un numero totale di 9015 pazienti (8,8%, IC 95%: 8,3%-9,5%). In 42 casi, l'emogasanalisi arteriosa non è stata attribuita in modo inequivocabile a un paziente identificabile. Un paziente è emigrato dalla Danimarca poco dopo l'inclusione nello studio ed è stato perso al follow-up. 745 misurazioni sono state prese in considerazione per lo studio. In 94 casi (12,6%), i pazienti sono stati trattati in regime pre-ospedaliero senza la necessità di un successivo trasporto in ospedale. In 13 di questi 94 casi (13,8%), i pazienti sono stati dichiarati morti sul posto. Il tasso di ricovero ospedaliero è stato del 63,9% (IC 95%: 60,3-67,3) con una durata mediana della degenza in ospedale di 5 giorni (IQR: 2-9 giorni). Di tutti i pazienti trattati in regime pre-ospedaliero, il 27,2% (IC 95%: 24,1-30,6%) è stato ricoverato in terapia intensiva, il 21,6% (IC 95%: 18,7-24,7%) ha ricevuto ventilazione meccanica, il 14,0% (IC 95%: 11,6-16,7%) ha ricevuto una terapia vasopressore e l'11,1% (IC 95%: 9,0-13,6%) è stato sottoposto a un'operazione precoce entro le prime 24 ore dal ricovero. La popolazione totale dello studio aveva un tasso di mortalità a 7 giorni del 20,0% (IC 95%: 17,2-23,1) con un rischio crescente a età più elevate. I parametri prese in esame sono stati pH, PCO<sub>2</sub> e lattati, bassi livelli di pH e di CO<sub>2</sub>, il rischio di mortalità a 7 giorni è aumentato con un OR = 5,13 (IC 95% 1,8-14,1, *p* = 0,002) rispetto ai pazienti con bassi livelli di pH e CO normale. I dati hanno inoltre mostrato che i livelli di lattato, pH e CO<sub>2</sub> sono stati significativamente associati al rischio di mortalità, con un aumento del rischio legato a livelli elevati di lattato e deviazioni del pH.

I due studi di Fabre et al, (2021) <sup>[25-26]</sup> hanno posto osservazione all'esecuzione dell'EGA in pre-ospedaliero e come questo potesse essere utilizzato come indice prognostico affidabile, sia per quanto riguarda il ricovero in UTI che la mortalità.

Nel primo studio di Fabre et al. (2021a) <sup>[25]</sup> i risultati ottenuti sono stati ricavati partendo da un campione di 17.997 pazienti, che sottoposto successivamente a dei criteri di esclusione, è diventato di 106 pazienti. Sono stati analizzati un totale di 106 pazienti con diagnosi di AHF. L'ipercapnia è stata riscontrata in 61 pazienti (58%) e i segni vitali erano più gravemente alterati in questo gruppo. Il tasso di ricovero complessivo per ACU è stato del 48%, con una differenza statisticamente significativa tra pazienti ipercapnici e non ipercapnici (59% vs 33%,  $p = 0,009$ ). La durata di degenza in pronto soccorso era più breve nei pazienti ipercapnici (5,4 ore vs 8,9 ore,  $p = 0,016$ ).

Nel secondo studio di Fabre et al. (2021b) <sup>[26]</sup> invece si partiva da un campione grezzo di 19.953 pazienti, una volta sottoposti i criteri di esclusione questo si è ridotto a 225. Complessivamente, i pazienti avevano un'età media di 83,9 anni (con il 27,6% di loro di 90 anni o più) e il 58,7% di loro aveva ipercapnia pre-ospedaliera. La mortalità ospedaliera complessiva è stata del 12,9% ed è risultata significativamente più alta nei pazienti con ipercapnia pre-ospedaliera rispetto a quelli senza (17,4% vs 6,5%,  $p = 0,016$ ).

