



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Scuola di Medicina e Chirurgia

Dipartimento di Medicina

Corso di Laurea in Infermieristica

Tesi di Laurea

**L'UTILIZZO DELL'ETCO2 NEGLI AMBITI DI EMERGENZA URGENZA
INTRA ED EXTRA OSPEDALIERA, NEL PAZIENTE IN ARRESTO
CARDIOCIRCOLATORIO E IN SHOCK EMORRAGICO.
COME CAMBIA LA PRESA IN CARICO DEI PAZIENTI E IL RUOLO
DELL'INFERMIERE?
UNA REVISIONE DELLA LETTERATURA**

Relatrice: Prof.ssa Parolo Annalisa

Laureanda: Barbierato Lucia

Matricola n.: 2013641

ANNO ACCADEMICO 2022/2023



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Scuola di Medicina e Chirurgia

Dipartimento di Medicina

Corso di Laurea in Infermieristica

Tesi di Laurea

**L'UTILIZZO DELL'ETCO2 NEGLI AMBITI DI EMERGENZA URGENZA
INTRA ED EXTRA OSPEDALIERA, NEL PAZIENTE IN ARRESTO
CARDIOCIRCOLATORIO E IN SHOCK EMORRAGICO.
COME CAMBIA LA PRESA IN CARICO DEI PAZIENTI E IL RUOLO
DELL'INFERMIERE?
UNA REVISIONE DELLA LETTERATURA**

Relatrice: Prof.ssa Parolo Annalisa

Laureanda: Barbierato Lucia

Matricola n.: 2013641

ANNO ACCADEMICO 2022/2023

ABSTRACT

Background: l'arresto cardiaco e l'emorragia sono casistiche che vanno ad interrompere e modificare le funzioni vitali dell'individuo, potenzialmente mortali, con un'ampia prevalenza a livello intra ed extraospedaliero. I *device* utilizzati dal personale sanitario, compreso l'Infermiere, per la misurazione dei valori dell'*End tidal* CO₂, possono andare a riscontrare dati non all'interno dei *range* legati a patologie, come quelle sopracitate, presenti nel soggetto.

Finalità ed obiettivo: questa revisione della letteratura si propone di indagare se l'utilizzo dei valori di l'EtCO₂, nei pazienti adulti in arresto cardiocircolatorio a cui viene effettuata la rianimazione cardiopolmonare e nei pazienti adulti con *shock* emorragico che vengono assistiti in ambito intra ed extra ospedaliero, può ridurre l'incidenza di mortalità, i danni secondari e migliorare gli esiti finali e lo stato di salute.

Materiali e metodi: è stata condotta una revisione della letteratura consultando le seguenti banche dati: *PubMed, CINAHL, The Cochrane Library, Scopus, Injury (International Journal of the Care of the Injured)*. Sono stati selezionati studi per *abstract* e *full text* e in un *range* temporale di 10 anni.

Risultati: la ricerca in letteratura ha permesso di selezionare 14 studi rispondenti al quesito di ricerca nei confronti dei pazienti con arresto cardiaco e con emorragia: 4 linee guida, 2 revisioni sistematiche, 1 RCT, 2 studi di coorte, 3 studi osservazionali, 1 studio descrittivo e 1 revisione narrativa.

Conclusioni: le evidenze hanno dimostrato che l'utilizzo dei valori dell'EtCO₂, siano favorevoli per gli *outcomes*, soffermandosi sull'importanza del monitoraggio durante la rianimazione cardiopolmonare per la prestazione del professionista e come valore premonitore di ROSC, e sull'entità che può esserci nell'associazione con altri valori e l'emorragia. In conclusione l'infermiere è tenuto ad aggiornarsi e ad utilizzare strumenti che possano portarlo ad un miglioramento delle sue prestazioni, per l'agire in maniera corretta nel bene dei pazienti.

Key words: *Capnography, Nursing, Etco2 Monitoring, Adult, Cardiac arrest, Etco2, ROSC, CPR guidelines, Hemorrhage.*

INDICE

Glossario e abbreviazioni	3
INTRODUZIONE	5
CAPITOLO 1 – Presentazione del problema	7
1.1 Definizione, fisiopatologia, eziologia ed epidemiologia dell’arresto cardiaco.....	7
1.2 Definizione, fisiopatologia, ed eziologia dell’emorragia.....	8
1.3 Definizione e identificazione dei valori dell’ End tidal CO2.....	9
1.4 I sistemi di capnografia	11
1.5 Il ruolo dell’infermiere nel Sistema di Emergenza – Urgenza	12
CAPITOLO 2 – Materiali e metodi	15
2.1 Obiettivo dello studio	15
2.2 Quesito di ricerca	15
2.3 Strategia di ricerca	15
2.4 Processo di selezione degli studi	15
2.4.1 Criteri di selezione	15
2.4.2 Strategie di selezione	16
CAPITOLO 3 – Risultati della ricerca	17
3.1 Presentazione sintetica degli studi selezionati	17
3.2 Descrizione degli studi selezionati	17
3.3 Tabella di sintesi dei risultati	34
CAPITOLO 4 – Discussione e conclusioni	41
4.1 Discussione dei risultati	41
4.2 Implicazioni per la pratica	43
4.3 Implicazioni per la ricerca	43
4.4 Conclusioni	44

BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA45

ALLEGATI

Allegato 1: tabella di sintesi degli studi

Allegato 2: flow chart di selezione degli studi

Glossario e abbreviazioni

AHA – *American Heart Association*

AUROC – *Area Under the Receiver Operating Characteristic*

DAE – Defibrillatore Automatico Esterno

DEA – Dipartimenti di Emergenza e Accettazione

ECG – Elettrocardiogramma

EtCO₂ – *End – tidal CO₂*

GCS – *Glasgow Coma Scale*

ICU – Unità di Terapia Intensiva

IHCA – *In – Hospital Cardiac Arrest*

ISS – *Injury Severity Score*

ISS – Istituto superiore di Sanità

OHCA – *Out – of – Hospital Cardiac Arrest*

PEA – *Pulseless Electrical Activity*

PS – Pronto Soccorso

RCP – Rianimazione Cardiopolmonare

RCT – Studio Randomizzato Controllato

ROSC – *Return Of Spontaneous Circulation*

SBP – *Systolic Blood Pressure*

SI – *Shock Index*

INTRODUZIONE

L'argomento sul quale è stata condotta questa revisione della letteratura è la gestione infermieristica attraverso l'utilizzo dei valori dell'*End tidal* CO₂, in ambito intra ed extraospedaliero, dei pazienti con arresto cardiaco e con emorragia massiva.

L'idea per questa tesi è nata durante la mia esperienza di tirocinio clinico avvenuto presso l'Unità Operativa di Pronto Soccorso; in questo campo ho avuto la possibilità di osservare le due casistiche presenti nella revisione e di entrare in contatto diretto con il personale sanitario che vi lavora che ha espresso come sia essenziale la capacità di una lettura corretta dei valori monitorati, vedendo anche esiti diversi. L'idea è nata anche grazie al corso di BLS-D effettuato presso la sede universitaria, dove ho potuto osservare come la misurazione dei valori sia essenziale per una buona riuscita della rianimazione cardiopolmonare e quindi di esiti migliori nei pazienti in arresto cardiaco. Per questi motivi la mia attenzione si è focalizzata nel cercare all'interno delle banche dati le evidenze scientifiche più recenti e meglio supportate per la gestione di questi pazienti, portando ad un *outcomes* migliore.

L'elaborato si articola con i seguenti capitoli: il primo descrive il *background* in cui viene spiegata: la definizione, la fisiopatologia, l'eziologia di arresto cardiaco e di emorragia, l'epidemiologia dell'arresto cardiaco, la definizione e i valori dell'*End tidal* CO₂, i sistemi della capnografia e il ruolo dell'infermiere nel Sistema di Urgenza – Emergenza; nel secondo capitolo viene descritta la metodologia di ricerca, che comprende l'obiettivo e il quesito di ricerca, le *keywords*, le fonti di ricerca e il processo di selezione degli studi. Nel terzo capitolo vengono elencati tutti gli studi presi in considerazione con la descrizione dei risultati che sono emersi. Infine, il quarto capitolo è composto dal confronto e dalla discussione critica dei risultati raggiunti negli studi presi in esame, l'implicazione per la pratica clinica e per le ricerche future.

CAPITOLO 1 – Presentazione del problema

1.1 Definizione, fisiopatologia, eziologia ed epidemiologia dell'arresto cardiaco

Secondo l'Istituto Superiore di Sanità nella linea guida per la gestione dell'arresto cardiaco (2023), l'arresto cardiaco viene inteso come un'interruzione della circolazione sanguigna efficace e quindi del trasporto di ossigeno ai tessuti. Questo può essere classificato come improvviso e inatteso, oppure dovuto ad un deterioramento progressivo delle funzioni vitali del soggetto colpito. L'arresto cardiaco può essere poi suddiviso anche per cause, tra cui quelle cardiache primarie o secondarie, di circolazione date da un'interruzione dell'afflusso o dell'efflusso del sangue dal cuore. Tra quelle cardiache troviamo: infarto del miocardio, aritmie, insufficienza cardiaca e le sindromi coronariche acute. Le più comuni in quelle non conseguenti ad un malfunzionamento dell'organo cardiaco, sono l'insufficienza respiratoria, l'embolia polmonare, l'emorragia gastrointestinale e il trauma (Andersen et al, 2019) (Schlesinger S. A., 2023).

Fisiologicamente, l'arresto cardiaco va a produrre un'ischemia cellulare con effetti negativi sul funzionamento degli organi. Il danno che ne deriva va quindi a formare un edema dannoso soprattutto in sede cerebrale, con un aumento della pressione endocranica e la riduzione della perfusione, portando ai segni clinici di alterazione della stato di coscienza fino al coma e convulsioni (Schlesinger S. A., 2023).

La linea guida per la gestione dell'arresto cardiaco dell'ISS (2023), andando ad osservare quella che è la clinica, mostra come l'arresto cardiaco si presenti con una perdita di coscienza, apnea preceduta da respiro agonico, convulsioni e boccheggianti, assenza di polsi centrali e di altri segni di circolo.

I dati epidemiologici riportati nelle linee guida ERC del 2021, parlano di un'incidenza dell'OHCA annuale in Europa compresa tra i 67 e i 170 mila eventi su 100000 abitanti, mentre di un'incidenza dell'IHCA compresa tra 1,5 e 2,8 ogni 1000 ricoveri avvenuti in ospedale.

Si tenta la rianimazione da parte del personale dei sistemi di emergenza territoriale in circa il 50-60% dei casi, ovvero tra 19 e 97 casi ogni 100000 abitanti. La manovra di rianimazione cardiopolmonare (RCP) effettuata dal personale non sanitario presente nel luogo, vede un andamento variabile tra i paesi europei con una media del 58%. L'uso dei defibrillatori semi-automatici esterni (DAE) rimane basso in Europa con una

media del 28%. La percentuale di sopravvivenza alla dimissione ospedaliera è in media dell'8%, con variazioni tra 0% e 18% (ISS, Linea guida per la gestione dell'arresto cardiaco, 2023).

1.2 Definizione, fisiopatologia ed eziologia dell'emorragia

L'emorragia, secondo le linee guida ATLS (2018), viene definita come una perdita acuta del volume di sangue circolante ed è considerata una delle cause più comuni di *shock* nei pazienti con lesioni. Lo *shock* emorragico viene delineato come *shock* ipovolemico, contraddistinto da una perdita acuta e consistente a livello extravascolare e con una conseguente riduzione del volume ematico circolante. Clinicamente i segni e i sintomi possono essere, oltre che la pressione arteriosa sistolica inferiore a 90 mmHg, anche tachicardia, ipoperfusione ed insufficienza d'organo con comparsa di cute marmorizzata, oliguria, alterazioni della coscienza (Longrois D., Mertes P.-M., 2011). In presenza di questi, il paziente verrà probabilmente trattato come fosse ipovolemico (ATLS guidelines, 2018).

A livello fisiologico le prime risposte alla perdita di sangue vedono una vasocostrizione progressiva. Viene preservato poi il ritorno venoso da un meccanismo compensatorio di diminuzione del volume di sangue, ma questo sistema è limitato. Il metodo più efficace per il ripristino della gittata cardiaca, della perfusione d'organo, dell'ossigenazione tissutale con un conseguente apporto di energia a livello cellulare, è quello di ristabilire il ritorno venoso sufficiente (ATLS guidelines, 2018).

