

Università degli Studi di Padova
Scuola di Medicina e Chirurgia
Dipartimento di Medicina
Corso di Laurea in Infermieristica

Tesi di Laurea

**“ANALISI DELLO STATO DELL'ARTE
SULLE CONOSCENZE E UTILIZZO DELLA
CAPNOGRAFIA”**

RELATORE: PROF. A.C. BERGAMASCO MARCO
CORRELATORE: DOTT. GAMBAROTTO MANUEL

LAUREANDA: BRUGNARO TERESA
MATRICOLA: 1228557

Anno Accademico 2022 - 2023

INDICE	
ABSTRACT	3
INTRODUZIONE	5
1. QUADRO GENERALE	7
1.1 La capnografia	7
1.2 Fisiologia dell'anidride carbonica	8
1.2.1 Il metabolismo cellulare e la produzione della CO ₂	8
1.2.2 Regolazione del flusso e della pressione arteriosa	9
1.2.3 Regolazione della ventilazione e eliminazione della CO ₂	10
1.3 Analisi dell'onda capnografica	11
1.4 Capnografia sidestream e mainstream	12
1.5 Differenza tra capnografia volumetrica e standard	13
2. MATERIALI E METODI	15
2.1 Obiettivo primario	15
2.2 Obiettivo secondario	16
3. RISULTATI	17
3.1 Risultati obiettivo primario	18
3.1.1 La capnografia per il monitoraggio della ventilazione	18
3.1.2 La capnografia per il monitoraggio della perfusione	20
3.1.3 La capnografia per il monitoraggio del metabolismo	21
3.1.4 Altre indicazioni sull'utilizzo della capnografia	22
3.2 Risultati obiettivo secondario	22
3.2.1 Fattori che influiscono sull'implementazione	24
4. DISCUSSIONE	27
4.1 Implicazioni per la pratica infermieristica	30
4.2 Limiti dello studio	31
5. CONCLUSIONI	33
BIBLIOGRAFIA	35
ALLEGATI	43
TABELLA 1: Riassunto degli articoli della prima parte di ricerca	44
TABELLA 2: Riassunto degli articoli della seconda parte di ricerca	54
TABELLA 3: Capnografia, Et-CO ₂ e principali interpretazioni	59
FIGURA 4: Schema per l'interpretazione della capnografia	64

ABSTRACT

QUADRO GENERALE la capnografia è il monitoraggio dell'anidride carbonica (CO₂) eliminata con l'espiazione, il cui andamento è rappresentato graficamente da un'onda quadra. L'altezza massima raggiunta dall'onda capnografica è definita End Tidal Carbon Dioxide (Et-CO₂) ed è il valore numerico della massima concentrazione di CO₂. La capnografia può essere misurata in modo continuo e non invasivo; e permette di acquisire informazioni a ogni atto respiratorio, rispetto alle funzioni fisiologiche che regolano la CO₂ nell'organismo, quindi metabolismo, perfusione e ventilazione. Nonostante i vantaggi di questo monitoraggio la letteratura ne riporta una scarsa diffusione nella pratica clinica.

OBIETTIVO: sono stati formulati due quesiti di ricerca. L'obiettivo primario inerente le indicazioni e dunque le patologie in cui è possibile usare la capnografia ai fini del monitoraggio in area critica, mentre il secondario indaga sui fattori favorenti e limitanti dell'implementazione di tale metodica nella prassi clinico-assistenziale.

MATERIALI E METODI la ricerca bibliografica è stata condotta per rispondere ai due quesiti di ricerca attraverso la consultazione di due banche dati, PubMed e Cinahl Complete. Sono stati definiti per ciascuna domanda di ricerca i criteri di inclusione ed esclusione degli articoli.

RISULTATI sono stati selezionati dodici articoli per rispondere al primo quesito di ricerca e otto per il secondo. Rispetto il primo quesito è emerso che la capnografia è raccomandata durante le manovre di rianimazione, per l'intubazione endotracheale e durante le procedure di sedazione e anestesia (Panchal et al, 2020; Soar et al, 2021; Klein et al, 2021), mentre per altre indicazioni trova limitate evidenze che richiedono ulteriori studi. Mentre rispetto il secondo quesito di ricerca sono emersi alcuni dei fattori ostacolanti l'implementazione della capnografia; ridotte conoscenze e mancanza di apparecchiatura per il monitoraggio unitamente all'impatto dell'esperienza, delle percezioni individuali, della cultura dell'unità operativa nonché della motivazione all'utilizzo; sono le variabili da considerare alla base della ridotta

diffusione del monitoraggio capnografico (Langhan et al, 2014; Iyer et al, 2015; Carlaise, 2015; Osvaldo et al, 2016; Seganti et al, 2016, Clark et al, 2018; Scully et al, 2020; Shas et al, 2022).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONE i risultati ottenuti riportano che la capnografia è un parametro utile nel fornire informazioni rispetto alla ventilazione, perfusione e metabolismo, e sono presenti delle indicazioni specifiche per ognuna delle funzioni fisiologiche citate (Long et al, 2017; Aminiahidashti et al, 2018). Tuttavia, la capnografia deve essere integrata a una valutazione completa della persona. A livello infermieristico la capnografia risulta essere importante perché la sua misurazione fornisce delle garanzie nella tutela della sicurezza della persona, in particolare nelle procedure di sedazione (Langhan et al, 2014; Iyer et al, 2015). I fattori che influiscono sulla sua implementazione possono essere corretti attraverso degli interventi che favoriscano lo sviluppo di conoscenze ed esperienze sostenendone l'uso nell'unità operativa. Inoltre, la letteratura sottolinea l'importanza che nei progetti di implementazione venga coinvolto l'infermiere, in quanto rientra nel suo interesse professionale la sicurezza della persona attraverso il monitoraggio (Carlaise, 2015; Iyer et al, 2015).

INTRODUZIONE

Il monitoraggio è un'attività realizzata allo scopo di raccogliere informazioni sulle funzioni vitali della persona in cura, ed è parte integrante dell'assistenza infermieristica (Connor et al, 2020). È fondamentale perché ogni parametro misurato è una rappresentazione dell'attività di organi e sistemi e ogni alterazione o discostamento dai range, sottende un razionale, una spiegazione fisiopatologica da interpretare e capire. Dal monitoraggio base dei parametri vitali, a quello più articolato dell'area critica, ogni dato che viene raccolto deve essere integrato agli altri e alla clinica della persona, in modo da comprendere correttamente il significato (Considine et al, 2015 ;Connor et al, 2020). Infatti, il monitoraggio permette di riconoscere precocemente se i parametri vitali sono idonei o meno, prevedere il deterioramento degli stessi, orientando dunque le scelte e le decisioni dei professionisti, il tipo di trattamento e la sua misura. Il valore aggiunto del monitoraggio è insito nel suo rappresentare un linguaggio di riferimento convincente e non ambiguo perché quantificabile (Mok et al, 2015). L'infermiere è la figura professionale con più alta responsabilità nel processo di monitoraggio, in quanto ha un maggiore contatto con l'assistito e si trova spesso in prima linea durante la rilevazione dei dati che devono essere documentati e compresi nel loro significato. Questo è possibile solo se l'infermiere possiede delle conoscenze teoriche unite a capacità di ragionamento clinico utili a riconoscere il deterioramento delle condizioni attivando precocemente medico o soccorsi avanzati (Considine et al, 2015).