Lo studio di Hetz, H., Prause, G., Tesar, H. et al. (1996) <sup>[27]</sup> ha introdotto l'emogasanalisi nei mezzi di soccorso di Graz, in Austria. Gli autori hanno utilizzato il dispositivo per 7 mesi, definendo anche le caratteristiche per i pazienti candidati all'EGA (rianimazione cardiopolmonare prolungata, la ventilazione meccanica, l'aumento della pressione intracranica, l'insufficienza respiratoria e i disturbi metabolici.). Durante lo studio sono stati prelevati 49 campioni da 24 pazienti, trovando 16 indicazioni per l'intervento terapeutico.

Prause, G., Ratzenhofer-Komenda, B., Offner, A. et al. (1997) <sup>[28]</sup> appena un anno dopo hanno eseguito uno studio che mirava a valutare la fattibilità nell'esecuzione dell'analisi dei gas ematici ed elettroliti nell'extraospedaliero in regime di emergenza-urgenza. Durante il periodo di osservazione (aprile-settembre 1996) sono state tentate 32 analisi su 25 pazienti. 11 di questi campioni non hanno potuto essere misurati a causa di problemi con le singole cartucce: due erano danneggiati e nove hanno dovuto essere sostituiti e la procedura ripetuta a causa dell'indicatore di "errore cartuccia". Complessivamente sono stati analizzati 25 campioni ottenuti da 21 pazienti. In 18 dei 25 casi (72%) le misurazioni

sono state utili per la diagnosi e hanno portato a conseguenze terapeutiche in 13 pazienti (52%).

Nel case report di Ettrup-Christensen, Asbjørn et al. <sup>[29]</sup> sono stati invece presi in esame due soggetti che hanno avuto un collasso a seguito di una gara di triathlon, sottoposti ad assistenza da parte dei sanitari intervenuti è stato proposto loro di eseguire delle misurazioni di alcuni parametri tramite EGA. Il primo paziente ha riportato valori alterati di pH = 7,49, pCO<sub>2</sub> = 33,3 mmHg, Na = 131 mmol/L, K = 4,9 mmol/L e Lattati = 3,2 mmol/L inoltre presentava una scala Glasgow (GCS) = 13. Il secondo paziente presentava a seguito del collasso valori alterati per quanto riguarda il pH = 7,54, pCO<sub>2</sub> = 31,6 mmHg e lattati 1,7 mmol/L con una GCS = 14. Il trattamento eseguito direttamente sul posto dai sanitari, coadiuvati dall'esame diagnostico, ha fatto sì che i pazienti non dovessero essere trasportati in ospedale.

Nello studio danese di Zwisler, S.T., Zincuk, Y., Bering, C.B., et al. (2019) <sup>[30]</sup> si è cercato invece di capire quanto l'accesso all'EGA porti una sicurezza maggiore ai sanitari per quanto riguarda l'impostazione della terapia e l'enunciazione della diagnosi. Durante il periodo di studio di 22 mesi, il MECU è stato coinvolto in 7332 interventi che hanno trattato un totale di 737 pazienti critici che dovevano essere ricoverati in ospedale con l'equipe sanitaria. Di questi pazienti, 310 sono stati inclusi nello studio. Lo studio è stato strutturato in modo da dividere i pazienti in 2 gruppi, uno che prevedeva l'esecuzione dell'EGA e uno no-EGA, che quindi non lo prevedeva. Dei 310 pazienti totali successivamente con l'introduzione dei criteri di esclusione sono stati ricavati un totale di 222 pazienti, successivamente randomizzati nei 2 gruppi. In 86 dei 102 pazienti randomizzati al gruppo EGA (84,3%), l'esame come modalità diagnostica supplementare è stata percepita come cruciale, di maggiore importanza o di moderata importanza per la selezione delle opzioni di trattamento. Nei 120 pazienti randomizzati al gruppo noEGA, gli anestesisti hanno riferito che la presenza dell'EGA sarebbe stata di importanza cruciale, di maggiore importanza o di importanza moderata in 73 casi ( $p < 0,0001$ ). In 71 degli 86 pazienti in cui l'analisi EGA è stata considerata importante per la selezione delle opzioni di trattamento (82,5%), portando ad un totale di 159 interventi, come ventilazione, intubazione o correzione degli elettroliti. Gli interventi effettuati a seguito degli EGA sono stati estrapolati ed inseriti in una tabella (Tab. 5)