L'emorragia è spesso dovuta ad una causa traumatica, può essere data anche da condizioni secondarie come il tamponamento cardiaco, uno pneumotorace iperteso, una lesione del midollo spinale, una lesione cardiaca contudente, sanguinamento pelvico, addominale e retroperitoneale (ATLS guidelines, 2018).

L'emorragia viene suddivisa in quattro classi sulla base dei segni clinici riportati dal soggetto, utili a stimare la perdita effettiva, in percentuale, di sangue. Nella prima classe, le condizioni cliniche possono essere paragonate a quelle di un individuo che ha donato una sacca di emoderivati; nella seconda, l'emorragia è già considerata complicata e il soggetto avrà necessità di un'infusione di cristalloidi. La terza classe determina lo stato emorragico dell'individuo come grave e, oltre alla necessità di una somministrazione di cristalloidi, vi sarà una probabile trasfusione di emoderivati. Nel

quarto stadio la condizione del paziente è tale che questo possa decedere in pochi minuti se non vengono adottate misure urgenti da parte del personale sanitario, tra cui la trasfusione di emoderivati.

Come descritto nella *figura 1*, l'emorragia viene suddivisa in classi anche in base alla quantità di sangue perso, calcolata sul totale fisiologico, dunque circa il 7% del peso corporeo dell'individuo (ATLS guidelines, 2018).

TABLE 3-1 SIGNS AND SYMPTOMS OF HEMORRHAGE BY CLASS				
PARAMETER	CLASS I	CLASS II (MILD)	CLASS III (MODERATE)	CLASS IV (SEVERE)
Approximate blood loss	<15%	15-30%	31-40%	>40%
Heart rate	↔	↔/↑	↑	↑/↑↑
Blood pressure	↔	↔	↔/↓	↓
Pulse pressure	↔	↓	↓	↓
Respiratory rate	↔	↔	↔/↑	↑
Urine output	↔	↔	↓	↓↓
Glasgow Coma Scale score	↔	↔	↓	↓
Base deficit*	0 to -2 mEq/L	-2 to -6 mEq/L	-6 to -10 mEq/L	-10 mEq/L or less
Need for blood products	Monitor	Possible	Yes	Massive Transfusion Protocol

* Base excess is the quantity of base (HCO₃⁻, in mEq/L) that is above or below the normal range in the body. A negative number is called a base deficit and indicates metabolic acidosis.

Figura 1 tabella classificazione emorragia (tratta da: Mutschler et al, 2013).

È essenziale indagare, oltre ai dati indicativi di perdita massiva di sangue, anche altre informazioni dell'individuo, tra cui:

- età;
- posizione, tipologia e gravità della lesione;
- intervallo di tempo avvenuto tra il momento della lesione e il suo trattamento;
- utilizzo di fluidi a livello extraospedaliero;
- farmaci assunti dal soggetto per malattie croniche (ATLS guidelines, 2018).

1.3 Definizione e identificazione dei valori dell'End tidal CO2

La capnometria, intesa come misurazione e visualizzazione della concentrazione di CO2 espirata come percentuale o come pressione parziale in millimetri di mercurio, conosciuta come *End-Tidal CO2* fornisce informazioni qualitative e quantitative sulle onde associate alla ventilazione meccanica e sulla pressione parziale della CO2

espirata (Giusti et al, 2014). La fisiologia respiratoria indica la CO₂ come un prodotto del metabolismo aerobico che si verifica a livello del tissutale. Questo prodotto si sposta dalle cellule ai tessuti passando dal sistema cardiovascolare ai polmoni e, durante ogni respirazione viene espulso (Selby et al, 2018).

Il valore dell'EtCO₂ va a riflettere la gittata cardiaca, il flusso sanguigno polmonare, e la pressione di perfusione coronarica. Valori definiti come fisiologici sono compresi tra i 35 mmHg e i 45 mmHg (Paiva et al, 2018), (Bateman et al, 2016).

I valori dell'*End tidal* CO₂, visualizzati nel *monitor*, vengono utilizzati dal personale sanitario assieme alla rilevazioni di altri segni clinici, ma può essere utilizzato nella valutazione dell'adeguatezza della ventilazione, a rilevare la corretta intubazione endotracheale, e per indicare la disconnessione del circuito presente nel sistema ventilatorio, e nella diagnostica (Baid et al, 2016). Questo strumento è un indicatore molto sensibile per il dislocamento del tubo endotracheale; può andare ad individuare un' eventuale ostruzione acuta delle vie aeree e l'estubazione ipofaringea più rapidamente di quanto possano fare il monitoraggio dei segni vitali o la pulsossimetria continua (Cheifetz et al., 2007).

La capnometria o *End tidal* CO₂, può subire degli incrementi nei seguenti casi:

- febbre;
- ipotermia maligna;
- embolia venosa;
- ostruzione delle vie aeree;
- intubazione bronchiale
- perdita nel circuito di ventilazione.

Si possono presentare delle diminuzioni dei valori target dell'*End tidal* CO₂, invece nelle seguenti condizioni:

- ipotermia;
- ipovolemia;
- arresto cardiaco;
- apnea;
- ostruzione totale delle vie aeree;
- deconnessione del circuito (Giusti et al, 2014).

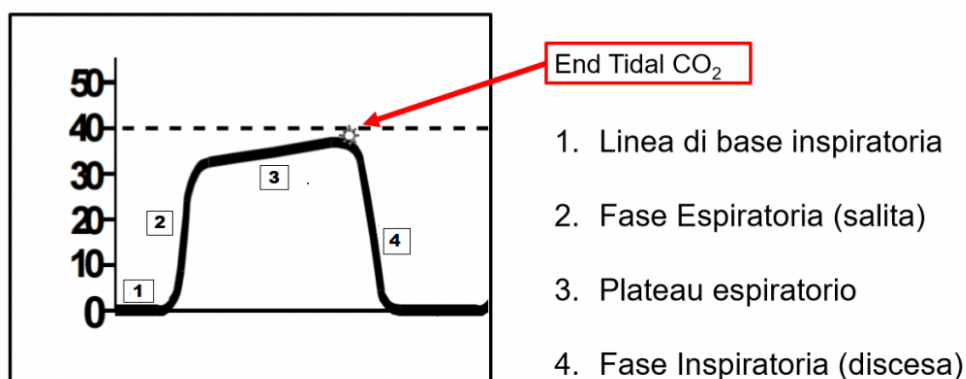


Figura 3 curva End tidal CO₂ fisiologico; tratta da <https://emspedia.emergency-live.com/en/wp-content/uploads/sites/2/2018/03/ondacapno1-1024x419.png>

1.4 I sistemi di capnografia

Quando si parla di capnografia si intende invece la registrazione visiva che avviene nel monitor, della forma d'onda delle concentrazioni di CO₂ (Giusti et al, 2014).

La differenza fisiologica tra il valore ricavato grazie all'emogasanalisi della CO₂, e l'End tidal CO₂ è di 4 – 5 mmHg e va a rappresentare la ventilazione del normale spazio morto (Giusti et al, 2014).

Esistono in commercio tre dispositivi adibiti alla capnografia, sistema *mainstream* utilizzato nei pazienti intubati dove viene posizionato un sensore riscaldato nel circuito ventilatorio, tra il tubo endotracheale e il circuito; il gas espirato dall'individuo fluisce direttamente al di sopra del sensore, andando a fornire i valori quasi nell'immediato della PETCO₂. Questo sistema ha come vantaggi oltre alla velocità di registrazione del dato, quelli di essere utilizzato nella popolazione adulta come in quella pediatrica, non è presente un tubo di drenaggio e non va ad incidere nelle pressioni. È controindicato in pazienti in O₂ terapia, ed è poco utilizzato per la presenza di uno spazio morto alto e per un tempo di calibrazione consistente (Giusti et al, 2014).

Nella tecnologia di tipologia *sidestream*, un tubo di piccolo calibro viene inserito tra le vie aeree e il tubo endotracheale e contemporaneamente una pompa aspira di continuo un campione del gas espirato; questa tipologia viene utilizzata per il poco peso, può però presentare delle ostruzioni date da umidità, espettorato o saliva.

Il sistema *microstream*, più recente rispetto a quelle descritte in precedenza, può essere utilizzato nel paziente non intubato come la tecnologia *sidestream* (Giusti et al, 2014).

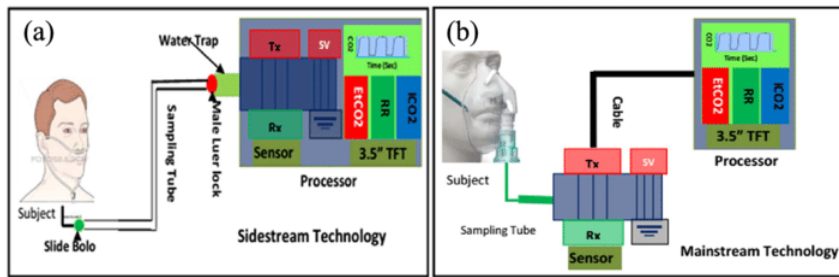


Figura 2 tecnologia sidestream e mainstream; tratta da

<https://www.researchgate.net/publication/319942280/figure/fig6/AS:631673200840728@1527614035984/CO-2-measurement-technology-a-sidestream-and-b-mainstream.png>

1.5 Il ruolo dell'infermiere nel Sistema di Emergenza – Urgenza

In Italia, il sistema dell'urgenza – emergenza ed il conseguente ruolo dell'infermiere in questo ambito, viene definito con il D.P.R. 27 marzo 1992. Oltre ad essere espresso il carattere unitario che deve essere presente nel territorio nazionale, viene nominata la figura dell'Infermiere Professionale, definito tale all'epoca della stesura del decreto, oggi visto come figura professionista e il suo ruolo di responsabilità nell'articolo 10: *“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”* (Decreto del Presidente della Repubblica, 1992, p 2-4).

A seguito del decreto sopra riportato, quello che prima era un servizio che vedeva una semplice uscita dell'ambulanza sul luogo dell'evento e il conseguente trasporto al più vicino pronto soccorso attrezzato, si trasforma in un sistema di soccorso con la creazione di:

- un sistema di allarme avente un numero di telefono universale 118;
- un sistema territoriale di soccorso, con mezzi di base, avanzati ed elisoccorso;
- una rete di servizi e di presidi, con la presenza di postazioni medicalizzate del 118, pronto soccorso ospedalieri e la creazione dei DEA (Ministero della Salute, 2022).

Andando ad osservare quello che il Profilo Professionale specifica per ciò che riguarda l'infermiere di area critica, si fa particolare attenzione alla formazione post – base per

la pratica specialistica per fornirgli conoscenze cliniche e capacità avanzate e che gli permettano di somministrare specifiche prestazioni infermieristiche (Profilo Professionale, D.M. 14 settembre 1994 n. 739).

Come viene inoltre citato nell'ultima revisione del Codice Deontologico delle Professioni Infermieristiche del 2019, *“l’Infermiere, in ragione del suo elevato livello di responsabilità professionale, si attiene alle pertinenti linee guida e buone pratiche clinico assistenziali e vigila sulla loro corretta applicazione, promuovendone il continuo aggiornamento”* andando a puntualizzare la necessità di una continua formazione, in quelle che sono le prestazioni intra ed extraospedaliere.

CAPITOLO 2 – Metodologia della ricerca

2.1 Obiettivo dello studio

L'obiettivo di questa tesi è quello di indagare se l'utilizzo dei valori dell'EtCO₂, nei pazienti adulti in arresto cardiocircolatorio a cui viene effettuata la rianimazione cardiopolmonare e nei pazienti adulti con *shock* emorragico che vengono assistiti in ambito intra ed extra ospedaliero, può ridurre l'incidenza di mortalità, i danni secondari e migliorare gli esiti finali e lo stato di salute.

2.2 Quesito di ricerca

Nei pazienti in arresto cardiocircolatorio e in *shock* emorragico assistiti sia in ambito ospedaliero che all'interno dei DEA, il monitoraggio della curva dei valori dell'EtCO₂ ne migliora le *chance* di sopravvivenza? Riduce gli esiti e le complicanze negative?

Il quesito di ricerca è stato formulato seguendo la struttura PIO.