Alla luce dell'importanza di questo processo, l'argomento di discussione della tesi riguarda proprio il monitoraggio della capnografia e l'End Tidal Carbon Dioxide (Et-CO₂), ovvero la valutazione della concentrazione dell'anidride carbonica (CO₂) contenuta nei gas esalati con il respiro. La capnografia costituisce un parametro molto utile, grazie al quale è possibile identificare problemi metabolici, di perfusione, o ventilatori. La capnografia contestualizzata alla clinica della persona in cura e con gli altri parametri monitorati permette di acquisire informazioni rispetto ai diversi quadri patologici. Il suo uso è raccomandato anche nelle ultime linee guida

dell'European Resuscitation Council del 2021 e nelle manovre di Advance Life Support (Soar et al, 2021). Negli ultimi anni proprio dalla comprensione di ciò che rappresenta l'Et-CO2 sono state strutturate numerose ricerche, alcune ancora in corso, per riuscire a indagare tutti i vantaggi relativi alla capnografia. Come monitoraggio, infatti, la capnografia è continuo, ma non invasivo, le variazioni sono immediate ma la sua sensibilità è legata al contesto, cioè l'interpretazione dipende da un'accurata comprensione della situazione individuale della persona(Böhm et al, 2020).

La presente dissertazione si pone come obiettivo primario quello di eseguire una revisione della letteratura sull'utilizzo della capnografia, i quadri patologici che possono essere monitorati e le indicazioni attuali delle linee guida. L'obiettivo secondario sarà quello di analizzare i motivi legati alla scarsa implementazione di tale metodica e il ruolo dell'infermiere.

CAPITOLO 1: QUADRO GENERALE

1.1 La capnografia

Il monitoraggio dell'anidride carbonica esalata durante il ciclo respiratorio è definito capnografia. Questo parametro è costituito da: una rappresentazione grafica dell'andamento della concentrazione della CO₂, durante la respirazione, sottoforma di onde quadre, in funzione di tempo o volume; e dal valore numerico della massima altezza raggiunta dall'onda quadra definito End Tidal Carbon Dioxide (Et-CO₂).

Storicamente il monitoraggio della capnografia inizia intorno agli anni '70, nei reparti di terapia intensiva. Inizialmente venivano utilizzati sistemi di spettrometria di massa, che attraverso tubi, aspiravano il gas esalato fino a una postazione centrale, per tutti i posti letto del reparto, il monitoraggio non era continuo perché il macchinario doveva analizzare in modo alternato i gas delle persone collegate. Negli anni '80, attraverso l'uso dei sensori a infrarossi, più piccoli e portatili, i monitor per la capnografia raggiungono il singolo paziente (Siobal, 2016), questo ne favorisce l'uso e la ricerca. La prima applicazione pratica in cui viene indicato l'uso della capnografia è per valutare la qualità delle compressioni toraciche durante le manovre di rianimazione cardiopolmonare (Schoonees, 1977). Attualmente i sensori per il monitoraggio capnografico sono costituiti da un emettitore di raggi infrarossi (IR), una camera di campionamento e dal rilevatore dei raggi IR. Il fascio di infrarossi attraversa la miscela di gas espirato e una parte dei raggi ne rimane assorbita. La frazione che raggiunge il rilevatore è inversamente proporzionale alla concentrazione di CO₂, secondo la legge sull'assorbimento della luce infrarossa di Beer-Lambert (Kreigt, 2019). Attualmente la capnografia è possibile misurarla anche nelle persone non intubate, permettendo pertanto, che l'utilizzo di questo parametro non sia confinato alla sola terapia intensiva e al blocco operatorio, ma possa essere adoperato anche in altri contesti (Kodali, 2013).

1.2 Fisiologia dell'anidride carbonica

Le informazioni associate alla capnografia derivano dalla comprensione dei processi fisiologici che riguardano la produzione, l'eliminazione e il ruolo della CO₂ nell'omeostasi dell'organismo umano. La CO₂ è una molecola, un sottoprodotto della respirazione cellulare, diffonde attraverso la membrana cellulare al liquido interstiziale e da questo al sangue, secondo gradiente di concentrazione. A livello vascolare la CO₂ viene trasportata sotto forma di ione bicarbonato, oppure legato all'emoglobina o ad altre proteine plasmatiche e in piccola parte disciolto nel plasma. Nello spazio alveolare, la ventilazione permette lo scambio dei gas e quindi l'eliminazione della CO₂. L'equilibrio tra produzione, trasporto e diffusione della CO₂ è fondamentale, in quanto una variazione in qualsiasi delle sue fasi comporterebbe l'accumulo della CO₂, quindi l'ipercapnia. L'eliminazione continua, ma non totale della CO₂, permette di mantenere l'equilibrio acido-base nei range; e nel caso di alterazioni, la respirazione polmonare modula la CO₂ nel tentativo di ripristinare l'omeostasi, l'attivazione di questo sistema tampone avviene nel giro di pochi minuti e rappresenta il secondo livello di difesa alle variazioni del pH. La capnografia riflette quindi il metabolismo, la perfusione e la ventilazione dell'organismo (Böhm et al, 2020).

1.2.1 Il metabolismo cellulare e la produzione della CO₂

Il metabolismo cellulare è costituito da reazioni di anabolismo e catabolismo. L'utilizzo del glucosio per la produzione di ATP (Adenosina Tri Fosfato) determina il rilascio, come prodotto di scarto, di molecole di CO₂ e acqua (H₂O), e viene classificato come reazione di catabolismo. La produzione della CO₂ è possibile solo nelle reazioni aerobiche cioè quelle reazioni che utilizzano l'ossigeno per la produzione di ATP (Saladin, & Gaudio, 2019). L'ATP è una molecola essenziale per il mantenimento dell'omeostasi cellulare, attraverso l'ossigeno la produzione rimane costante e sufficiente ai bisogni cellulari; pertanto, condizioni che riducono o sopprimono la disponibilità di ossigeno nella cellula determinano una riduzione della produzione di ATP, in quanto vengono attivati i meccanismi di produzione anaerobica, che tuttavia

non permettono la sopravvivenza nel lungo periodo (Pontieri, 2018). Alcune condizioni patologiche che alterano il metabolismo cellulare sono, per esempio, la sepsi, lo shock settico, l'ipertermia maligna, la risposta dei tessuti dopo lesioni da ustione (Hinkle & Cheever, 2017; Lise, 2017).