Numero di interventi (n°=159)	Correzione secondo Emogas
13	PaO2
28	PaCO2
1	Antidoto
1	Glucosio
26	Correzione dell'acidosi (metabolica/respiratoria)
6	Correzione degli elettroliti
22	Ventilazione
10	Intubazione
3	Astensione dall'intubazione
9	Sostituzione dei fluidi
5	Aumento codice di gravità
7	Diminuzione codice di gravità
7	Centralizzazione in altra struttura
3	Trattamento della sepsi ed emocoltura
7	Farmaci aspecifici
11	Interventi vari*
*misurazione del monossido di carbonio allo scopo di valutare la necessità di ricovero ospedaliero, trattamento sospeso a causa di paziente moribondo o trattamento sospeso a causa della condizione normale del paziente.	

Tabella 5: Raccolta delle decisioni intraprese a seguito della visualizzazione dell'EGA

## DISCUSSIONE

Molti studi hanno posto interesse in merito all'introduzione dell'emogas in ambienti che solitamente ne sarebbero sprovvisti, spesso per limiti tecnologici. Ed è proprio di limiti che tratta il primo studio preso in esame, nello studio di fattibilità pubblicato nella rivista "Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine" da Mikkelsen et al. (2015) <sup>[21]</sup>. Viene trattata la possibilità di implementare un emogas-analizzatore ABL-90<sup>®</sup> in un mezzo di soccorso Danese, con a bordo personale sanitario. Inizialmente lo studio non portò buoni risultati circa l'affidabilità dello strumento, principalmente per ragioni legate alle caratteristiche dello strumento che non sopportava il trasporto nel mezzo di soccorso, andando ad inficiare sull'analisi del campione. Successivamente, con alcune modifiche alla stazione di ricarica l'analizzatore si è dimostrato efficace. Alcuni esempi in cui è stato applicato sono lo shock settico, con la misurazione dei lattati e del

pH, la broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) e l'intossicazione da monossido di carbonio (CO). Il dispositivo utilizzato in questo studio prevedeva anche la trasmissione telematica dell'analisi direttamente all'ospedale di invio del paziente. Da questo studio le unità mobili di soccorso danesi hanno introdotto la possibilità di eseguire EGA direttamente sul territorio. Dallo studio sono stati inoltre ricavati i costi affrontati per singola unità, che però non sono stati commentati. La sfida principale è stata quindi quella di adattare l'emogas-analizzatore alle forze in gioco nel contesto del trasporto, altri studi invece hanno ovviato questo problema semplicemente adottando dispositivi progettati per essere portatili. Ad esempio, Gruszecki C.A. et al. (2003) <sup>[22]</sup>, nello studio ha valutato l'applicazione dell'EGA nel contesto del trasporto sanitario, in ambulanza ed elisoccorso, di pazienti critici con un analizzatore portatile. I risultati sono stati soddisfacenti, l'utilizzo è stato incentrato principalmente ai pazienti che presentavano una criticità maggiore, e tipicamente l'esecuzione era seguita da una correzione dei parametri con procedure che altrimenti non si sarebbero eseguite fino all'arrivo in struttura, o comunque sarebbero state eseguite in ritardo. Lo studio ha tenuto in considerazione le casistiche in cui il dispositivo non ha svolto correttamente l'analisi del campione, queste per una gran parte erano dovute ad un errore dell'operatore, fattore modificabile che potrebbe essere ridotto attraverso un percorso di formazione più approfondito per l'utilizzo del dispositivo, nonostante l'errore sia comunque un fattore intrinseco della persona. Una peculiarità di questo studio è che il medico non sempre era presente all'interno del mezzo di soccorso, e la restante parte dell'equipe sanitaria lavorava sotto prescrizione a distanza. Anche in Italia si sta assistendo a un crescente interesse per i POCT in ambito pre-ospedaliero. Questo interesse è cresciuto ulteriormente negli ultimi anni, in particolare a seguito della pandemia di SARS-CoV-2 nel 2020, che ha reso indispensabile una diagnostica più specifica e capillare sul territorio. La pandemia ha infatti aggravato la carenza di personale sanitario, costringendo il sistema a ottimizzare al massimo le risorse disponibili, evitando il sovraffollamento degli ospedali e garantendo che i pazienti fossero indirizzati verso il percorso di cura più appropriato. In molti casi, ciò includeva l'inizio del trattamento già sul territorio. In questo contesto complesso, l'azienda USL Toscana Sud-Est ha introdotto l'uso di emogas-analizzatori portatili EPOC® nei mezzi ALS, consentendo l'esecuzione dell'esame direttamente sul luogo dell'intervento. L'introduzione di questa tecnologia diagnostica in un periodo di crisi ha evidenziato