P	Paziente in arresto cardiocircolatorio e paziente in <i>shock</i> emorragico
I	Utilizzo del monitoraggio dei valori della curva dell'EtCO ₂
O	Miglioramento delle <i>chance</i> di sopravvivenza, riduzione degli esiti e delle complicanze negative

2.3 Strategia di ricerca

È stata effettuata una revisione della letteratura consultando le principali banche dati disponibili: *PubMed*, *CINAHL*, *Cochrane Library*, *Scopus*, *Injury (International Journal of the Care of the Injured)*. Per la ricerca sono state utilizzate le seguenti keywords: “*Capnography*” AND “*nursing*”, “*Etco2 monitoring*” AND “*adult*”, “*End tidal co2*” AND “*cardiac arrest*”, “*Etco2*” AND “*ROSC*”, “*CPR guidelines*”, “*CPR*” AND “*End tidal co2*”, “*End tidal CO2*” AND “*Hemorrhage*”.

2.4 Processo di selezione degli studi

2.4.1 Criteri di selezione

- Sono stati considerati solo articoli con pazienti adulti (≥18 anni);

- disegni di studio: sono stati accettati tutti i disegni di studio in forma narrativa sia qualitativi che quantitativi;
- anno di pubblicazione: ultimi 10 anni (2013-2023);
- sono stati selezionati articoli in lingua inglese;

2.4.2 Strategie di selezione

Dopo una selezione iniziale è stata fatta una successiva analisi per *abstract e full text* che ha portato alla selezione degli articoli che rispondono al quesito di ricerca considerato (Allegato 1).

Come sintetizzato in Allegato 2 la ricerca iniziale ha prodotto 2289 articoli. In seguito, sono stati esclusi 11 duplicati e altri 2264 che non erano pertinenti per il quesito di ricerca. Sono stati analizzati per titolo e *abstract* 14 studi, i quali erano così classificati: 4 linee guida, 2 revisioni sistematiche, 1 RCT, 2 studi di coorte, 3 studi osservazionali, 1 studio descrittivo e 1 revisione narrativa.

CAPITOLO 3 – Risultati della ricerca

3.1 Presentazione sintetica degli studi selezionati

Il processo di selezione dei documenti ha portato alla selezione di 4 linee guida, 2 revisioni sistematiche, 1 studio RCT, 2 studi di coorte, 3 studi osservazionali, 1 studio descrittivo, 1 revisione narrativa.

3.2 Descrizione degli studi selezionati

Di seguito si presentano gli studi che, all'interno di questa revisione, hanno riportato le nuove evidenze sul monitoraggio fisiologico della CO₂ di fine espirazione nei pazienti in arresto cardiaco e nel paziente con emorragia.

- Panchal, A. R., Bartos, J. A., Cabañas, J. G., Donnino, M. W., Drennan, I. R., Hirsch, K. G., Kudenchuk, P. J., Kurz, M. C., Lavonas, E. J., Morley, P. T., O'Neil, B. J., Peberdy, M. A., Rittenberger, J. C., Rodriguez, A. J., Sawyer, K. N., Berg, K. M., & Adult Basic and Advanced Life Support Writing Group (2020). Part 3: Adult Basic and Advanced Life Support: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*, 142(suppl_2), S366–S468.

Disegno di studio: linea guida (Stati Uniti d'America), (2020).

Obiettivo: specificare gli obiettivi della rianimazione cardiopolmonare nell'adulto.

Protocollo di intervento:

- verificare la presenza di una scena sicura;
- verificare la reattività;
- cercare aiuto nelle vicinanze gridando;
- attivare il sistema di risposta alle emergenze tramite dispositivo mobile;
- procurarsi il DAE e l'attrezzatura di emergenza (mandando qualcuno a recuperarlo);
- osservare se non vi è respiro o se vi è solo *gaspings*, controllare il polso (contemporaneamente), il polso viene percepito con certezza entro 10 secondi;
- se è presente un respiro definito normale ed è percepito il polso, continuare con il monitoraggio fino all'arrivo dei soccorsi;

- se non è presente un respiro normale ma è percepibile il polso, bisogna fornire l'assistenza alla respirazione 1 respirazione ogni 6 secondi oppure 10 respirazioni/min; effettuare un controllo del polso ogni 2 minuti, se vi è assenza di quest'ultimo iniziare l'RCP. Se c'è la possibilità che vi sia stata una overdose di oppioidi, somministrare il naloxone se disponibile secondo il protocollo;
 - se non è presente il respiro, o è presente solo *gasping* e non c'è polso, iniziare l'RCP, effettuando cicli di 30 compressioni e 2 respirazioni. Utilizzare il DAE se questo è disponibile;
 - quando il DAE è presente, osservare il ritmo; è defibrillabile?
 - Se il ritmo non è defibrillabile, cominciare nell'immediato 2 minuti di RCP, fino a quando non viene richiesto dal DAE stesso il controllo del ritmo; continuare fino a quando non sopraggiungo i soccorritori o fino a quando la persona non si riprende;
 - se il ritmo è defibrillabile, erogare una scarica, riprendere immediatamente la RCP per due minuti finché il DAE non richiede di effettuare il controllo del ritmo; continuare finché non sopraggiungono i soccorritori o fino a quando la persona non si riprende.
- Gräsner, J. T., Herlitz, J., Tjelmeland, I. B. M., Wnent, J., Masterson, S., Lilja, G., Bein, B., Böttiger, B. W., Rosell-Ortiz, F., Nolan, J. P., Bossaert, L., & Perkins, G. D. (2021). European Resuscitation Council Guidelines 2021: Epidemiology of cardiac arrest in Europe. *Resuscitation*, 161, 61–79.

Disegno di studio: linea guida (Europa), (2021).

Obiettivo: fornire informazioni sull'epidemiologia europea dell'arresto cardiaco intra ed extra ospedaliero.

Protocollo di intervento:

- utilizzo di registri della popolazione redatti dai sistemi sanitari che monitorino l'incidenza, le casistiche, il trattamento e gli esiti dell'arresto cardiaco;

- i dati raccolti in ambito intra ed extra ospedaliero, dovrebbero fornire delle informazioni utili sulla pianificazione e sulle risposte del sistema sanitario a riguardo dell'arresto cardiaco;
 - tutti i paesi europei dovrebbero partecipare alla stesura di questi registri;
 - la figura del medico deve prestare attenzione alle conseguenze a lungo termine dell'arresto cardiaco e richiedere supporto specialistico dove è ritenuto necessario.
- Semeraro, F., Greif, R., Böttiger, B. W., Burkart, R., Cimpoesu, D., Georgiou, M., Yeung, J., Lippert, F., S Lockey, A., Olasveengen, T. M., Ristagno, G., Schlieber, J., Schnaubelt, S., Scapigliati, A., & G Monsieurs, K. (2021). European Resuscitation Council Guidelines 2021: Systems saving lives. *Resuscitation*, 161, 80–97.

Disegno di studio: linea guida (Europa), (2021).

Obiettivo: fornire le raccomandazioni utili per il trattamento nell'arresto cardiaco raccogliendo informazioni dall'opinione generale scientifica sull'arresto cardiaco.

Protocollo di intervento:

- portare ad una sensibilizzazione della popolazione sull'RCP e sulla defibrillazione;
 - utilizzo della tecnologia per aumentare il coinvolgimento della popolazione;
 - implementare l'educazione nelle scuole per l'RCP;
 - dove possibile trattare i pazienti in centri specifici riguardo all'arresto cardiaco;
 - erogare un'assistenza durante l'RCP.
- Nolan, J. P., Sandroni, C., Böttiger, B. W., Cariou, A., Cronberg, T., Friberg, H., Genbrugge, C., Haywood, K., Lilja, G., Moulaert, V. R. M.,

Nikolaou, N., Olasveengen, T. M., Skrifvars, M. B., Taccone, F., & Soar, J. (2021).

European Resuscitation Council and European Society of Intensive Care Medicine guidelines 2021: post-resuscitation care. *Intensive care medicine*, 47(4), 369–421.

Disegno di studio: linea guida (Europa), (2021).

Obiettivo: fornire una linea guida per la cura del paziente nella post rianimazione.

Protocollo di intervento:

- trattamento immediato;
- trattamento delle vie aeree e della respirazione andando a mantenere la SpO₂ tra il 94 e il 98%, inserire una via aerea avanzata, osservare l'onda capnografica, effettuare la ventilazione;
- trattamento della circolazione andando ad effettuare un ECG a 12 derivazioni, disporre un accesso venoso, mantenere la SBM > 100 mmHg anche con dispositivi di misurazione cruenti, somministrare cristalloidi per mantenere la volemia normale, considerare di somministrare vasopressori per mantenere la SBM;
- controllo della temperatura, mantenendola costante tra i 32 e i 36°C, utilizzo della sedazione e controllo dei brividi;
- effettuare una diagnosi;
- osservare se è una stato portato da una causa cardiaca;
- se no considerare la causa cerebrale e trattarla;
- se si osservare se nell'ECG a 12 derivazioni e guardare un sopra o sotto livellamento del tratto ST;
- considerare o effettuare un'angiografia coronarica;
- se la causa dell'arresto cardiaco non è stata identificata, considerare la causa cerebrale e ammettere il paziente nell'U.O. di terapia intensiva;
- se la causa è invece stata identificata ammettere il paziente nell'U.O. di terapia intensiva;
- trattamento durante il ricovero;

- mantenere una temperatura costante tra i 32 e i 36°C per un tempo $\geq 24h$, prevenendo anche per le successive 72h;
- mantenere una normocapnia e proteggere la ventilazione;
- evitare l'ipotensione;
- effettuare l'ecocardiogramma;
- mantenere una glicemia normale;
- diagnosticare e trattare eventuali crisi convulsive;
- prevenzioni per fattori di rischio;
- effettuare valutazioni funzionali prima della dimissione ospedaliera;
- ammettere in strutture di follow – up dopo la dimissione ospedaliera;
- riabilitazione.

- Paiva, E. F., Paxton, J. H., & O'Neil, B. J. (2018). The use of end-tidal carbon dioxide (ETCO₂) measurement to guide management of cardiac arrest: A systematic review. *Resuscitation*, 123, 1–7.

Disegno di studio: revisione sistematica (Stati Uniti d'America), (2018).

Obiettivo: osservare se la misurazione dei valori della CO₂ di fine respirazione durante la manovra di rianimazione cardiopolmonare RCP, è correlata ad una ripresa della circolazione spontanea.

Popolazione: pazienti in arresto cardiaco, in ambiente intra ed extra ospedaliero.

Intervento: misurazione dei livelli di EtCO₂ durante la rianimazione cardiopolmonare, attraverso la capnografia o la capnometria.

Risultati: con un EtCO₂ iniziale ≥ 10 mmHg e con un EtCO₂ ≥ 20 mmHg c'è maggiore possibilità di una ripresa del circolo spontaneo, con OR = 11,41 e P = 0,02 e OR = 13,82 e P = 0,0001. Osservando invece i valori misurati dopo venti minuti un EtCO₂ ≥ 10 mmHg ha indice OR = 5,14 e il P = 0,16. I valori misurati dopo venti minuti con un EtCO₂ ≥ 20 mmHg, hanno indice OR = 20 e P = 0,01. Per quello che riguarda la sopravvivenza alla dimissione si vanno a

considerare tutte quattro le casistiche di valori dell'EtCO₂ con i seguenti intervalli: EtCO₂ ≥ 10 mmHg OR = 10,71, P < 0,00001; EtCO₂ ≥ 20 mmHg OR = 12,24, P < 0,00001; EtCO₂ ≥ 10 mmHg con misurazione effettuata dopo venti minuti OR = 181,57 P < 0,00001; EtCO₂ ≥ 20 mmHg con misurazione effettuata dopo venti minuti OR = 234 P < 0,0001.

In conclusione, i valori iniziali dell'EtCO₂ ≥ 10 mmHg sono associati ad una maggiore possibilità di ripresa della circolazione spontanea e ad una maggiore probabilità di sopravvivenza durante il ricovero ospedaliero; i valori ≤ 10 mmHg devono tuttavia essere presi in considerazione, anche in associazione con il motivo dell'arresto cardiaco. I valori dell'EtCO₂ misurati successivamente ai 20 minuti sembrano dare delle buone previsioni per una ripresa della circolazione spontanea.