1.2.2 Regolazione del flusso e della pressione arteriosa

La perfusione tissutale è il flusso di sangue per un dato volume o massa di tessuto e varia continuamente in funzione delle esigenze metaboliche, funzioni del tessuto e apporto d'ossigeno (Saladin, & Gaudio, 2019). Il flusso ematico, definito come la quantità di sangue nell'unità di tempo, gioca un ruolo importante nel mantenere il gradiente di diffusione della CO₂ in modo da favorirne il movimento dai tessuti al sangue (Marius et al, 2014), collegando i tessuti da cui viene prodotta la CO₂ ai polmoni, dove verrà eliminata. Il flusso è regolato dalla pressione arteriosa e dalle resistenze, a loro volte influenzati da altri fattori. In particolare, la pressione arteriosa dipende dal volume ematico, dalle resistenze vascolari stesse e dalla gittata cardiaca (Saladin, & Gaudio, 2019). Il volume ematico ridotto impedisce lo spostamento della CO₂ e di altre molecole di scarto che si accumulano nei tessuti, per cui l'eliminazione della CO₂ è ridotta. Cause di ipovolemia sono l'emorragia, la disidratazione (Hinkle & Cheever, 2017). La vasomotilità è la variazione di resistenza dei vasi sanguigni al flusso di sangue, è un'attività regolata dal centro vasomotore situato nel midollo allungato, che svolge la sua funzione integrando informazioni provenienti dai barocettori e chemocettori. La vasodilatazione riduce la pressione ematica, ma aumenta la perfusione, nella vasocostrizione la cosa si svolge al contrario. La vasomotilità regola la pressione arteriosa e la perfusione ai diversi organi e tessuti (Saladin, & Gaudio, 2019). Le resistenze aumentano in modo patologico, per esempio, con l'attivazione del sistema renina-angiotensina-aldosterone, nell'insufficienza cardiaca, che determina una riduzione della perfusione a livello degli organi e tessuti periferici e la congestione a livello della circolazione polmonare; mentre si riducono in condizioni di shock per il rilascio di sostanze con effetto vasodilatante come l'istamina (Pontieri, 2018). La gittata cardiaca influisce sulla perfusione polmonare, fondamentale per

l'eliminazione della CO₂. I cambiamenti della gittata cardiaca possono essere dovuti a una riduzione della contrattilità cardiaca, a cambiamenti nelle resistenze dei vasi ematici, al volume circolante (Saladin, & Gaudio, 2019). L'acidosi metabolica, per esempio riduce la contrattilità cardiaca, l'embolia polmonare aumenta le resistenze vascolari, l'emorragia e sanguinamenti riducono il volume circolante (Hinkle & Cheever, 2017).

1.2.3 La regolazione della ventilazione e l'eliminazione della CO₂

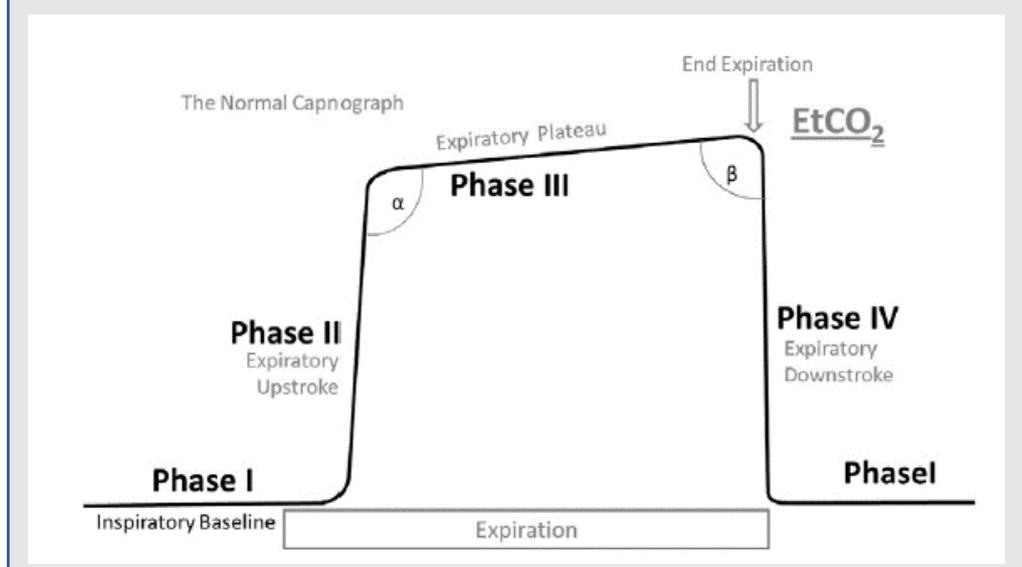
La ventilazione è lo scambio dei gas, ossigeno e anidride carbonica, negli alveoli. Questa funzione prevede l'aspirazione dell'aria ambiente e successivamente la sua esalazione. La ventilazione è regolata da tre centri respiratori nella formazione reticolare del midollo allungato e del ponte: il gruppo respiratorio ventrale, che genera il ritmo respiratorio eupnoico; il gruppo respiratorio dorsale, che modifica il ritmo respiratorio in base agli stimoli provenienti dai chemocettori; il gruppo respiratorio pontino, che adatta il respiro secondo input provenienti dai centri superiori, per adeguarlo a circostanze particolari. La respirazione è regolata in parte in modo cosciente, in parte è una funzione automatica, il ruolo di questi centri del respiro è quello di stimolare la muscolatura deputata alla respirazione coordinando i movimenti inspiratori ed espiratori. L'attività dei centri del respiro è influenzata dai segnali provenienti dai chemocettori, presenti a livello del midollo allungato, nei glomi carotidei e nell'arco aortico. I chemocettori sono sensibili alle variazioni di pH e anche di CO₂ e ossigeno. L'abbassamento del pH, conseguente all'aumento della CO₂, stimola il centro del respiro dorsale ad aumentare la frequenza respiratoria per eliminare la CO₂ in eccesso (Saladin, & Gaudio, 2019). La ventilazione inadeguata determina l'accumulo della CO₂, ed è causata da difetti della pompa ventilatoria, ossia l'insieme delle strutture destinate a sostenere la ventilazione alveolare e di cui fanno parte i centri del respiro, i muscoli respiratori e il torace. Di conseguenza alterazioni dello stato di coscienza, della conduzione dell'impulso elettrico o le patologie della muscolatura scheletrica possono alterare il funzionamento della pompa

ventilatoria. Inoltre, anche l'ostruzione delle vie aeree è una causa che compromette gli scambi gassosi (Chiaranda, 2016; Hinkle & Cheever, 2017) .

1.3 Analisi dell'onda capnografica

La capnografia è rappresentata da un'onda quadra che può essere analizzata secondo tempo o volume (Böhm et al, 2020). Questa variabile, la cui differenza sarà spiegata successivamente, determina due capnografie diverse, - la curva volumetrica (spiegata nei paragrafi successivi) e - temporale o standard. Nella figura 1, tratta da Manifold et al. (2013), è presentata l'onda capnografica standard. L'onda capnografica è divisa in quattro fasi indicate con i numeri romani e presenta due angoli α e β .

Figura 1: Onda capnografica standard (Manifold et al, 2013, pag.627)