ancora di più l'importanza di strumenti pre-ospedalieri avanzati. Lo studio condotto da Sara Montemerani, Asia Urbanelli, Silvia Cini et al. (2021) <sup>[23]</sup> ha osservato che, in una fase critica per l'Italia, caratterizzata da un'emergenza sanitaria nazionale, l'uso di un emogas-analizzatore portatile, wireless, preciso e facile da utilizzare, ha rappresentato una svolta per quanto riguarda la valutazione dei pazienti a domicilio. Questo dispositivo ha consentito valutazioni accurate direttamente in loco, migliorando così la gestione dei pazienti e l'efficienza del sistema sanitario, consentendo ai sanitari la possibilità di non ospedalizzare in caso di comprovata non necessità, nello studio infatti l'EGA veniva utilizzato in associazione ad altre tecniche di valutazione dell'ipossiemia silente, pulsossimetria e test del cammino di sei minuti, dimostrandosi la tecnica più precisa fra le tre.

L'EGA si è rivelato un tassello fondamentale non solo nel trattamento e nella formulazione della diagnosi dei pazienti critici. Difatti un recente studio condotto da Louise Houlberg Walther et al. (2023) <sup>[24]</sup>, pubblicato sulla rivista "Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine", ha esaminato gli esiti dei pazienti trattati in ambito pre-ospedaliero, concentrandosi su parametri come pH, pCO<sub>2</sub> e lattati. Lo studio ha rilevato una correlazione significativa tra l'alterazione di questi parametri e la prognosi dei pazienti. In particolare, alterazioni nei livelli di pH e pCO<sub>2</sub>, così come un aumento dei lattati, sembrano essere indicatori di esiti clinici meno favorevoli, suggerendo l'importanza di monitorare attentamente tali valori per orientare le decisioni terapeutiche e migliorare l'efficacia del trattamento pre-ospedaliero. Questo non è l'unico studio che utilizza l'EGA come indicatore prognostico di determinate patologie, infatti nel 2021, due studi condotti a Ginevra, in Svizzera, da Fabre et al. e pubblicati sulla rivista "BMC Emergency Medicine" valutano l'associazione fra l'ipercapnia arteriosa misurata in sede pre-ospedaliera, ricovero in UTI <sup>[25]</sup> e mortalità <sup>[26]</sup> nei pazienti affetti da scompenso cardiaco acuto, riscontrandone una positività. In questo contesto la misurazione sul territorio è possibile grazie ad un emogas-analizzatore presente dal 2016 nei mezzi di soccorso. L'idea di utilizzare l'EGA in contesti non convenzionali non è, come magari si potrebbe erroneamente credere, una pratica così recente nel settore di soccorso sanitario. Hetz, H., Prause, G., Tesar, H. et al. nel 1996 <sup>[27]</sup> hanno esaminato gli effetti dell'implementazione di un dispositivo per l'analisi dei gas ematici in un mezzo di soccorso sanitario di Graz, in Austria, limitatamente ad alcune tipologie di pazienti:

pazienti sottoposti a rianimazione cardiopolmonare (RCP), la ventilazione controllata, l'iperventilazione in caso di aumento della pressione intracranica, insufficienza respiratoria e disturbi metabolici. Il dispositivo era in grado di misurare i vari parametri in tempi estremamente ridotti, dai 3 ai 6 minuti, portando quindi i sanitari ad impostare terapie specifiche per la singola patologia in tempi altrettanto ridotti. Gli autori definiscono l'emogas-analizzatore utilizzato come "un utile aggiunta ai convenzionali metodi di monitoraggio nelle applicazioni pre-ospedaliere". Successivamente a questo studio, Prause, G., Ratzenhofer-Komenda, B., Offner, A. et al. a distanza di un anno, nel 1997, <sup>[28]</sup> hanno potuto confermare quanto ipotizzato precedentemente, attraverso la valutazione dell'utilizzo della macchina per eseguire i test. È stato infatti visto che l'esecuzione dell'EGA ha portato ad una variazione dell'approccio terapeutico in più della metà delle casistiche, l'utilizzo aggiuntivo dell'EGA ha fornito delle misurazioni oggettive e non equivocabili, consentendo al personale sanitario di gestire le alterazioni acido-base, l'ipokaliemia grave e l'insufficienza cardiaca. Nell'ambito extraospedaliero l'emogasanalisi è stata utilizzata anche in contesti non necessariamente dinamici, quindi nei mezzi di soccorso. Ettrup-Christensen, Asbjørn et al. <sup>[29]</sup> hanno utilizzato l'EGA in una postazione fissa di soccorso extraospedaliero, in occasione di una gara di triathlon. Durante la gara due soggetti hanno avuto un collasso, successivamente attribuito a squilibri elettrolitici e condizioni ambientali sfavorevoli, questo solo dopo l'esecuzione del prelievo e l'analisi del campione arterioso. Le condizioni non hanno richiesto alcuna ospedalizzazione, ma un semplice reintegro di liquidi in loco. L'adozione dell'emogas-analizzatore ha permesso al sanitario di poter distinguere uno squilibrio elettrolitico da condizioni più gravi che avrebbero potuto essere solo la punta dell'iceberg di problematiche più complesse. Il trattamento, quindi, è stato seguito da un semplice e breve periodo di osservazione, per poi dimettere entrambi i pazienti sul posto. Il case report, nella sua discussione inoltre, evidenzia come nel corso degli anni l'ecografia extraospedaliera sia emersa come una risorsa importante per la diagnostica precoce anche al di fuori dell'ospedale. Tuttavia, sottolinea anche come l'emogas non abbia avuto lo stesso sviluppo, nonostante il suo ruolo cruciale in ambito clinico, non solo per la diagnosi ma anche semplicemente per la valutazione delle condizioni del paziente, e per impostare un trattamento efficace. Lo studio sottintende anche l'importanza di avere una valutazione ed un trattamento sul posto per evitare l'ospedalizzazione nei casi in cui questa non sia

necessaria, ma sottolinea anche il fatto che questo può essere eseguito solo in presenza di tecniche affidabili che consentono una valutazione accurata.

Nonostante l'emogasanalisi rappresenti una tecnica vantaggiosa per la valutazione clinica del paziente, alcuni ricercatori danesi hanno voluto approfondire l'aspetto della sicurezza dell'operatore sanitario nella formulazione della diagnosi e nella gestione terapeutica del paziente critico. In particolare, Zwisler, S.T., Zincuk, Y., Bering, C.B., et al. nel 2019 <sup>[30]</sup>, nel loro studio, hanno ipotizzato che l'emogas potesse costituire un elemento chiave nella diagnosi pre-ospedaliera del paziente critico. Essi lo hanno paragonato, in termini di rilevanza clinica, ad altre apparecchiature comunemente utilizzate nei mezzi di soccorso in Danimarca, come l'ecografo, il misuratore di lattati, troponine e glicemia. Sebbene in Danimarca l'uso dell'emogasanalisi sia già implementato in alcune realtà del territorio, lo studio ha avuto come obiettivo principale valutare la sicurezza con cui i sanitari formulano la diagnosi, sia con, che senza l'ausilio di questa tecnica. I risultati hanno mostrato che, nella maggior parte dei casi, l'emogas ha svolto un ruolo cruciale nella gestione terapeutica: in più della metà dei casi in cui il paziente è stato sottoposto all'EGA, l'analisi ha portato ad un intervento terapeutico specifico. Tuttavia, nei casi in cui non è stato eseguito a causa della randomizzazione, il trattamento è stato ritenuto efficace ma considerato incompleto dagli operatori sanitari coinvolti. Lo studio ha inoltre considerato l'affidabilità degli strumenti utilizzati, evidenziando che, negli anni precedenti, i dispositivi per l'emogasanalisi presentavano frequenti malfunzionamenti, circa il 20% dei casi. Grazie ai progressi tecnologici, tuttavia, questi strumenti hanno raggiunto un livello di affidabilità quasi paragonabile a quello delle attrezzature di laboratorio, rendendoli molto più sicuri ed efficaci per l'uso clinico corrente.