Limiti dello studio: sono necessari ulteriori studi riguardanti l'utilizzo dell'EtCO₂ come strumento per prevedere un ROSC.

- Øberg, E. B., Jørgensen, B. G., & Berthelsen, P. G. (2019). End-tidal CO₂ in the diagnosis of fluid responsiveness - a systematic review. Danish medical journal, 66(9), A5560.

Disegno di studio: revisione sistematica (Danimarca), (2019).

Obiettivo: osservare se l'aumento dei valori dell'EtCO₂ rappresenta un valido monitoraggio per capire se vi sia una ripresa del paziente critico.

Popolazione: sono stati selezionati gli studi che si occupavano del test sulla responsività dei fluidi associato ai valori dell'EtCO₂.

Criteri di inclusione: paziente critico, adulto, presente in terapia intensiva o in sala operatoria.

Setting: sono stati selezionati inizialmente 37 studi, attraverso i criteri di inclusione gli autori hanno concordato nell'utilizzare 7 studi complessivi. Di questi, 5 riguardano la terapia intensiva (ICU) mentre 2 vedono i pazienti in sala operatoria (OR).

Intervento: 4 studi hanno effettuato sui pazienti il test alzandogli le gambe osservando un aumento dell'EtCO₂ dopo 1 minuto. Negli altri 3 studi il test

viene invece effettuato somministrando una maggiore quantità di liquidi e si osserva un aumento dei valori dell'EtCO₂ subito dopo la somministrazione.

Risultati: i risultati suggeriscono che il monitoraggio dell'EtCO₂ dopo una somministrazione di liquidi ha una buona sensibilità con una media pari a 0,75 (*range* = 0,60 – 0,91) (n = 5) e un'ottima specificità con una media pari a 0,94 (*range* = 0,70 – 1) (n = 5); nella previsione di reattività di risposta ai fluidi. L'AUROC medio è di 0,82 (*range* = 0,67 – 0,94). I valori dell'EtCO₂ sono considerati dei buoni fattori diagnostici con un valore AUROC compreso tra 0,75 e 0,90.

Limiti dello studio: sono necessari ulteriori studi per fornire ulteriori prove a favore dell'utilizzo dei valori fisiologici dell'EtCO₂ per l'osservazione della reattività dei pazienti all'aumento dei liquidi intravascolari.

- Movahedi, A., Mirhafez, S. R., Behnam-Voshani, H., Reihani, H., Kavosi, A., Ferns, G. A., & Malekzadeh, J. (2016). A Comparison of the Effect of Interposed Abdominal Compression Cardiopulmonary Resuscitation and Standard Cardiopulmonary Resuscitation Methods on End-tidal CO₂ and the Return of Spontaneous Circulation Following Cardiac Arrest: A Clinical Trial. *Academic emergency medicine : official journal of the Society for Academic Emergency Medicine*, 23(4), 448–454.

Disegno di studio: *Randomized Controlled Trial* (Iran), (2016).

Obiettivo: mettere a confronto gli effetti della rianimazione cardiopolmonare (RCP) standard, e la rianimazione effettuata tramite la compressione interposta, tramite i valori dell'EtCO₂, nella ripresa del circolo spontaneo (ROSC) a seguito di eventi cardiaci intraospedalieri.

Popolazione: sono stati inclusi nello studio 80 pazienti con arresto cardiaco intraospedaliero, randomizzati in due gruppi da 40 pazienti ciascuno. L'età media dei pazienti è di $67,3 \pm 1,5$ anni, sono presenti 42 donne e 38 uomini. I pazienti eleggibili sono stati randomizzati attraverso un sistema computerizzato di numerazione.

Criteri di inclusione: arresto cardiaco non traumatico avvenuto in sala operatoria e in un'Unità Operativa di emergenza, età tra i 18 e gli 85 anni, presenza di tubo endotracheale.

Criteri di esclusione: storia clinica di un aneurisma dell'aorta addominale, storia clinica di coagulopatia, ascite significativa, operazione addominale nelle precedenti 2 settimane, sanguinamento intestinale attivo, embolismo polmonare, sospetta gravidanza, ROSC avvenuto prima dell'arrivo dell'*RCP Team*.

Setting: le informazioni demografiche dei pazienti presi in oggetto sono state trascritte all'inizio dell'arresto cardiaco, il primo ritmo indicativo di arresto è quello che è stato registrato come primo ritmo all'inizio dell'RCP. La pressione sanguigna è stata misurata attraverso il bracciale collegato al monitor. I valori dell'EtCO₂ sono stati monitorati di continuo e registrati ogni 2 minuti con un capnografo. Il ROSC è stato definito come la presenza di un polso sistolico femorale palpabile e la pressione sanguigna > 80 mmHg per più di 3 minuti. Il periodo di studio è avvenuto tra gennaio e febbraio 2014.

Intervento: i pazienti sono stati osservati per le 24 ore successive alla rianimazione. I dati sono stati considerati significativi con un *P value* < 0,05. Sul totale degli interventi di rianimazione, il 62,6% è stato effettuato in un'Unità Operativa di emergenza, mentre il 37,4% è avvenuto nelle unità operative di medicina, chirurgia o di unità coronarica dell'ospedale.

Risultato: la differenza tra i due gruppi dei valori dell'EtCO₂ iniziale, con RCP standard EtCO₂ = 9,5 (7,0 – 17,7) mmHg e RCP effettuato con compressione addominale interposta EtCO₂ = 14,0 (8,2 – 16,7) mmHg, con *P value* > 0,21.

I valori dell'EtCO₂ sono stati messi a confronto, durante la rianimazione effettuata con le compressioni interposte c'è stato un incremento dei valori della CO₂ di fine espirazione pari a 22,9 ± 12,9 mmHg a confronto della rianimazione standard con EtCO₂ = 16,6 ± 11,1 mmHg, *P value* < 0,03. L'avvenuta del ROSC ha invece un *P value* > 0,21.

- Sheak, K. R., Wiebe, D. J., Leary, M., Babaeizadeh, S., Yuen, T. C., Zive, D., Owens, P. C., Edelson, D. P., Daya, M. R., Idris, A. H., & Abella, B. S. (2015). Quantitative relationship between end-tidal carbon dioxide and

CPR quality during both in-hospital and out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*, 89, 149–154.

Disegno di studio: studio di coorte (Stati Uniti d'America), (2015).

Obiettivo: osservare la qualità delle compressioni durante la rianimazione cardiopolmonare attraverso la misurazione dei valori dell'EtCO₂.

Popolazione: pazienti in arresto cardiaco in ambito intra ed extraospedaliero. Dei casi IHCA, l'età media riscontrata è di $61,7 \pm 16$ anni, 92 (41%) sono le pazienti di sesso femminile, il ritmo non defibrillabile maggiormente riscontrato è il PEA (*Pulseless Electrical Activity*) con 129 casi (57%) con un ROSC di 93 casi (41%) e un valore medio dell'EtCO₂ di 23,6 mmHg. Dei casi OHCA, l'età media è di $65,1 \pm 17,6$ anni, rapporto pazienti di sesso femminile rispetto al totale è di 121 su 356 (34%), il ritmo non defibrillabile maggiormente riscontrato è l'asistolia con 145 casi (41%) con un ROSC di 96 casi (27%) e un valore medio dell'EtCO₂ di 27,1 mmHg. Il rapporto di compressioni medie è simile in entrambe le casistiche.

Criteri di inclusione: tutti gli eventi di arresto cardiaco avvenuti durante il periodo di investigazione che hanno portato all'utilizzo di una manovra di RCP, solo gli eventi con rapporto tra compressioni e EtCO₂ ≥ 2 minuti sono stati presi in considerazione per consentire una valutazione significativa dei cambiamenti nel tempo.

Setting: il periodo di osservazione va da aprile 2006 a maggio 2013. I dati forniti sono stati raccolti durante la rianimazione cardio polmonare, dove sono stati registrati i valori della CO₂ tramite il sistema collegato alla via aerea avanzata applicata al paziente, a sua volta collegato ad un meccanismo di registrazione dei defibrillatori presenti (*MRxQCPR, Philips Healthcare, Andover, MA*). I 583 eventi di arresto cardiaco sono stati suddivisi negli arresti intraospedalieri (IHCA) e in quelli extraospedalieri (OHCA), rispettivamente 227 (39%) e 356 (61%).

Intervento: i dati forniscono al soccorritore che sta effettuando la rianimazione, un *feedback* audiovisivo in tempo reale per la qualità dell'RCP che sta attuando. Sia i dati intra che extraospedalieri sono stati forniti da città del Nord America.

Sono 790 gli arresti cardiaci osservati durante il periodo di esaminazione, attraverso i criteri di esclusione sono stati presi in considerazione 583 casi. Dei 207 eventi di arresto cardiaco esclusi, 77 (37%) non aveva dati sul confronto tra compressioni ed EtCO₂; 104 (50%) non hanno raggiunto il tempo minimo limite di misurazione; 26 pazienti (13%) mancano di dati.

Risultati: la profondità della compressione è in ogni caso un fattore predittivo per l'aumento dell'EtCO₂ indipendentemente del numero di compressioni e dalle ventilazioni. Ogni aumento di 10 mm nella profondità delle compressioni, fa aumentare i valori dell'EtCO₂ di 1,4 mmHg (*P value* < 0,001), la velocità delle compressioni stesse non diversificava i dati raccolti. Il tasso di ventilazione invece ha un rapporto inversamente proporzionale con i valori dell'EtCO₂, ogni aumento di 10 bpm, fa diminuire di 3 mmHg (*P value* < 0,001).

Nella qualità dell'RCP in rapporto con l'aumento di ROSC, i valori dell'EtCO₂ maggiori sono stati riscontrati nei casi di ROSC che in quelli senza, con un EtCO₂ di 34,5 ± 4,5 mmHg (*P value* < 0,001) rispetto a EtCO₂ di 23,1 ± 12,9 mmHg (*P value* < 0,001). Valori simili si riscontrano anche con i dati relativi alla sopravvivenza alla dimissione con un EtCO₂ con una qualità migliore delle compressioni di 38,2 ± 12,9 mmHg (*P value* < 0,001) rispetto a valori pari a 26,1 ± 15,2 mmHg (*P value* < 0,001).

Limiti dello studio: la relazione presente tra profondità delle compressioni e i valori dell'EtCO₂ possono essere fondamentali per il successo della rianimazione o meno del paziente in arresto cardiaco, ma sono necessari in futuro ulteriori approfondimenti per confermare l'aumento della sopravvivenza e degli esiti neurologici favorevoli.

- Sutton, R. M., French, B., Meaney, P. A., Topjian, A. A., Parshuram, C. S., Edelson, D. P., Schexnayder, S., Abella, B. S., Merchant, R. M., Bembea, M., Berg, R. A., Nadkarni, V. M., & American Heart Association's Get With The Guidelines–Resuscitation Investigators (2016). Physiologic

monitoring of CPR quality during adult cardiac arrest: A propensity-matched cohort study. *Resuscitation*, 106, 76–82.

Disegno di studio: studio di coorte (Stati Uniti d'America), (2016).

Obiettivo: osservare il monitoraggio fisiologico per la qualità dell'RCP a confronto con un gruppo non monitorato, va ad aumentare le possibilità di ROSC.

Popolazione: pazienti in arresto cardiaco con monitoraggio fisiologico durante l'RCP a confronto con un gruppo non monitorato. Sono stati osservati 64556 eventi di arresto cardiaco, di questi sono stati dichiarati eleggibili 23429 (36%) pazienti.

Il monitoraggio fisiologico dell'EtCO₂ è stato effettuato su un numero di 803 pazienti.

Criteri di esclusione: RCP < 1 minuto o con tempo non conosciuto, arresto cardiaco avvenuto in sala parto, non viene menzionato il monitoraggio dell'RCP o non è stato riportato, eventi privi di risultato, non c'è stato il monitoraggio e l'assistenza, mancano i dati di background del paziente.

Setting: il periodo di osservazione va dal 1° gennaio 2006 al 7 settembre 2012.

Intervento: vengono confrontati due gruppi suddivisi, 3032 a cui viene effettuato il monitoraggio e 6064 di confronto che non vengono monitorati durante l'RCP. Lo studio è stato sviluppato in modo prospettico.