Nella fase I la CO₂ è pari a zero poiché questa è la fase dell'inspiro e dell'espirazione precoce. Se la CO₂ fosse presente, questo indicherebbe il rebrithing del gas (Kodali, 2013). La fase II rappresenta l'espirazione, è caratterizzata da una rapida salita della CO₂ proveniente sia dallo spazio morto che da quello alveolare. La pendenza della fase II rappresenta le unità polmonari, con diversa velocità di svuotamento di CO₂ nelle vie aeree principali, per questo motivo le patologie polmonari e vascolari determinano una salita più lenta in questa fase. Nella fase III, la fase del plateau, l'aria espirata è solo alveolare. La pendenza del plateau deriva dalla non uniforme

distribuzione del rapporto ventilazione/perfusione. Infatti, a livello alveolare è mantenuto un equilibrio tra eliminazione e trasporto della CO₂, il primo è legato alla ventilazione, mentre il trasporto del sangue aumenta la CO₂; questo comporta che il plateau non sia completamente piatto. La massima altezza raggiunta dal plateau è rappresentata numericamente dall'Et-CO₂ (Kodali, 2013). Infine, è presente la fase IV o 0 in cui ricomincia l'inspirazione e la CO₂ tende ad abbassarsi fino allo zero. L'angolo α di norma è di 100°, è sotteso tra la fase II e III e rappresenta il rapporto ventilazione/perfusione. La gittata cardiaca, le resistenze delle vie aeree, possono alterare questo rapporto modificando di conseguenza l'ampiezza dell'angolo α . L'angolo β normalmente è di 90° ed è compreso tra la fase III e la fase IV e aumenta nel caso di rebrithing, donne in gravidanza, obesi e bambini. L'area sottostante alla curva rappresenta tutta la CO₂ emessa durante l'espiazione (Kodali, 2013; Krauss et al, n.d.). L'Et-CO₂ ha valori compresi tra 35-45 mmHg e riflette la pressione parziale dell'anidride carbonica (PaCO₂) con uno scarto di ± 5 mmHg (Kodali, 2013). In letteratura sono presenti evidenze che sostengono il valore della differenza tra PaCO₂ ed Et-CO₂, poiché rappresenta la relazione tra perfusione e ventilazione, in particolare nelle situazioni di instabilità emodinamica (Siobal, 2016; Khajebashi et al, 2021)

1.4 Capnografia sidestream e mainstream

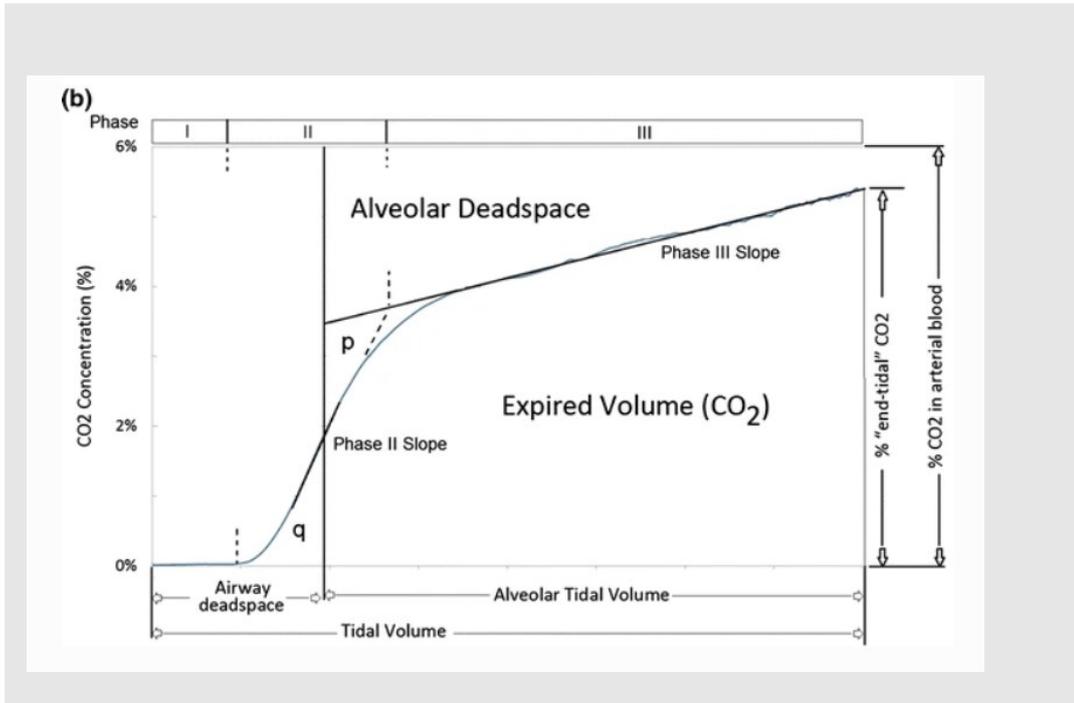
La posizione del sensore classifica la capnografia in modalità mainstream e sidestream, a seconda che il rilevatore sia direttamente o indirettamente in linea con il l'aria espirata. Quando il capnografo è incorporato nei monitor la posizione del sensore, non direttamente esposto ai gas espirati, lo classifica come metodica sidestream (Siobal, 2016). Il mainstream invece, è la tecnica che prevede di porre il sensore in linea diretta con il gas esalato. Le due tecniche si differenziano per tempo di risposta, forma d'onda, dimensioni del sensore e applicabilità a persone non intubate. Con il sidestream, l'aria espirata dalla persona, viene aspirata da una linea di campionamento, che la convoglia al sensore, questo comporta che la misurazione è ritardata; tuttavia, la posizione della persona non limita l'utilizzo della capnografia, perché il sensore è spostato ed esterno rispetto al paziente, per cui è più facile da

collegare, non richiede sterilizzazione e può essere usato anche in persone non intubate, tuttavia il vapore acqueo influisce sulle concentrazioni di CO₂, e l'onda è più soggetta a distorsione. Il sidestream per diversi anni è stato l'unica modalità per il monitoraggio della capnografia nelle persone non intubate. Il mainstream, infatti è un sensore che deve essere applicato direttamente in linea con i gas esalati; e per misurare la CO₂, il paziente doveva essere intubato. Il sensore rileva la CO₂ in maniera più rapida rispetto alla metodica sidestream, e contemporaneamente all'attività respiratoria, ma per le dimensioni e l'obbligo di doverlo applicare sul circuito respiratorio, il capnografo poteva causare piegamenti del tubo e la posizione del paziente poteva controindicare il suo utilizzo, tipo la pronazione. Negli ultimi anni i sensori mainstream sono stati migliorati, rendendoli più piccoli e applicabili anche nelle persone non intubate, aggiungendo ulteriori vantaggi alla metodica mainstream; tra cui che l'onda capnografica subisce meno distorsioni, il rilevamento della concentrazione della CO₂ non è influenzato dal vapore acqueo e non possono esserci problematiche di ostruzione della linea di campionamento (Kodali, 2022).

1.5 Differenza tra capnografia volumetrica e standard

Come accennato nel paragrafo 1.3, la capnografia può essere valutata in funzione del tempo o del volume. Nel primo caso, ovvero la modalità standard di rilevazione, la funzione tempo permette di analizzare la CO₂ nell'intero ciclo respiratorio, determinando in modo accurato la frequenza respiratoria, a cui si aggiunge la valutazione qualitativa su metabolismo, ventilazione e perfusione polmonare. La variabile volume invece, è un'ulteriore evoluzione della capnografia, poiché analizza l'andamento della CO₂ in base al volume di gas espirato. Le informazioni, che con la variabile tempo erano solo qualitative, assumono carattere quantitativo e permettono di misurare lo spazio morto polmonare, lo spazio alveolare e l'eliminazione della CO₂ (Böhm et al, 2020). La capnografia volumetrica è indicata per il monitoraggio delle persone sottoposte a ventilazione meccanica, perché permette di valutare l'adeguatezza della modalità di ventilazione, le condizioni di stabilità dell'assistito, l'emodinamica e il metabolismo. Con questa metodica la CO₂

può essere utilizzata come indicatore per il monitoraggio della gittata cardiaca. Nella figura 2, tratta da Jaffe (2016), è rappresentata l'onda capnografica volumetrica. A differenza della capnografia standard quest'onda si compone di tre fasi: le fasi I e II rappresentano il gas nelle vie aeree, mentre la fase III rappresenta il gas alveolare (Böhm et al, 2020).