## CONCLUSIONI

Questa revisione della letteratura ha permesso di esplorare in modo approfondito il ruolo dell'emogasanalisi nell'ambito dell'emergenza territoriale, evidenziando come questo strumento diagnostico possa rappresentare un'importante risorsa per migliorare la gestione clinica dei pazienti in contesti pre-ospedalieri. I dati e le evidenze emerse dai diversi studi analizzati confermano l'efficacia e l'utilità dell'EGA nella diagnosi rapida e nella gestione delle emergenze, in particolare per condizioni critiche come l'insufficienza respiratoria, gli squilibri acido-base e le gravi alterazioni metaboliche.

La letteratura ha sottolineato che l'EGA fornisce informazioni cruciali in tempo reale riguardanti l'equilibrio acido-base, l'ossigenazione e la ventilazione del paziente, permettendo ai sanitari di adottare interventi più tempestivi e mirati. Questo si traduce in una migliore stabilizzazione del paziente già sul luogo dell'emergenza e nella possibilità di ottimizzare il percorso di cura, indirizzando i pazienti verso i centri più adeguati alle loro condizioni cliniche, o anche nell'evitare un'ospedalizzazione non necessaria. Tali vantaggi sono stati documentati in numerose pubblicazioni, confermando la validità dell'EGA come strumento aggiuntivo di supporto decisionale in emergenza. Tuttavia, la revisione ha anche evidenziato alcune limitazioni e aree che richiedono ulteriori ricerche, come l'efficacia dell'EGA in contesti specifici di emergenza e l'influenza di fattori logistici e formativi sull'implementazione dello strumento. In particolare, emerge la necessità di formare adeguatamente il personale sanitario per garantire una corretta interpretazione dei dati emogasanalitici e un uso efficace dello strumento. In particolar modo nelle realtà in cui sono stati implementati mezzi di soccorso a leadership infermieristica, l'EGA potrebbe essere inserito in protocolli clinico assistenziali, da studiare e testare anche in termini di appropriatezza, che prevedano la possibilità di inviare i referti all'attenzione degli specialisti ospedalieri, come contributo alla riduzione del free therapy interval. Sicuramente in un contesto complesso come quello italiano, in cui l'emergenza sanitaria territoriale, da nord a sud è un ambiente particolarmente eterogeneo, l'introduzione di strumenti e tecnologie come l'emogas-analizzatore potrebbe risultare un importante traguardo per il raggiungimento di elevati standard qualitativi dell'assistenza in un sistema all'avanguardia, proprio come dimostrano i sanitari in Toscana.

In conclusione, la revisione della letteratura conferma che l'emogasanalisi rappresenta un valore aggiunto nell'emergenza territoriale, supportando una modernizzazione del sistema di soccorso con benefici potenziali sulla qualità delle cure e sugli esiti clinici. I risultati favoriscono l'adozione estesa dell'EGA nei protocolli operativi del soccorso avanzato, ma sottolineano anche l'importanza di ulteriori studi per approfondire l'impatto di questa implementazione e per definire standard operativi che possano massimizzare i benefici per i pazienti.

## BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- 1- “Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni per la determinazione dei livelli di emergenza sanitaria” - Linee guida n. 1/1996
- 2- Bandiera, G., Gelati, L., Guidetti, A., Orlandini, A., Ricciardelli, A., Rosso, S., Serantoni, C. Documento di Sintesi sulla Gestione dell'Insufficienza Respiratoria Acuta in Emergenza Preospedaliera. Italian Journal of Emergency Medicine. 2013. Disponibile in:  
[https://www.itjem.org/wp-content/uploads/2019/07/Documento\\_Sintesi\\_Gestione\\_Insufficienza\\_Respiratoria\\_Acuta\\_Emergenza\\_Preospedaliera.pdf](https://www.itjem.org/wp-content/uploads/2019/07/Documento_Sintesi_Gestione_Insufficienza_Respiratoria_Acuta_Emergenza_Preospedaliera.pdf)
- 3- Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni per la determinazione dei livelli di assistenza sanitaria di emergenza, D.P.R. 27 marzo 1992 - in Gazzetta Ufficiale n.76, 31 marzo 1992
- 4- Regolamento recante definizione degli standard qualitativi, strutturali, tecnologici e quantitativi relativi all'assistenza ospedaliera, D.M. 2 aprile 2015 n. 70 - in Gazzetta Ufficiale n.127, 4 giugno 2015
- 5- Pesaresi, F. Le postazioni dell'emergenza territoriale nelle Marche e in Italia. Blog Marche Sanità. 2017. [consultato il: 17/05/2024]. Disponibile in:  
<https://francopesaresi.blogspot.com/2016/07/le-postazioni-territoriali.html>
- 6- Sistema di emergenza sanitaria. L.R. 30 ottobre 1998, n.36, [consultato il 18/05/2024] (Marche)
- 7- Riordino della disciplina in materia sanitaria. D. Lgs. 30 dicembre 1992, n. 502 - in Gazzetta Ufficiale n.305, 30 dicembre 1992

- 8- Regolamento concernente l'individuazione della figura e del relativo profilo professionale dell'infermiere. D. M. n. 739, 14 settembre 1994 - in Gazzetta Ufficiale n.6, 9 gennaio 1995.
  
- 9- De Vito, L., Rugna, M., Pagliai, S., Del Sorbo, G., Cipriani, M., Becorpi, C., Giuliani, G., Pratesi, P. Procedure infermieristiche per l'emergenza sanitaria territoriale. *Italian Journal of Emergency Medicine*. 2017. Disponibile in: <https://doi.org/10.23832/ITJEM.2017.011>
  
- 10- Sgambato F., Caporaso, C., Sgambato, E., Prozzo, S. L'emogasanalisi un esame salvavita. Roma: Squilibri, 2017.
  
- 11- Castro, D., M. Patil, S., Zubair, M., Keenaghan, M. Arterial Blood Gas. StatPearls [Internet]. 2024. Disponibile in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK536919/>
  
- 12- West J. B. The physiological challenges of the 1952 Copenhagen poliomyelitis epidemic and a renaissance in clinical respiratory physiology. *Journal of applied physiology*. 2005.
  
- 13- Allen E. V. Thrombo-Angiitis Obliterans. *Bulletin of the New York Academy of Medicine*. 1942. 18(3), 165–189.
  
- 14- Romeu-Bordas, Ó., & Ballesteros-Peña, S. Validez y fiabilidad del test modificado de Allen: una revisión sistemática y metanálisis [Reliability and validity of the modified Allen test: a systematic review and metanalysis]. *Emergencias: revista de la Sociedad Española de Medicina de Emergencias*. 2017. 29(2), 126–135