Risultati: il monitoraggio fisiologico dell'EtCO₂ per la qualità dell'RCP è associato a probabilità più alte di ROSC con OR = 1,22, (IC 95% da 1,04 a 1,43) e P = 0,017. La sopravvivenza alla dimissione e la sopravvivenza con esito neurologico favorevole hanno invece rispettivamente un OR = 1,04 (IC 95%, 0,92 – 1,18), P = 0,57 e OR = 0,97 (IC 95%, 0,75 – 1,26), P = 0,83. Dei 334 ospedali che hanno partecipato a questo studio il 78% (262) hanno riportato i dati disponibili sulle caratteristiche ospedaliere; in questi il monitoraggio fisiologico della qualità dell'RCP è associato ad una maggiore possibilità di ROSC con OR = 1,23 (IC 95%, 1,04 – 1,45) P = 0,015. L'adeguamento delle caratteristiche ospedaliere non ha però influenzato i risultati del monitoraggio o meno dei pazienti OR = 1,22 (IC 95%, 1,04 – 1,43) P = 0,013. Un EtCO₂ > 10 mmHg durante la rianimazione cardiopolmonare è

stato segnalato in 520 pazienti, è associato ad una migliore sopravvivenza alla dimissione (24% di quelli monitorati rispetto all'11% di quelli senza) OR = 2,41 (IC 95%, 1,35 – 4,30) P = 0,003; anche la sopravvivenza con esito neurologico favorevole è maggiore nei pazienti con monitoraggio fisiologico con un 18% rispetto all'8% con OR = 2,31 (IC 95%, 1,31 – 4,09) P = 0,004.

- Poppe, M., Stratil, P., Clodi, C., Schriebl, C., Nürnberger, A., Magnet, I., Warenits, A. M., Hubner, P., Lobmeyr, E., Schober, A., Zajicek, A., & Testori, C. (2019). Initial end-tidal carbon dioxide as a predictive factor for return of spontaneous circulation in nonshockable out-of-hospital cardiac arrest patients: A retrospective observational study. *European journal of anaesthesiology*, 36(7), 524–530.

Disegno di studio: studio osservazionale retrospettivo (Europa), (2019).

Obiettivo: andare a valutare l'utilizzo della capnografia anticipata come fattore predittivo del ROSC (ritorno alla circolazione spontanea) e la sopravvivenza extraospedaliera nelle persone in arresto cardiaco con ritmo non defibrillabile.

Popolazione: pazienti con arresto cardiaco extraospedaliero. Sono stati inclusi 526 pazienti.

Criteri di inclusione: > 18anni, arresto cardiaco non traumatico, ritmo non defibrillabile, posizionamento di un dispositivo avanzato per le vie aeree, osservazione EtCO₂ dai primi 15 minuti.

Setting: la ricerca è stata effettuata da luglio 2013 ad agosto 2015 per circa 2 anni, dove sono stati analizzati 2223 pazienti con arresto cardiaco extraospedaliero. I pazienti iniziali sono stati suddivisi in tre gruppi in base al valore dell'EtCO₂, 215 pazienti (40,87%) con EtCO₂ 0-20 mmHg, 215 pazienti (40,87%) con EtCO₂ 20 – 45 mmHg, 96 pazienti (18,25%) con EtCO₂ 45-100 mmHg. I dati sono stati raccolti tramite i defibrillatori utilizzati per la rianimazione (Lifepak 12 & 15 Defibrillator Physio – Control Inc, Redmond, Washington, USA).

Intervento: nei pazienti a cui è stata effettuata l'RCP, il primo ritmo osservato è stato quello registrato all'inizio dal defibrillatore. Il ROSC è stato definito come ripristino del ritmo cardiaco mentre un ROSC sostenuto come ripristino della circolazione spontanea prima dell'ammissione all'ospedale. La sopravvivenza ai 30 giorni è stata valutata attraverso delle interviste telefoniche da parte del medico curante.

Risultati: il valore dell'EtCO₂ > 45 mmHg è associato ad un probabile ROSC con un OR = 2,58 (IC 95% da 1,64 a 4,06), P < 0,001, ad un ROSC tardivo con un OR = 3,59 (IC 95% da 2,19 a 5,85), P < 0,001, e ad un tasso di sopravvivenza, ai 30 giorni con un OR = 5,02 (IC 95% da 2,25 a 11,23), P < 0,001.

- Dunham, C. M., Chirichella, T. J., Gruber, B. S., Ferrari, J. P., Martin, J. A., Luchs, B. A., Hileman, B. M., & Merrell, R. (2013). In emergently ventilated trauma patients, low end-tidal CO₂ and low cardiac output are associated and correlate with hemodynamic instability, hemorrhage, abnormal pupils, and death. *BMC anesthesiology*, 13(1), 20.

Disegno di studio: studio osservazione prospettivo (Stati Uniti d'America), (2013).

Obiettivo: utilizzare i valori del PetCO₂ e della gittata cardiaca come misure positive nei reparti di emergenza.

Popolazione: sono stati considerati un totale di 318 pazienti critici intubati in un centro traumatico di primo livello; PetCO₂ media = 29,9 ± 10,0 mmHg, Gittata cardiaca = 6,0 ± 2,6 L/min, età media = 46,7 ± 18,3 anni, ISS = 21,5 ± 13,9, ISS ≥ 15 = 65,2%, GCS = 6,4 ± 4,6, GCS ≤ 8 72,6%. Sul totale dei pazienti, quelli con diagnosi di emorragia sono 74 (23,3%).

Intervento: i dati sono stati riportati dalla figura infermieristica, oltre ai valori del PetCO₂ e della gittata cardiaca ogni 10 minuti, sono stati raccolti anche i dati relativi a: frequenza cardiaca, pressione arteriosa diastolica e sistolica. Associato all'emorragia sono stati utilizzati dei moduli per osservare il volume di perdita di sangue e la sede della perdita.

Risultati: nei pazienti con ipotensione data da emorragia, i valori del PetCO₂ è minore rispetto a coloro che non hanno un emorragia in atto con rispettivamente PetCO₂ = 15,2 ± 11,7 mmHg e PetCO₂ = 24,8 ± 10,1 con un P value = 0,0005,. La gittata cardiaca è inferiore nei pazienti con ipotensione data da perdita massiva di sangue rispetto a coloro che hanno diagnosi di ipotensione non associata ad emorragia con rispettivamente valori pari a 1,9 ± 3,0 L/min e 5,0 ± 2,9 L/min con un P value = 0,0008.

- Stone, M. E., Jr, Kalata, S., Liveris, A., Adorno, Z., Yellin, S., Chao, E., Reddy, S. H., Jones, M., Vargas, C., & Teperman, S. (2017). End-tidal CO₂ on admission is associated with hemorrhagic shock and predicts the need for massive transfusion as defined by the critical administration threshold: A pilot study. *Injury*, 48(1), 51–57.

Disegno di studio: studio osservazionale prospettivo (Stati Uniti d'America), (2017).

Obiettivo: andare a identificare se i valori di EtCO₂ siano predittivi, nel paziente con traumatismo, della necessità di attivare il protocollo per la trasfusione di emoderivati. Il secondo obiettivo dello studio è quello di andare a identificare se i valori bassi di EtCO₂ possano essere indice predittivo di *shock* nel paziente traumatizzato.

Popolazione: pazienti traumatizzati, con necessità o meno di intubazione a cui sono stati misurati i valori di EtCO₂. Di 131 pazienti, ne sono stati dichiarati eleggibili 67, età media 41,2 anni, il 76% sono maschi, il 49% è stato ammesso al centro traumatologico con trauma da impatto, ISS media = 9, il 9% dei pazienti è stato dichiarato morto e due di questi durante le 24 ore dall'ammissione al centro, il 60% dei pazienti ha un EtCO₂ < 35 mmHg, il 22% ha un SI > 0,9, il 13% ha una SBP < 90 mmHg, il 33% presenta dei lattati anomali ≥ 4 mmol/L.

Criteri di inclusione: età pazienti ≥ 18 anni, è stata fatta richiesta del team traumatologico per criticità, vi è una misurazione dei valori dell'EtCO₂ e dei lattati.

Criteri di esclusione: valori dell'EtCO₂ mancanti, paziente già intubato al momento dell'arrivo al centro traumatologico, paziente con traumi alla testa isolati, paziente che presenta ustioni, paziente non traumatizzato, paziente in arresto dato dal traumatismo all'arrivo.

Setting: lo studio è stato effettuato all'interno di un centro traumatologico di primo livello, nel periodo di tempo che va da novembre 2012 a maggio 2015.

Interventi: sono stati raccolti i dati all'arrivo del paziente al centro, i valori dell'EtCO₂ sono stati osservati sotto forma di onda attraverso la capnografia.

Ai pazienti a cui non è stato necessario effettuare l'intubazione, i valori dell'EtCO₂ sono stati verificati tramite cannula nasale con rilevatore laterale del flusso. Oltre ai valori della concentrazione di CO₂ di fine espirazione, sono stati raccolti ulteriori indicatori dello *shock* (IS, SBP, lattati).

Per andare a dimostrare l'associazione di bassi valori di EtCO₂ e *shock*, sono stati messi a confronto i dati medi della CO₂ dei pazienti con altri indicatori di *shock* con coloro con assenza di questi indicatori, con i pazienti deceduti e con quelli sopravvissuti.

Risultati: mettendo a confronto i valori dell'EtCO₂ media dei pazienti con altri indicatori di possibile *shock* emorragico con coloro che non hanno invece questi limiti, si può osservare come la misurazione e l'osservazione dei valori della CO₂ di fine espirazione sia un valido predittore di *shock*.

I valori dell'EtCO₂ medio nei pazienti con indicatore di *shock* emorragico dato dalla SBP < 90 mmHg (n = 9), valori dell'EtCO₂ = 29,6 mmHg a confronto con una SBP ≥ 90 mmHg (n = 58), valori dell'EtCO₂ = 34,4 mmHg, con P value = 0,103. Con l'indicatore di *shock* emorragico dati dai lattati ≥ 4,0 mmol/L (n = 22) il valore dell'EtCO₂ media è pari a 29,4 mmHg a confronto con un valore medio pari a 35,7 mmHg con lattati ≤ 4 mmol/L (n = 45), con P value = 0,003. Anche con l'indicatore dato dall'SI ≥ 0,9 (n = 17) messo a confronto con uno SI ≤ 0,9 (n = 50), il valore dell'EtCO₂ media è notevolmente inferiore, rispettivamente di 29,9 mmHg e di 34,9 mmHg, con P value = 0,037. Viene infine osservato come il valore medio della CO₂ di fine espirazione nei pazienti deceduti (n = 6) sia inferiore e pari a 23,8 mmHg rispetto a coloro che sono sopravvissuti (n = 61) pari a 34,6 (P value = 0,002).

Limiti dello studio: essendoci stato un basso numero di pazienti inclusi nello studio, può essere considerato solo uno studio pilota. Serviranno ulteriori approfondimenti e un numero maggiore di soggetti per confermare l'obiettivo.

- Chen, J. J., Lee, Y. K., Hou, S. W., Huang, M. Y., Hsu, C. Y., & Su, Y. C. (2015). End-tidal carbon dioxide monitoring may be associated with a higher possibility of return of spontaneous circulation during out-of-hospital cardiac arrest: a population-based study. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*, 23, 104.

Disegno di studio: studio descrittivo prospettivo (Scandinavia), (2015).

Obiettivo: andare ad osservare la frequenza del monitoraggio dei valori dell'EtCO₂ e dei suoi effetti sul ripristino prolungato della circolazione spontanea.

Popolazione: inizialmente sono stati presi in considerazione 6909 pazienti con arresto cardiaco extraospedaliero. Dopo la valutazione finale, la popolazione inclusa è di 53 pazienti con monitoraggio e 1060 senza.

Criteri di esclusione: età < 18 anni, non viene effettuata una manovra di rianimazione.

Setting: il periodo di osservazione va dal 1° gennaio 2003 al 31 dicembre 2012.

Intervento: i pazienti vengono suddivisi nei due gruppi, nel primo vengono monitorati i valori dell'EtCO₂ (n = 83) nel secondo non vi è alcun monitoraggio respiratorio (n = 5041). Viene poi effettuata una valutazione delle caratteristiche socioculturale e fisica della popolazione inclusa.