CAPITOLO 2: MATERIALI E METODI

Nella fase introduttiva sono state presentate alcune nozioni base per comprendere il significato del monitoraggio capnografico. Da questa premessa sono stati sviluppati due quesiti di ricerca: il primo per comprendere meglio il ruolo della capnografia, nel monitoraggio delle tre funzioni fisiologiche che regolano la CO₂; il secondo per identificare i fattori che influiscono nel suo reale utilizzo, in particolare da parte degli infermieri. La ricerca sarà condotta consultando le come banche dati PubMed e Cinahl Complete

2.1 Obiettivo primario

DOMANDA DI RICERCA: quali sono le condizioni patologiche e le indicazioni di utilizzo della capnografia, per il monitoraggio dello stato ventilatorio, circolatorio e di metabolismo della persona critica?

OBIETTIVO PRIMARIO: Individuare le condizioni patologiche e le indicazioni per cui è possibile utilizzare la capnografia per il monitoraggio dello stato ventilatorio, di perfusione o di metabolismo nella persona critica.

P = persona critica

I = monitoraggio capnografico

C = //

O = monitorare lo stato ventilatorio, di circolazione o metabolico

PAROLE CHIAVE: capnography, capnometry, end tidal carbon dioxide, Et-CO₂, end tidal CO₂, airway, ventilation, circulation perfusion, metabolism

CRITERI DI INCLUSIONE:

- Periodo temporale 2017-2022
- Linee guida, revisioni sistemiche, metanalisi, revisioni
- Setting in area critica: soccorso extra-ospedaliero, pronto soccorso, terapia intensiva, unità anestesiologicala post-operatoria (PACU)
- Persona adulta (età superiore ai 18 anni)

CRITERI DI ESCLUSIONE:

- Periodo temporale precedente al 2017
- Fonti letterarie diverse da quelle sopraelencate nei criteri di inclusione
- Setting diverso dall'area critica
- Paziente pediatrico

Sono stati selezionati dieci articoli che rientravano nei criteri di inclusione.

2.2 Obiettivo secondario

DOMANDA DI RICERCA: quali sono i motivi che nel personale infermieristico, influiscono sull'implementazione della capnografia?

OBIETTIVO SECONDARIO: conoscere le cause che favoriscono o ostacolano l'implementazione del monitoraggio capnografico tra gli infermieri.

P = infermieri

I = monitoraggio capnografico

C = //

O = implementazione della capnografia

PAROLE CHIAVE: capnography, capnometry, end tidal carbon dioxide, Et-CO₂, end tidal CO₂, nurs*, implementation, promoting, improve, integration

CRITERI DI INCLUSIONE

- periodo temporale 2012-2022
- revisione sistemica, metanalisi, revisioni, randomized controlled trial, studi di coorte, studi caso controllo, opinione di esperti, studi qualitativi, evidence based project

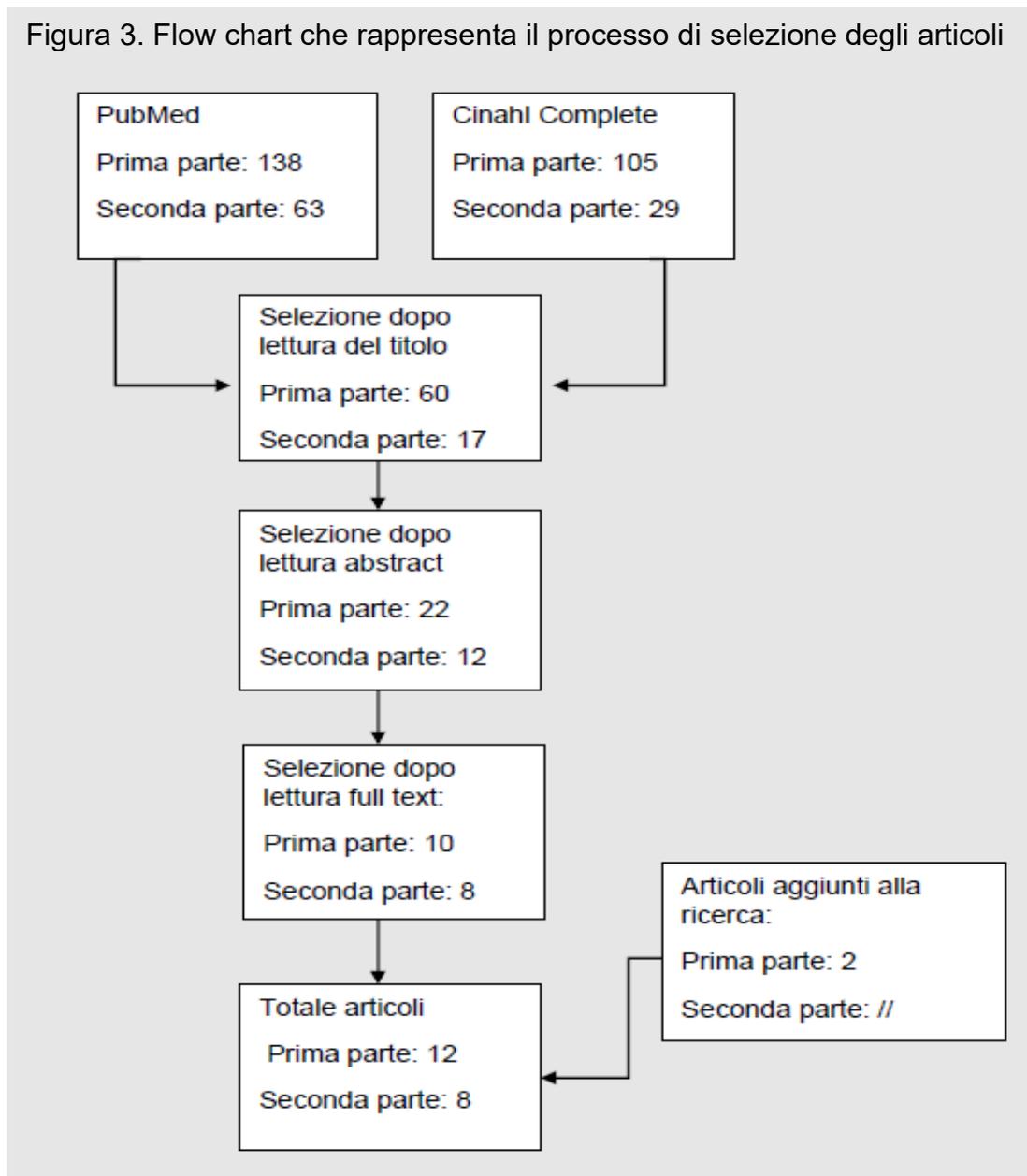
CRITERI DI ESCLUSIONE

- articoli precedenti al 2012

Sono stati selezionati otto articoli che rientravano nei criteri di inclusione

CAPITOLO 3: RISULTATI

Figura 3. Flow chart che rappresenta il processo di selezione degli articoli



Dalla lettura e analisi degli articoli selezionati, i risultati sono stati suddivisi in tre parti, allo scopo di favorire una comprensione più chiara. Nella prima e seconda parte vengono presentati i risultati rispetto ai quesiti di ricerca, nell'ultima sezione, in particolare, vengono illustrati i fattori che influenzano la diffusione della capnografia a livello pratico.