- 15- Golamari, R., & Gilchrist, Ian C. Collateral Circulation Testing of the Hand– Is it Relevant Now? A Narrative Review. *The American Journal of the Medical Sciences*. 2021. 361, 702-710
- 16- Larkins MC., & Thombare A. Point-of-Care Testing. StatPearls [Internet]. 2023. Disponibile in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK592387/>
- 17- St John, A., & Price, C. P. Existing and Emerging Technologies for Point-of-Care Testing. *The Clinical biochemist. Reviews*. 2014. 35(3), 155–167.
- 18- Luppa, P. B., Müller, C., Schlichtiger, A., & Schlebusch, H. Point-of-care testing (POCT): Current techniques and future perspectives. *Trends in analytical chemistry*. 2011.
- 19- SIEMENS Healthineers, Advance care delivery by bringing critical testing patient-side. [Disponibile in:] [Advance care delivery by bringing critical testing patient-side \(siemens-healthineers.com\)](https://www.siemens-healthineers.com/advance-care-delivery) [consultato il: 15/06/2024.]
- 20- SIEMENS Healthineers, epoc<sup>®</sup> Blood Analysis System Right Result. Right Here. Right Now. Disponibile in: [epoc<sup>®</sup> Blood Analysis System Siemens Healthineers Italia \(siemens-healthineers.com\)](https://www.siemens-healthineers.com/epoc-blood-analysis-system) [consultato il: 15/6/2024.]
- 21- Mikkelsen, S., Wolsing-Hansen, J., Nybo, M., Maegaard, C. U., & Jepsen, S. Implementation of the ABL-90 blood gas analyzer in a ground-based mobile emergency care unit. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*. 2015. 23, 54.
- 22- Gruszecki, A. C., Hortin, G., Lam, J., Kahler, D., Smith, D., Vines, J., Lancaster, L., Daly, T. M., Robinson, C. A., & Hardy, R. W. Utilization, Reliability, and Clinical Impact of Point-of-Care Testing during Critical Care Transport: Six Years of Experience. *Clinical Chemistry*. 2003. 49(6), 1017–1019.

- 23- Montemerani, S., Urbanelli, A., Cini, S., Sbrana, G., Tori, T., Mandò, M., Iannelli, G., Schiraldi, F. Hemogasanalysis Point of Care (EPOC) in Pre-Hospital: The Importance of An Early Diagnosis of Silent Hypoxemia in a Context of Scarce Health-Care Resources. Research Square [Preprint]. 2021. Disponibile in: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-823204/v1>
- 24- Walther, L. H., Lassen, A. T., Mogensen, C. B., Christensen, E. F., & Mikkelsen, S. Prehospital blood gas analyses in acute patients treated by a ground-based physician-manned emergency unit: a cohort study. Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine. 2023. 31(1), 102.
- 25- Fabre, M., Fehlmann, C. A., Gartner, B., Zimmermann-Ivoll, C. G., Rey, F., Sarasin, F., & Suppan, L. Prehospital arterial hypercapnia in acute heart failure is associated with admission to acute care units and emergency room length of stay: a retrospective cohort study. BMC emergency medicine. 2021. 21(1).
- 26- Fabre, M., Fehlmann, C. A., Boczar, K. E., Gartner, B., Zimmermann-Ivol, C. G., Sarasin, F., & Suppan, L. Association between prehospital arterial hypercapnia and mortality in acute heart failure: a retrospective cohort study. BMC emergency medicine. 2021. 21(1), 130.
- 27- Hetz, H., Prause, G., Tesar, H., List, W. H. Präklinische Blutgasanalyse Gerätebeschreibung – Erste Erfahrungen – Indikationen. Anaesthesist. 1996. 45, 750–754.
- 28- Prause, G., Ratzenhofer-Komenda, B., Offner, A., Lauda, P., Voit, H., & Pojer, H. Prehospital point of care testing of blood gases and electrolytes - an evaluation of IRMA. Critical Care. 1997. 1(2).
- 29- Ettrup-Christensen, A., Amstrup-Hansen, L., & Zwisler, S. T. *Ugeskrift for laeger*. 2017. 179(18).

30- Zwisler, S. T., Zincuk, Y., Bering, C. B., Zincuk, A., Nybo, M., & Mikkelsen, S. Diagnostic value of prehospital arterial blood gas measurements – a randomised controlled trial. *Scandinavian Journal of Trauma Resuscitation and Emergency Medicine*. 2019. 27(1).