Risultati: dalla seconda suddivisione, il numero di sopravvissuti totale è di n = 165, ai quali 15 è stato effettuato il monitoraggio, con 1 (6,7%) paziente sopravvissuto dopo la dimissione, mentre a 150 pazienti non è stato somministrato il monitoraggio e 22 (14,7%) di questi sono sopravvissuti dopo la dimissione. Il ripristino prolungato della circolazione spontanea ROSC è maggiore nei pazienti con monitoraggio dei valori della CO₂ di fine espirazione con un OR = 2,38 (IC 95% da 1,28 a 4,42) P value = 0,006, rispetto ai pazienti senza monitoraggio. La sopravvivenza alla dimissione non è invece

considerata statisticamente significativa in quanto $OR = 0,91$ (IC 95% da 0,12 a 6,90) $P\ value = 0,924$.

Limiti dello studio: vi è la presenza di pochi pazienti nel gruppo di trattamento rispetto al gruppo di controllo.

- Kupchik, N., & Bridges, E. (2015). Improving outcomes from in-hospital cardiac arrest. *The American journal of nursing*, 115(5), 51–54.

Disegno di studio: revisione narrativa (Stati Uniti d'America), (2015).

Obiettivo: osservare le migliori pratiche per l'infermiere e le figure ospedaliere, per il miglioramento del ricovero ospedaliero del paziente con arresto cardiaco.

Popolazione: pazienti in arresto cardiaco.

Intervento: sono state osservate le linee guide per la buona pratica sulla rianimazione cardiopolmonare del paziente in arresto cardiaco, facendo il focus sulla qualità dell'RCP, i ritmi defibrillabili, la ventilazione, *debriefing* post intervento, come andare a misurare i risultati esercitarsi e migliorare gli interventi effettuati.

Risultati: le linee guida del 2010 e del 2013 dell'AHA affermano che le compressioni minime sarebbero di 120 e non più di 100, dichiarando però che un numero così elevato potrebbe portare ad una qualità inferiore della rianimazione, con profondità delle compressioni minore a quella prevista per una buona pratica. L'utilizzo di un metronomo come dispositivo per stabilire il ritmo di compressione senza perdere la qualità, spesso incorporate direttamente nel defibrillatore in uso.

3.3 Sintesi dei risultati

Tabella 1. Sintesi dei risultati degli studi

Interventi assistenziali evidenziati dagli studi	Variabili che influenzano gli interventi individuati negli studi	Studi
Modalità operative da perseguire	<p>In ambito extraospedaliero: osservare la scena che si presenta, verificare la presenza o meno di reattività della vittima, cercare e chiedere aiuto, mandare qualcuno a procurare il DAE e l'attrezzatura di emergenza, osservare respiro (se <i>gasping</i>) e polso; se presente un respiro normale ed è percepito il polso continuare il monitoraggio, se vi è la presenza di polso ma non di un respiro corretto, fornire assistenza respiratoria (1 respirazione ogni 6 sec.); se non vi è polso e il respiro non è normale iniziare l'RCP (cicli di 30 compressioni e 2 respirazioni); osservare attraverso il DAE se il ritmo è defibrillabile o meno e quindi rispettivamente effettuare una scarica o continuare con l'RCP fino all'arrivo dei soccorsi o alla ripresa della vittima.</p>	<p>Panchal, A. R., Bartos, J. A., Cabañas, J. G., Donnino, M. W., Drennan, I. R., Hirsch, K. G., Kudenchuk, P. J., Kurz, M. C., Lavonas, E. J., Morley, P. T., O'Neil, B. J., Peberdy, M. A., Rittenberger, J. C., Rodriguez, A. J., Sawyer, K. N., Berg, K. M., (2020).</p>
	<p>In ambito intraospedaliero post rianimazione: effettuare un intervento immediato, osservare i livelli di saturazione e quindi la curva della capnografia, effettuare l'ECG e una misurazione attenta della temperatura</p>	<p>Nolan, J. P., Sandroni, C., Böttiger, B. W., Cariou, A., Cronberg, T., Friberg, H., Genbrugge, C.,</p>

	corporea, fare una diagnosi. Durante la degenza continuare con un monitoraggio dei parametri vitali, prevenire i fattori di rischio. Eseguire una riabilitazione e un follow – up.	Haywood, K., Lilja, G., Moulaert, V. R. M., Nikolaou, N., Olasveengen, T. M., Skrifvars, M. B., Taccone, F., & Soar, J. (2021).
	Utilizzo di registri per un report sull’incidenza, le casistiche e il trattamento dei casi di arresto cardiaco, per l’implementazione delle risposte del servizio sanitario, laddove non presenti a livello europeo.	Gräsner, J. T., Herlitz, J., Tjelmeland, I. B. M., Wnent, J., Masterson, S., Lilja, G., Bein, B., Böttiger, B. W., Rosell-Ortiz, F., Nolan, J. P., Bossaert, L., & Perkins, G. D. (2021).
	Sensibilizzare la popolazione sull’arresto cardiaco e sugli interventi che si possono effettuare sulla persona che ne è colpita, tramite la tecnologia, implementando dove possibile l’educazione nelle scuole alla buona pratica.	Semeraro, F., Greif, R., Böttiger, B. W., Burkart, R., Cimpoesu, D., Georgiou, M., Yeung, J., Lippert, F., S Lockey, A., Olasveengen, T. M., Ristagno, G., Schlieber, J., Schnaubelt, S., Scapigliati, A., & G Monsieurs, K. (2021).

Qualità delle compressioni durante la rianimazione cardiopolmonare	Durante l'RCP con compressioni interposte, i valori dell'EtCO ₂ sono ↑, pari a 22,9 ± 12,9 mmHg rispetto all'RCP standard con valori dell'EtCO ₂ pari a 16,6 ± 11,1 mmHg, con P < 0,03.	Movahedi, A., Mirhafez, S. R., Behnam-Voshani, H., Reihani, H., Kavosi, A., Ferns, G. A., & Malekzadeh, J. (2016).
	↑ di 10 mm l'ampiezza delle compressioni i valori dell'EtCO ₂ ↑ di 1,4 mmHg con P < 0,001; ↑ ogni 10 bpm, i valori ↓ di 3 mmHg con P < 0,001. Migliorando la qualità delle compressioni, > probabilità di ROSC con valori di EtCO ₂ pari a 34,5 ± 4,5 mmHg con P < 0,001; con una qualità inferiore della rianimazione, < probabilità di ROSC con valori dell'EtCO ₂ = 23,1 ± 12,9 mmHg e P < 0,001. La sopravvivenza alla dimissione > con qualità migliori di rianimazione e quindi valori superiori di EtCO ₂ = 38,2 ± 12,9 mmHg rispetto a qualità minore con valori EtCO ₂ = 26,1 ± 15,2 mmHg con P < 0,001.	Sheak, K. R., Wiebe, D. J., Leary, M., Babaeizadeh, S., Yuen, T. C., Zive, D., Owens, P. C., Edelson, D. P., Daya, M. R., Idris, A. H., & Abella, B. S. (2015).
	Buon indicatore per l'efficacia delle compressioni, sono i valori dell'EtCO ₂ . Il valore target = 35 – 45 mmHg nel paziente in assenza di arresto cardiaco, con presenza invece dovrebbe essere ≥ 10 mmHg; questo valore se ↓, < qualità delle compressioni effettuate. Un forte ↑ dei valori dell'EtCO ₂ nell'RCP potrebbe essere indice di ROSC.	Kupchik, N., & Bridges, E. (2015).

	<p>Valori di EtCO₂ ≥ 10 mmHg, probabilità di ROSC con OR = 11,41 e P = 0,02, valori EtCO₂ ≥ 20 mmHg, probabilità di ROSC con OR = 13,82 e P = 0,0001. Probabilità di sopravvivenza > con valori di EtCO₂ ≥ 10 mmHg OR = 10,71 e P < 0,00001, con valori di EtCO₂ ≥ 20 mmHg OR = 12,24 e P < 0,00001. I valori misurati dopo 20 minuti dall'inizio dell'RCP, sopravvivenza migliore con EtCO₂ ≥ 10 mmHg OR = 181,57 e P < 0,00001, con EtCO₂ ≥ 20 mmHg OR = 234 e P < 0,00001.</p>	<p>Paiva, E. F., Paxton, J. H., & O'Neil, B. J. (2018).</p>
<p>Monitoraggio fisiologico dei valori EtCO₂ durante la rianimazione cardiopolmonare</p>	<p>Il monitoraggio fisiologico dell'EtCO₂ nel paziente in arresto cardiaco, ↑ le possibilità di ROSC con OR = 1,22 e P = 0,017. Con valori dell'EtCO₂ ≥ 10 mmHg durante l'RCP, porta ad una > sopravvivenza alla dimissione con il 24% dei monitorati e l'11% nei pazienti non monitorati, OR = 2,41 e P = 0,003. Con gli stessi valori la sopravvivenza con esito neurologico favorevole è > nei pazienti con monitoraggio con un 18% rispetto all'8% dei pazienti non monitorati, OR = 2,31 e P = 0,004.</p>	<p>Sutton, R. M., French, B., Meaney, P. A., Topjian, A. A., Parshuram, C. S., Edelson, D. P., Schexnayder, S., Abella, B. S., Merchant, R. M., Bembea, M., Berg, R. A., Nadkarni, V. M., & American Heart Association's Get With The Guidelines–Resuscitation Investigators (2016).</p>
	<p>Con valori dell'EtCO₂ > 45 mmHg monitorati durante l'RCP si ha una > probabilità di ROSC con un OR = 2,58 e P < 0,001; si ha un ↑ di ROSC</p>	<p>Poppe, M., Stratil, P., Clodi, C., Schriefl, C., Nürnberger, A., Magnet, I., Warenits, A. M.,</p>

	tardivo con OR = 3,59 P < 0,001; si ha un tasso di sopravvivenza ai 30 giorni > con OR = 5,02 e p < 0,001.	Hubner, P., Lobmeyr, E., Schober, A., Zajicek, A., & Testori, C. (2019).
	Nei pazienti con un monitoraggio fisiologico dei valori dell'EtCO2 si ha una probabilità > di ROSC con OR = 2,38 e P = 0,006.	Chen, J. J., Lee, Y. K., Hou, S. W., Huang, M. Y., Hsu, C. Y., & Su, Y. C. (2015).
Monitoraggio fisiologico dell'EtCO2 nel paziente con emorragia	Con SBP < 90 mmHg, EtCO2 = 29,6 mmHg, con SBP > 90 mmHg, EtCO2 = 34,4 mmHg, con P = 0,103. Con lattati ≥ 0,4 mmol/L, EtCO2 = 29,4 mmHg, con lattati ≤ 0,4 mmol/L, EtCO2 = 35,7 mmHg, con P = 0,003. Con SI ≥ 0,9, EtCO2 = 29,9 mmHg, con SI ≤ 0,9, EtCO2 = 34,9 mmHg, con P = 0,037. Pazienti deceduti EtCO2 = 23,8 mmHg, pazienti sopravvissuti EtCO2 = 34,6 mmHg, con P = 0,002.	Stone, M. E., Jr, Kalata, S., Liveris, A., Adorno, Z., Yellin, S., Chao, E., Reddy, S. H., Jones, M., Vargas, C., & Teperman, S. (2017).
Utilizzo della capnografia/capnometria nel paziente con emorragia	I valori di PetCO2 sono < nei pazienti con emorragia, pari a 15,2 ± 11,7 mmHg rispetto ai pazienti non aventi emorragia pari a 24,8 ± 10,1 mmHg e P = 0,0005.	Dunham, C. M., Chirichella, T. J., Gruber, B. S., Ferrari, J. P., Martin, J. A., Luchs, B. A., Hileman, B. M., & Merrell, R. (2013).
	La somministrazione di liquidi nel paziente critico, associata ad un monitoraggio dei valori dell'EtCO2 ha una buona sensibilità media = 0,75	Øberg, E. B., Jørgensen, B. G., & Berthelsen, P. G. (2019).

	(0,60 – 0,91), ed un'ottima specificità media = 0,94 (0,70 – 1). L'AUROC medio = 0,82 (0,67 – 0,94).	
--	--	--

CAPITOLO 4 – Discussione e conclusione

4.1 Discussione dei risultati

Nei 14 studi presi in considerazione, eterogenei per quello che riguarda la popolazione, gli *outcomes* presi in oggetto e l'area geografica sono elaborati in un contesto internazionale. Le evidenze portano a identificare 5 macroaree relative agli interventi assistenziali: modalità operative da perseguire, qualità delle compressioni durante la rianimazione cardiopolmonare, monitoraggio fisiologico dei valori EtCO₂ durante la rianimazione cardiopolmonare, monitoraggio fisiologico dell'EtCO₂ nel paziente con emorragia e utilizzo della capnometria/capnografia nel paziente con emorragia.