3.1 Risultati Obiettivo primario

Dalla ricerca bibliografica sono emersi inizialmente 255 articoli, il cui numero è stato ridotto, dopo lettura del titolo a 60, e successivamente all'analisi dell'abstract sono stati selezionati 20 articoli di cui è stata presa visione del testo completo. Al termine sono stati scelti 10 articoli, a cui sono state aggiunte 2 linee guida, perché considerate rilevanti e coerenti con lo scopo della ricerca. Il processo di selezione degli articoli è rappresentato nella figura 3 da una flow chart. Dei dodici articoli, quattro sono linee guida (Safety Committee of Japanese Society of Anesthesiologist [JSA], 2017; Klein et al, 2021; Panchal et al, 2020; Soar et al, 2021) tre sono revisioni sistemiche (Øberg et al, 2019; Chau et al, 2021; Huang et al, 2022), di cui due anche meta-analisi (Chau et al, 2021; Huang et al, 2022), cinque sono le revisioni (Cereceda-Sánchez & Molina-Mula, 2017; Long et al, 2017; Aminiahidashti et al, 2018; Di Carlo et al, 2021; Wilks & Foran, 2021). Tre revisioni sistemiche e quattro revisioni di letteratura esploravano l'utilizzo della capnografia nelle diverse situazioni (Cereceda-Sánchez & Molina-Mula, 2017; Long et al, 2017; Aminiahidashti et al, 2018; Øberg et al, 2019; Chau et al, 2021; Wilks & Foran, 2021; Huang et al, 2022), mentre gli altri cinque, di cui quattro linee guida e una revisione, studiavano la capnografia in modo indiretto, cioè lo scopo di questi articoli era la gestione dell'ipertermia maligna (JSA, 2017), dell'arresto cardio-circolatorio (Panchal et al, 2020; Soar et al, 2021), il monitoraggio della persona anestetizzata o sedata (Klein et al, 2021) e della circolazione (Di Carlo et al, 2021).

3.1.1 La capnografia per il monitoraggio della ventilazione

Cinque articoli, di cui tre linee guida (Panchal et al, 2020; Soar et al, 2021; Klein et al, 2021) e due revisioni (Long et al, 2017; Aminiahidashti et al, 2018) affermano che la capnografia, può essere utilizzata come metodo gold standart, per confermare il corretto posizionamento del tubo endotracheale all'interno delle vie aeree, escludendo l'intubazione esofagea. Il corretto posizionamento del tubo endotracheale è confermato dalla presenza dell'onda capnografica che deve persistere per più di sei ventilazioni consecutive

(Aminiahidashti et al, 2018; Soar et al, 2021). Le linee guida dell'Association of Anaesthetists (Klein et al, 2021) affermano che la capnografia permette di conoscere, in modo preciso, continuo e reale, la frequenza respiratoria della persona, il modello di ventilazione, oltre a confermare la pervietà delle vie aeree. Significa pertanto, che una riduzione della frequenza respiratoria e l'aumento dei valori di Et-CO₂ sono alterazioni che possono significare ipoventilazione e alterazione della pervietà delle vie aeree (Long et al, 2017; Aminiahidashti et al, 2018; Klein et al, 2021). L'ipoventilazione è un segno che sottende numerose cause, come aumento della pressione intracranica nella persona con trauma cranico (Long et al, 2017), dopo fase ictale della crisi epilettica (Long et al, 2017), ma in particolare può essere una complicanza data dalla somministrazione dei farmaci impiegati per la sedazione o l'anestesia generale. Le linee guida della Association of Anaesthetists (Klein et al, 2021) raccomandano la capnografia tra i parametri di monitoraggio minimo della persona anestetizzata o sedata, durante tutto il percorso operatorio, quindi anche in seguito alla dimissione dall'Unità di Cura Post-Anestesia (PACU), durante il successivo ricovero e da mantenere almeno fino alla rimozione di presidi invasivi per il controllo delle vie aeree; questa indicazione è presente anche in tre revisioni (Long et al, 2017; Aminiahidashti et al, 2018; Wilks & Foran, 2021). Sempre da linee guida (Klein et al, 2021) viene raccomandato l'uso della capnografia durante il trasporto della persona intubata, questo è stato riportato anche nella revisione di Long et al. (2017). L'ostruzione non completa delle vie aeree modifica l'onda capnografica, conferendogli un aspetto triangolare e portando a un aumento dei valori di Et-CO₂ (Long et al, 2017; Aminiahidashti et al, 2018). Questo può essere osservato nelle persone che presentano patologie ostruttive delle vie aeree, come Bronco Pneumopatia Cronico Ostruttivo (BPCO) e asma. Attraverso la forma dell'onda capnografica è possibile valutare l'effetto dei farmaci broncodilatatori o la necessità di intubazione (Long et al, 2017). Wilks & Foran (2021) propongono l'utilizzo della capnografia per il monitoraggio della persona con rischio di Sindrome da Apnea Ostruttiva del Sonno (OSAS).

3.1.2 La capnografia per il monitoraggio della perfusione

È stato indagato il ruolo della capnografia per la valutazione della perfusione. La capnografia riflette la perfusione polmonare e quindi la gittata cardiaca (Øberg et al, 2019; Huang et al, 2022) in particolare, trova indicazione nelle manovre di rianimazione; come parametro per valutare la reattività ai fluidi nelle persone ipotese; come possibile indicatore di emorragia e necessità di trasfusione massiva nella persona vittima di trauma; e il suo ruolo per la diagnosi di embolia polmonare.

La letteratura sostiene l'utilizzo della capnografia durante le manovre di rianimazione della persona in arresto cardiaco, in quanto permette di valutare la qualità delle compressioni toraciche (Long et al, 2017; Aminiahidashti et al, 2018; Panchal et al, 2020; Soar et al, 2021). Oltre a ciò, la capnografia fornisce delle indicazioni rispetto al Ritorno alla Circolazione Spontanea (ROSC) e alla decisione di fermare gli sforzi rianimatori. Il brusco aumento dei valori di Et-CO₂ è un parametro che può essere considerato per confermare il ritorno alla circolazione spontanea (ROSC). Invece, quando i valori di Et-CO₂ non superano i 10 mmHg, dopo 20 minuti di manovre di rianimazione avanzata, la capnografia può essere considerata nella decisione clinica di abbandonare gli sforzi rianimatori. In entrambi i casi, la letteratura afferma che la decisione clinica non deve basarsi solo sulla capnografia (Long et al, 2017; Aminiahidashti et al, 2018; Panchal et al, 2020; Soar et al, 2021).

Due revisioni sistemiche (Øberg et al, 2019; Huang et al, 2022) hanno valutato l'accuratezza dell'Et-CO₂, come indicatore di reattività ai fluidi. La capnografia, infatti, risente della perdita di volume circolante, con conseguente riduzione dei valori di Et-CO₂. Nel primo studio, di Øberg et al. (2019), la revisione sistemica realizzata, ha valutato se l'aumento di Et-CO₂, misurato nella persona intubata, poteva essere considerato per valutare l'adeguatezza del volume intravascolare, al seguito della somministrazione di liquidi per via endovenosa. Secondo quest'articolo Et-CO₂ ha un'elevata specificità e buona sensibilità per valutare la risposta ai fluidi; tuttavia, la scarsità di studi reperiti dalla revisione, non permette di sostenere adeguatamente il suo utilizzo per

questo scopo. La seconda revisione sistemica e meta-analisi di Huang et al. (2022), invece valutava il valore di Et-CO₂ per predire la reattività ai fluidi, durante il test di sollevamento passivo delle gambe, nelle persone sottoposte a ventilazione meccanica. Lo studio concludeva che Et-CO₂ aveva un valore moderatamente prognostico per valutare la reattività ai fluidi. La risposta dell'Et-CO₂ all'infusione di liquidi è stata riportata anche in una revisione (Long et al, 2017). Rispetto a questo articolo e nella revisione di Aminiahidashti et al. (2018), veniva discusso il ruolo dell'Et-CO₂ nella valutazione della persona traumatizzata, in quanto una riduzione dei valori di Et-CO₂ può indicare la presenza di lesioni gravi, nella fattispecie di emorragie. Un'altra revisione (Di Carlo et al, 2021), dopo avere analizzato i diversi parametri utilizzati per la valutazione della perdita ematica nel trauma, proponeva l'uso di Et-CO₂ come indicatore di emorragia grave e necessità di trasfusione massiva.

Due revisioni di letteratura (Long et al, 2017; Aminiahidashti et al, 2018) hanno riportato che Et-CO₂ si riduceva nelle persone con embolia polmonare, per riduzione della perfusione polmonare e aumento dello spazio morto; inoltre, questa patologia determina un aumento della differenza tra valori di PaCO₂ ed Et-CO₂. Secondo queste revisioni la capnografia potrebbe essere utilizzata per escludere la diagnosi di embolia polmonare, associandola al punteggio di Wells (Long et al, 2017).

3.1.3 La capnografia per il monitoraggio del metabolismo

Per quanto riguarda l'uso della capnografia nella valutazione del metabolismo, l'ipertermia maligna è il solo quadro in cui l'Et-CO₂ trova un suo ruolo specifico. Due linee guida (JSA, 2017; Klein et al, 2021) infatti, sostengono il suo utilizzo durante gli interventi chirurgici, in quanto un brusco aumento dell'Et-CO₂, accompagnato da tachicardia inspiegabile, costituisce il primo segnale di ipertermia maligna; mentre il suo ritorno ai range di normalità, rappresenta il ritorno alla stabilità clinica della persona (JSA, 2017). Altri studi hanno esaminato l'utilità della capnografia in particolare, nelle condizioni di acidosi e sepsi. La revisione di Cereceda-Sánchez e Molina-Mula (2017), ha analizzato il ruolo della capnografia, per la rilevazione dei cambiamenti metabolici in

condizioni di acidosi e alcalosi, nelle persone in respiro spontaneo. Questa revisione ha analizzato la correlazione tra Et-CO₂ e bicarbonato (HCO₃⁻), pressione parziale della CO₂ nel sangue e lattati. Tuttavia, lo studio non presentava evidenze a supporto di questo, quanto piuttosto il fatto che la capnografia non influiva nella valutazione clinica finale. Altre due revisioni (Long et al, 2017; Aminiahidashti et al, 2018) hanno riportato che i valori di Et-CO₂, in condizioni di acidosi metabolica, (prendendo come esempio il quadro patologico di chetoacidosi diabetica) si riducono a causa dell'aumento della frequenza respiratoria, come risposta compensatoria alla riduzione degli ioni di HCO₃⁻. Entrambi gli articoli riportavano valori di massimo e minimo di Et-CO₂ per cui è possibile escludere o confermare la diagnosi di chetoacidosi diabetica. La correlazione tra lattati ed Et-CO₂ presente in quadri di shock settico e sepsi, è costituita dal fatto che all'aumentare dei lattati, si riduce il valore di Et-CO₂, questa relazione potrebbe essere usata per la valutazione della prognosi della persona, che è tanto più infausta, quanto l'alterazione dei parametri (Cereceda-Sánchez & Molina-Mula 2017; Long et al, 2017; Aminiahidashti et al, 2018).

3.1.4 Altre indicazioni per l'uso della capnografia

Infine, si riporta una revisione sistemica e meta-analisi di Chau et al. (2021) che analizza l'uso della capnografia per confermare il corretto posizionamento del sondino naso gastrico, ovvero per escludere un'intubazione accidentale. L'articolo riporta l'efficienza della capnografia per differenziare il posizionamento corretto o meno del sondino naso gastrico, descrivendo però, anche tutti i fattori che possono alterare la valutazione, tra cui la presenza di secrezioni delle vie aeree e di materiale gassoso a livello gastrico, con conseguente interpretazione errata del tracciato capnografico.

3.2. Risultati Obiettivo secondario

La ricerca bibliografica che ha permesso di rispondere al secondo quesito di ricerca, è stata condotta consultando due banche dati, PubMed, Chinail Complete. Sono stati selezionati dieci articoli che rispondevano al quesito di ricerca; tuttavia, due articoli sono stati scartati perché non è stato possibile

ottenere il full text, neanche attraverso i servizi della Biblioteca Pinali dell'Università di Padova; per tanto gli articoli sono diventati otto. Il processo di selezione degli articoli è rappresentato nella figura 3 da una flow chart. In questa seconda parte di ricerca sono stati inclusi anche studi effettuati in ambito pediatrico e nei reparti di degenza ordinaria, in quanto l'obiettivo di questa ricerca è quello di conoscere i fattori che favoriscono o meno l'implementazione della capnografia, per tanto il setting degli studi non è stato ritenuto determinante in questo.

Come tipologia di studi gli articoli sono: quattro studi qualitativi di cui: due a carattere esplorativo (Langhan et al, 2014; Iyer et al, 2015), e due a carattere prospettico (Seganti et al, 2016; Clark et al, 2018); tre Evidence based practice project (Carlaise, 2015; Osvaldo et al, 2016; Scully et al 2020) e uno studio pilota quasi sperimentale a doppio sito (Shas et al, 2022).

Alcuni studi si sono concentrati solo su unità operative specifiche, mentre altri valutavano l'uso della capnografia in diversi contesti. Tre ricerche sono state condotte in pronto soccorso (Langhan et al, 2014; Iyer et al, 2015; Shas et al, 2022), di cui due che valutavano in particolare l'ambito pediatrico (Langhan et al, 2014; Iyer et al, 2015). Due articoli presentavano come setting l'ambiente operatorio, in particolare l'unità post-operatoria (Osvaldo et al, 2016; Scully et al 2016), due la terapia intensiva (Langhan et al, 2014; Seganti et al, 2016), e gli ultimi due l'unità medico-chirurgiche (Clark et al, 2018; Carlaise, 2015).