Come viene sottolineato da *Panchal et al. (2020)* è importante nel paziente in arresto cardiaco in ambito extraospedaliero andare ad effettuare un controllo, oltre che della scena e delle condizioni della vittima, osservare il respiro e il polso e attivare le procedure di rianimazione; questo concetto viene trattato in ambito intraospedaliero nella linea guida di *Nolan et al. (2021)* dove viene posto l'accento anche sul monitoraggio fisiologico nel paziente in arresto cardiaco, della saturazione anche con l'osservazione della curva capnografica mantenendone quindi una normocapnia, dell'SBP, della temperatura corporea e di un attento controllo elettrocardiografico per capirne la causa e agire come da protocollo; importante è il *follow – up* e la riabilitazione una volta che il paziente è stato stabilizzato. *Gräsner et al. (2021)*, afferma che l'utilizzo di un registro europeo per un report su incidenza, casistiche, trattamento dei casi di arresto cardiaco può essere un buon mezzo per un'implementazione di una risposta più adatta del servizio sanitario; anche *Semeraro et al. (2021)*, si sofferma su di un aggiornamento continuo e di una sensibilizzazione a livello della popolazione sull'arresto cardiaco e quindi sugli interventi che possono essere effettuati da personale non sanitario e non di soccorso.

Movahedi et al. (2016), *Sheak et al. (2015)* e *Kupchik et al. (2015)* vanno ad osservare come durante la rianimazione cardiopolmonare, in particolare durante il gesto delle compressioni, l'EtCO₂ abbia un ruolo fondamentale nell'attribuirne una qualità per aumentare la possibilità di sopravvivenza della vittima di arresto cardiaco, come ben osservato nello studio di *Kupchik et al. (2015)*, dove appunto viene indicato che i valori nel paziente in arresto, devono essere maggiori di 10 mmHg per una probabilità maggiore di ROSC. *Movahedi et al. (2016)*, va a comparare la tecnica diversa di

rianimazione definita come compressioni interposte, con la tecnica standard, osservandone un aumento dei valori dell'EtCO₂ con un $P < 0,03$. *Sheak et al. (2015)* va invece a mettere a confronto l'ampiezza delle compressioni, dove aumentando di 10 mm crescono i valori dell'EtCO₂ di 1,4 mmHg ($P < 0,001$); andando a migliorare l'ampiezza, il gesto e vedendo quindi un incremento dei valori dell'EtCO₂ pari a $34,5 \pm 4,5$ mmHg anziché $23,1 \pm 12,9$ mmHg durante la rianimazione cardiopolmonare, si riscontrano maggiori probabilità di ROSC ($P < 0,001$); anche la sopravvivenza alla dimissione è maggiore comparata ad una qualità migliore delle compressioni e a valori più alti dell'EtCO₂ pari a $38,2 \pm 12,9$ mmHg anziché $26,1 \pm 15,2$ mmHg ($P < 0,001$).

Il monitoraggio fisiologico dei valori dell'EtCO₂ effettuato durante la rianimazione cardiopolmonare viene affrontato negli studi di *Paiva et al. (2018)*, *Sutton et al. (2016)*, *Poppe et al. (2019)*, *Chen et al. (2015)*. In particolare *Paiva et al. (2018)* va ad osservare come i valori dell'EtCO₂ ≥ 10 mmHg e a 20 mmHg aumentano le probabilità di ROSC ($P = 0,0001$) e la probabilità di sopravvivenza ($P < 0,00001$); se i valori vengono misurati dopo 20 minuti si osserva una sopravvivenza più alta sia con valori ≥ 10 mmHg e a 20 mmHg ($P < 0,00001$). Andando a comparare le vittime di arresto cardiaco in base al monitoraggio o meno dei valori dell'EtCO₂ durante l'RCP, *Sutton et al. (2016)* afferma che c'è un aumento di ROSC e della sopravvivenza con EtCO₂ ≥ 10 mmHg nel 24% dei pazienti monitorati rispetto all'11% di coloro a cui non è stato effettuato alcun monitoraggio ($P = 0,003$) per la ripresa del circolo, di un 18% rispetto all'8% ($P = 0,004$) per la sopravvivenza. *Poppe et al. (2019)* osserva che valori di EtCO₂ > 45 mmHg monitorati durante l'RCP portano ad un aumento della probabilità di ROSC, della ripresa del circolo anche tardivo e di sopravvivenza ai 30 giorni ($P < 0,001$). *Chen et al. (2015)* infine osserva un aumento della probabilità di ROSC nel paziente in arresto cardiaco con monitoraggio della curva capnografica $p = 0,006$.

Valori minori dell'EtCO₂ nel paziente con indici riconducibili all'emorragia come SBP ($P = 0,103$), lattati ($P = 0,003$), SI ($P = 0,037$), porta ad una conferma della diagnosi; è stato osservato che i pazienti deceduti avevano un valore di EtCO₂ = 23,8 mmHg rispetto ai sopravvissuti con EtCO₂ = 34,6 mmHg ($P = 0,002$).

L'utilizzo della capnografia e della capnometria nel paziente con emorragia viene analizzato da *Dunham et al. (2013)* dove si osserva che i valori di PetCO₂ sono minori

nei pazienti con emorragia e sono pari a $15,2 \pm 11,7$ mmHg a confronto con pazienti senza diagnosi di emorragia con valori pari a $24,8 \pm 10,1$ mmHg ($P = 0,0005$). *Oberg et al. (2019)* va ad osservare come la somministrazione di liquidi nel paziente critico sia associata con una buona sensibilità media pari a 0,75 e ad un'ottima specificità media pari a 0,94 per quello che riguarda il monitoraggio dei valori dell'EtCO₂, con AUROC medio pari a 0,82.

4.2 Implicazioni per la pratica

Osservando l'incidenza a livello nazionale delle casistiche dei pazienti, le tematiche analizzate in questa revisione, quali l'arresto cardiaco e l'emorragia, sono temi ancora molto discussi; dalla ricerca effettuata risultano inoltre molto presenti nelle banche dati e nelle riviste scientifiche nazionali ed internazionali. L'assistenza infermieristica di questi casi deve essere presente in ambito di emergenza e non, a livello intra ed extraospedaliero.

Alla figura infermieristica è essenziale provvedere a una formazione adeguata in modo che possa leggere e interpretare correttamente i valori dell'End – Tidal CO₂, fornendole una tecnologia adatta per la raccolta dei dati. Questo fa sì che questi possano essere fonte di miglioramento per ciò che riguarda la presa in carico del paziente, osservandone i rischi di peggioramento delle condizioni cliniche, i fattori predittivi che può dare e la funzione di standardizzazione della prestazione.

4.3 Implicazioni per la ricerca

Tra gli studi analizzati, si fa riferimento anche all'utilizzo di un registro per il report delle casistiche, dell'incidenza e del trattamento dei casi di arresto cardiaco in Europa, strumento che però non è implementato in tutti gli stati europei, tra cui l'Italia, dove invece vengono registrati i dati solo a livello regionale. L'utilizzo di questo report potrebbe portare all'utilizzo di nuove tecniche efficaci di rianimazione, utili per diminuire la mortalità dei pazienti.

Emerge dalla ricerca fatta, la necessità di ulteriori ricerche in popolazione più ampia, soprattutto per quello che riguarda l'ambito dell'emorragia e il rilevamento dei valori di EtCO₂ in tale casistica.

4.4 Conclusioni

L'obiettivo di questa revisione della letteratura era di indagare come l'utilizzo di uno strumento come l'EtCO₂ potesse portare ad un miglioramento delle prestazioni dell'infermiere per quello che riguardava la sopravvivenza del paziente in arresto cardiaco e del paziente con emorragia.

Le evidenze hanno dimostrato che l'utilizzo dei valori dell'EtCO₂, siano favorevoli per gli *outcomes* soprariportati, soffermandosi sull'importanza del monitoraggio durante la rianimazione cardiopolmonare per la prestazione del professionista e come valore premonitore di ROSC, e sull'entità che può esserci nell'associazione con altri valori e l'emorragia.

In conclusione l'infermiere è tenuto ad aggiornarsi e ad utilizzare strumenti che possano portarlo ad un miglioramento delle sue prestazioni, per l'agire in maniera corretta nel bene dei pazienti.

BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA

Advanced Trauma Life Support® Student Course Manual Library of Congress
Control Number: 2017907997 ISBN 78-0-9968262-3-5

Andersen, L. W., Holmberg, M. J., Berg, K. M., Donnino, M. W., & Granfeldt, A. (2019). In-Hospital Cardiac Arrest: A Review. *JAMA*, 321(12), 1200–1210. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.1696>

Badon, P., & Giusti, G. D. (2022). *Assistenza infermieristica in area critica e in emergenza*. Casa editrice Ambrosiana.

Baid, H., Creed, F., & Hargreaves, J. (2016). *Oxford Handbook of Critical Care Nursing*. In Oxford University Press eBooks. <https://doi.org/10.1093/med/9780198701071.001.0001>

Bateman, R. M., Sharpe, M. D., Jagger, J. E., Ellis, C. G., Solé-Violán, J., López-Rodríguez, M., Herrera-Ramos, E., Ruíz-Hernández, J., Borderías, L., Horcajada, J., González-Quevedo, N., Rajas, O., Briones, M., Rodríguez de Castro, F., Rodríguez Gallego, C., Esen, F., Orhun, G., Ergin Ozcan, P., Senturk, E., Ugur Yilmaz, C., ... Prandi, E. (2016). 36th International Symposium on Intensive Care and Emergency Medicine : Brussels, Belgium. 15-18 March 2016. *Critical care (London, England)*, 20(Suppl 2), 94. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1208-6>

Cheifetz I.M., Myers T.R. (2007), Respiratory therapies in the critical care setting. Should every mechanically ventilated patient be monitored with capnography from intubation to extubation?, *Respiratory Care*, 52(4):423-438.

Chen, J. J., Lee, Y. K., Hou, S. W., Huang, M. Y., Hsu, C. Y., & Su, Y. C. (2015). End-tidal carbon dioxide monitoring may be associated with a higher possibility of return of spontaneous circulation during out-of-hospital cardiac arrest: a population-based study. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*, 23, 104. <https://doi.org/10.1186/s13049-015-0187-y>

D. Longrois, P.-M. Mertes, Shock emorragico, Volume , Issue , /2010, Pages , ISSN 1283-0771, [http://dx.doi.org/10.1016/S1283-0771\(10\)57972-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1283-0771(10)57972-6)

Dunham, C. M., Chirichella, T. J., Gruber, B. S., Ferrari, J. P., Martin, J. A., Luchs, B. A., Hileman, B. M., & Merrell, R. (2013). In emergently ventilated trauma patients, low end-tidal CO₂ and low cardiac output are associated and correlate with hemodynamic instability, hemorrhage, abnormal pupils, and death. *BMC anesthesiology*, 13(1), 20. <https://doi.org/10.1186/1471-2253-13-20>

European Resuscitation Council and European Society of Intensive Care Medicine guidelines 2021: post-resuscitation care. *Intensive care medicine*, 47(4), 369–421. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06368-4>

Giusti, G. D., & Benetton, M. (2015). *Guida al monitoraggio in area critica*. Maggioli Editore.

Gräsner, J. T., Herlitz, J., Tjelmeland, I. B. M., Wnent, J., Masterson, S., Lilja, G., Bein, B., Böttiger, B. W., Rosell-Ortiz, F., Nolan, J. P., Bossaert, L., & Perkins, G. D. (2021). European Resuscitation Council Guidelines 2021: Epidemiology of cardiac arrest in Europe. *Resuscitation*, 161, 61–79. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.02.007>

<https://emspedia.emergency-live.com/en/wp-content/uploads/sites/2/2018/03/ondacapno1-1024x419.png>

<https://www.salute.gov.it/portale/prontoSoccorso/dettaglioContenutiProntoSoccorso.jsp?lingua=italiano&id=1049&area=118%20Pronto%20Soccorso&menu=vuoto>

https://www.fnopi.it/archivio_news/attualita/2688/codice%20deontologico_2019.pdf

<https://www.fnopi.it/wp-content/uploads/2019/10/DM-739-94.pdf>

<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1992/03/31/092A1471/sg>

<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1995/01/09/095G0001/sg>

<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2000/09/06/000G0299/sg>

https://www.iss.it/documents/20126/8706657/Draft+scope+LG+Arresto+Cardiac+o_v2023-05-19.pdf

<https://www.msmanuals.com/it-it/professionale/medicina-di-terapia-intensiva/arresto-cardiaco-e-rianimazione-cardiopulmonare/arresto-cardiaco>

<https://www.researchgate.net/publication/319942280/figure/fig6/AS:631673200840728@1527614035984/CO-2-measurement-technology-a-sidestream-and-b-mainstream.png>

Kupchik, N., & Bridges, E. (2015). Improving outcomes from in-hospital cardiac arrest. *The American journal of nursing*, 115(5), 51–54. <https://doi.org/10.1097/01.NAJ.0000465032.97598.3e>

Movahedi, A., Mirhafez, S. R., Behnam-Voshani, H., Reihani, H., Kavosi, A., Ferns, G. A., & Malekzadeh, J. (2016). A Comparison of the Effect of Interposed Abdominal Compression Cardiopulmonary Resuscitation and Standard Cardiopulmonary Resuscitation Methods on End-tidal CO₂ and the Return of Spontaneous Circulation Following Cardiac Arrest: A Clinical Trial. *Academic emergency medicine : official journal of the Society for Academic Emergency Medicine*, 23(4), 448–454. <https://doi.org/10.1111/acem.12903>

Mutschler A, Nienaber U, Brockamp T, et al. A critical reappraisal of the ATLS classification of hypovolaemic shock: does it really reflect clinical reality? *Resuscitation* 2013,84:309–313

Nolan, J. P., Sandroni, C., Böttiger, B. W., Cariou, A., Cronberg, T., Friberg, H., Genbrugge, C., Haywood, K., Lilja, G., Moulaert, V. R. M., Nikolaou, N., Olasveengen, T. M., Skrifvars, M. B., Taccone, F., & Soar, J. (2021).

Øberg, E. B., Jørgensen, B. G., & Berthelsen, P. G. (2019). End-tidal CO₂ in the diagnosis of fluid responsiveness - a systematic review. *Danish medical journal*, 66(9), A5560.

Paiva, E. F., Paxton, J. H., & O'Neil, B. J. (2018). The use of end-tidal carbon dioxide (ETCO₂) measurement to guide management of cardiac arrest: A systematic review. *Resuscitation*, 123, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.12.003>

Panchal, A. R., Bartos, J. A., Cabañas, J. G., Donnino, M. W., Drennan, I. R., Hirsch, K. G., Kudenchuk, P. J., Kurz, M. C., Lavonas, E. J., Morley, P. T., O'Neil, B. J., Peberdy, M. A., Rittenberger, J. C., Rodriguez, A. J., Sawyer, K. N., Berg, K. M., & Adult Basic and Advanced Life Support Writing Group (2020). Part 3: Adult Basic and Advanced Life Support: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*, 142(16_suppl_2), S366–S468. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000916>

Poppe, M., Stratil, P., Clodi, C., Schriebl, C., Nürnberger, A., Magnet, I., Warenits, A. M., Hubner, P., Lobmeyr, E., Schober, A., Zajicek, A., & Testori, C. (2019). Initial end-tidal carbon dioxide as a predictive factor for return of spontaneous circulation in nonshockable out-of-hospital cardiac arrest patients: A retrospective observational study. *European journal of anaesthesiology*, 36(7), 524–530. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000999>

Selby, S. T., Abramo, T., & Hobart-Porter, N. (2018). An Update on End-Tidal CO₂ Monitoring. *Pediatric emergency care*, 34(12), 888–892. <https://doi.org/10.1097/PEC.0000000000001682>

Semeraro, F., Greif, R., Böttiger, B. W., Burkart, R., Cimpoesu, D., Georgiou, M., Yeung, J., Lippert, F., S Lockey, A., Olasveengen, T. M., Ristagno, G., Schlieber, J., Schnaubelt, S., Scapigliati, A., & G Monsieurs, K. (2021). European Resuscitation Council Guidelines 2021: Systems saving lives. *Resuscitation*, 161, 80–97. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.02.008>

Sheak, K. R., Wiebe, D. J., Leary, M., Babaeizadeh, S., Yuen, T. C., Zive, D., Owens, P. C., Edelson, D. P., Daya, M. R., Idris, A. H., & Abella, B. S. (2015). Quantitative relationship between end-tidal carbon dioxide and CPR quality during

both in-hospital and out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*, 89, 149–154.
<https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.01.026>

Stone, M. E., Jr, Kalata, S., Liveris, A., Adorno, Z., Yellin, S., Chao, E., Reddy, S. H., Jones, M., Vargas, C., & Teperman, S. (2017). End-tidal CO₂ on admission is associated with hemorrhagic shock and predicts the need for massive transfusion as defined by the critical administration threshold: A pilot study. *Injury*, 48(1), 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2016.07.007>

Sutton, R. M., French, B., Meaney, P. A., Topjian, A. A., Parshuram, C. S., Edelson, D. P., Schexnayder, S., Abella, B. S., Merchant, R. M., Bembea, M., Berg, R. A., Nadkarni, V. M., & American Heart Association's Get With The Guidelines–Resuscitation Investigators (2016). Physiologic monitoring of CPR quality during adult cardiac arrest: A propensity-matched cohort study. *Resuscitation*, 106, 76–82.
<https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.06.018>

<https://www.salute.gov.it/portale/prontoSoccorso/dettaglioContenutiProntoSoccorso.jsp?lingua=italiano&id=1049&area=118%20Pronto%20Soccorso&menu=vuoto>

ALLEGATI

Allegato 1: Tabella sintesi della ricerca degli studi

Banche dati	Parole chiave	N° documenti trovati	N° documenti selezionati	Titolo, anno e autori degli studi selezionati
PUBMED	<i>End tidal co2 AND hemorrhage</i>	539	2	Dunham, C. M., Chirichella, T. J., Gruber, B. S., Ferrari, J. P., Martin, J. A., Luchs, B. A., Hileman, B. M., & Merrell, R. (2013). In emergently ventilated trauma patients, low end-tidal CO2 and low cardiac output are associated and correlate with hemodynamic instability, hemorrhage, abnormal pupils, and death. <i>BMC anesthesiology</i> , 13(1), 20. Øberg, E. B., Jørgensen, B. G., & Berthelsen, P. G. (2019). End-tidal CO2 in the diagnosis of fluid responsiveness - a systematic review. <i>Danish medical journal</i> , 66(9), A5560.
	<i>Etco2 monitoring AND adult</i>	63	2	Sutton, R. M., French, B., Meaney, P. A., Topjian, A. A., Parshuram, C. S., Edelson, D. P., Schexnayder, S., Abella, B. S., Merchant, R. M., Bembea, M., Berg, R. A., Nadkarni, V. M., & American Heart Association's Get With The Guidelines–Resuscitation Investigators (2016). Physiologic monitoring of CPR quality during

				adult cardiac arrest: A propensity-matched cohort study. Resuscitation, 106, 76–82.
				Chen, J. J., Lee, Y. K., Hou, S. W., Huang, M. Y., Hsu, C. Y., & Su, Y. C. (2015). End-tidal carbon dioxide monitoring may be associated with a higher possibility of return of spontaneous circulation during out-of-hospital cardiac arrest: a population-based study. Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine, 23, 104.
	<i>End tidal co2 AND cardiac arrest</i>	57	1	Movahedi, A., Mirhafez, S. R., Behnam-Voshani, H., Reihani, H., Kavosi, A., Ferns, G. A., & Malekzadeh, J. (2016). A Comparison of the Effect of Interposed Abdominal Compression Cardiopulmonary Resuscitation and Standard Cardiopulmonary Resuscitation Methods on End-tidal CO2 and the Return of Spontaneous Circulation Following Cardiac Arrest: A Clinical Trial. Academic emergency medicine : official journal of the Society for Academic Emergency Medicine, 23(4), 448–454.

	<i>Etco2 AND ROSC</i>	29	1	Poppe, M., Stratil, P., Clodi, C., Schriegl, C., Nürnberger, A., Magnet, I., Warenits, A. M., Hubner, P., Lobmeyr, E., Schober, A., Zajicek, A., & Testori, C. (2019). Initial end-tidal carbon dioxide as a predictive factor for return of spontaneous circulation in nonshockable out-of-hospital cardiac arrest patients: A retrospective observational study. <i>European journal of anaesthesiology</i> , 36(7), 524–530.
	<i>CPR guidelines</i>	1053	2	<p>Panchal, A. R., Bartos, J. A., Cabañas, J. G., Donnino, M. W., Drennan, I. R., Hirsch, K. G., Kudenchuk, P. J., Kurz, M. C., Lavonas, E. J., Morley, P. T., O'Neil, B. J., Peberdy, M. A., Rittenberger, J. C., Rodriguez, A. J., Sawyer, K. N., Berg, K. M., & Adult Basic and Advanced Life Support Writing Group (2020). Part 3: Adult Basic and Advanced Life Support: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. <i>Circulation</i>, 142(16_suppl_2), S366–S468.</p> <p>Nolan, J. P., Sandroni, C., Böttiger, B. W., Cariou, A., Cronberg, T., Friberg, H., Genbrugge, C., Haywood, K., Lilja, G., Moulaert, V. R. M., Nikolaou, N., Olasveengen, T. M., Skrifvars, M. B., Taccone, F., & Soar, J. (2021). European Resuscitation Council and European Society of Intensive Care Medicine guidelines 2021: post-resuscitation care. <i>Intensive care medicine</i>, 47(4), 369–421.</p>

				<p>Gräsner, J. T., Herlitz, J., Tjelmeland, I. B. M., Wnent, J., Masterson, S., Lilja, G., Bein, B., Böttiger, B. W., Rosell-Ortiz, F., Nolan, J. P., Bossaert, L., & Perkins, G. D. (2021). European Resuscitation Council Guidelines 2021: Epidemiology of cardiac arrest in Europe. <i>Resuscitation</i>, 161, 61–79.</p> <p>Semeraro, F., Greif, R., Böttiger, B. W., Burkart, R., Cimpoesu, D., Georgiou, M., Yeung, J., Lippert, F., S Lockey, A., Olasveengen, T. M., Ristagno, G., Schlieber, J., Schnaubelt, S., Scapigliati, A., & G Monsieurs, K. (2021). European Resuscitation Council Guidelines 2021: Systems saving lives. <i>Resuscitation</i>, 161, 80–97.</p>
Scopus	<i>CPR AND End tidal co2</i>	450	1	<p>Sheak, K. R., Wiebe, D. J., Leary, M., Babaeizadeh, S., Yuen, T. C., Zive, D., Owens, P. C., Edelson, D. P., Daya, M. R., Idris, A. H., & Abella, B. S. (2015). Quantitative relationship between end-tidal carbon dioxide and CPR quality during both in-hospital and out-of-hospital cardiac arrest. <i>Resuscitation</i>, 89, 149–154.</p>
CINAHL	<i>End tidal CO2 AND Hemorrhage</i>	30	1	<p>Jr.Stone, M. E., Kalata, S., Liveris, A., Adorno, Z., Yellin, S., Chao, E., Reddy, S. H., Jones, M., Vargas, C., Teperman, S., & Stone, M. E., Jr. (2017). End-tidal CO2 on admission is associated with hemorrhagic shock and predicts the need for massive transfusion as defined by the critical administration threshold: A pilot study. <i>Injury</i>, 48(1), 51–57.</p>

	<i>End tidal co2 AND cardiac arrest</i>	50	1	Paiva, E. F., Paxton, J. H., & O'Neil, B. J. (2018). The use of end-tidal carbon dioxide (ETCO 2) measurement to guide management of cardiac arrest: A systematic review. <i>Resuscitation</i> , 123, 1–7.
American Journal of Nursing	<i>Capnography AND nursing</i>	18	1	Kupchik, N., & Bridges, E. (2015). Improving outcomes from in-hospital cardiac arrest. <i>The American journal of nursing</i> , 115(5), 51–54.

Allegato 2: flow chart di selezione degli studi