L'applicazione di questo parametro è stato studiato per le indicazioni sostenute da linee guida, quindi per la conferma del corretto posizionamento del tubo endotracheale (Langhan et al, 2014; Seganti et al, 2016; Shas et al, 2022), durante le manovre di rianimazione (Langhan et al, 2014; Seganti et al, 2016; Shas et al, 2022), ma soprattutto gran parte degli articoli valutava il suo utilizzo per il monitoraggio della persona durante procedure di sedazione, o a seguito di esse, oppure dopo la somministrazione di farmaci oppioidi per la gestione del dolore (Langhan et al, 2014; Carlaise, 2015; Iyer et al, 2015; Osvaldo et al, 2016; Clark et al, 2018; Scully et al, 2020). L'implementazione della capnografia nella pratica clinica è stato l'obiettivo di quattro studi, (Carlaise,

2015; Osvaldo et al, 2016; Scully et al 2020;); mentre la ricerca condotta da Seganti et al. (2016) voleva migliorare l'adesione alle raccomandazioni internazionali che raccomandano l'utilizzo della capnografia. Due articoli valutavano i facilitatori e gli ostacoli all'implementazione (Langhan et al, 2014; Iyer et al, 2015); in particolare, l'articolo di Clark et al. (2018) si concentra su uno degli aspetti che influiscono sul processo di implementazione cioè le percezioni degli infermieri rispetto a nuove proposte. Nella realizzazione di questi studi, diversi gruppi di ricercatori hanno utilizzato questionari, sia per valutare le conoscenze in merito alla capnografia (Seganti et al, 2016; Shas et al, 2022), sia per conoscere le percezioni rispetto ad essa (Carlaise, 2015; Clark et al, 2018; Scully et al, 2020); interviste semi-strutturate (Langhan et al, 2014; Iyer et al, 2015) e debriefing (Osvaldo et al, 2016).

3.2.1 Fattori che influiscono sull'implementazione

Dalla lettura degli articoli sono stati esaminati alcuni temi che influiscono sulla diffusione della capnografia. A livello pratico la presenza, la quantità e la disponibilità di monitor e attrezzature, insieme alla capacità di impostare gli allarmi, è uno degli aspetti basilari per l'implementazione della capnografia (Langhan et al, 2014; Iyer et al, 2015; Clark et al, 2018; Shas et al, 2022). Di fatto, gli studi che riportavano il processo di implementazione nei vari contesti, hanno dichiarato che all'inizio del progetto c'era stato l'acquisto di monitor e attrezzature adatte (Carlaise, 2015; Osvaldo et al, 2016; Scully et al, 2020). L'attrezzatura, tuttavia non è l'unico aspetto prioritario per favorire l'uso della capnografia; il secondo tema comune agli articoli, sono le conoscenze sulla capnografia, ossia l'interpretazione dell'onda capnografica, il significato dei valori di Et-CO₂, le indicazioni all'utilizzo, gli interventi da eseguire. Quest'aspetto è stato ampiamente discusso in tutti gli articoli (Langhan et al, 2014; Iyer et al, 2015; Carlaise, 2015; Osvaldo et al, 2016; Seganti et al, 2016, Clark et al, 2018; Scully et al, 2020; Shas et al, 2022). La mancanza di conoscenze è legata a sua volta a tre aspetti che sono: l'apprendimento delle informazioni di base, la conservazione di quanto imparato e la formazione continua. Nell'apprendimento delle conoscenze base influisce il modo con cui è stata introdotta la capnografia all'interno dell'unità operativa, cioè se in modo

passivo, rendendo disponibile solo l'attrezzatura (Langhan et al, 2014), oppure attraverso il coinvolgimento attivo del personale, in concomitanza all'acquisto dei monitor (Carlaise, 2015; Osvaldo et al, 2016; Scully et al, 2020), e quindi utilizzando modalità di apprendimento di gruppo (Iyer et al, 2015), piuttosto che di formazione con esperti in materia (Scully et al, 2020), piuttosto che video dimostrativi o altro materiale (Carlaise, 2015; Seganti et al, 2016; Shas et al, 2022). A seguito dell'acquisizione di conoscenze base sull'argomento, il problema successivo è il mantenimento di queste nozioni e l'aggiornamento continuo (Iyer et al, 2015; Clark et al, 2018). Nel primo caso è possibile creare dei fogli laminati, piuttosto che proporre degli slogan o frasi intelligenti, allo scopo di garantire che le informazioni più importanti vengano conservate o siano prontamente disponibili alla consultazione (Seganti et al, 2016; Scully et al, 2020; Shas et al, 2022). Per quanto riguarda la formazione continua alcuni progetti di implementazione hanno considerato il problema e hanno assicurato che il personale riceverà un aggiornamento continuo (Carlaise, 2015; Osvaldo et al, 2016; Scully et al, 2020). La mancanza di conoscenze porta a diversi effetti: incapacità ad utilizzare appieno la capnografia in modo coerente (Langhan et al, 2014; Clark et al, 2018), esperienze negative che inducono il personale a non apprezzare questo strumento (Langhan et al, 2014; Iyer et al, 2015); difficoltà a ottenere la collaborazione della persona in respiro spontaneo, per il posizionamento del sensore (Carlaise, 2015; Osvaldo et al, 2016; Clark et al, 2018). Le esperienze personali con la capnografia, insieme alla cultura presente nel reparto influiscono sull'implementazione della capnografia, in quanto il tipo di esperienza, positivo o negativo, costituisce il feedback e la percezione con cui si valuta l'utilità o meno della capnografia (Langhan et al, 2014; Iyer et al, 2015; Clark et al, 2018). Con il termine cultura dell'unità operativa si intende la presenza di politiche che impongano l'uso della capnografia, attraverso protocolli, schede per la registrazione dei dati, ma anche leadership favorevole e pratiche già integrate tra il personale (Iyer et al, 2015; Scully et al, 2020). Questo fattore può sia ostacolare l'implementazione che favorirla, per esempio è riportato come l'imposizione di protocolli all'interno delle unità operative, non viene sempre accolto

favorevolmente, perché visto come un aumento al carico di lavoro (Langhan et al, 2014; Iyer et al, 2015; Clark et al, 2018). Infine, l'ultimo aspetto che influisce sull'implementazione è la motivazione. Infatti, lo scopo per cui si decide di promuovere la capnografia è la sicurezza della persona (Carlaise, 2015; Iyer et al, 2015; Osvaldo et al, 2016; Scully et al, 2020). Quest'ultimo aspetto spinge all'adozione della capnografia e alla sua integrazione, in modo più favorevole della attuazione di protocolli o disposizioni dell'unità operativa, portando gli infermieri ad applicarla anche ad altri scenari fuori da quelli programmati (Langhan et al, 2014; Iyer et al, 2015; Osvaldo et al, 2016).

CAPITOLO 4: DISCUSSIONE

La capnografia è un monitoraggio che presenta molti vantaggi, soprattutto nel garantire la sicurezza della persona assistita. Nonostante questo, la letteratura riporta uno scarso utilizzo da parte del personale, ostacolando un'assistenza basata sulle evidenze (Langham et al, 2014; Iyer et al 2015; Siobal, 2016; Russotto & Cook, 2021; Shas et al, 2022). Il ruolo della capnografia per il monitoraggio della ventilazione, perfusione e metabolismo è stato dimostrato trovando per ognuna delle funzioni fisiologiche diverse motivazioni. Per almeno ognuna di esse esiste un'indicazione o patologia il cui uso della capnografia è raccomandato da linee guida; ovvero l'intubazione tracheale (Panchal et al, 2020; Klein et al, 2021; Soar et al, 2021) e il monitoraggio minimo durante la sedazione e anestesia, per quanto riguarda la ventilazione (Klein et al, 2021); la rianimazione cardiopolmonare per la perfusione (Panchal et al, 2020; Soar et al, 2021) e l'ipertermia maligna per il metabolismo (JSA, 2017; Klein et al, 2021). Le altre condizioni per cui è indicato il monitoraggio della capnografia, pur avendo delle basi teoriche a sostegno, richiedono studi maggiori, come per esempio la correlazione tra Et-CO₂ e infusione di liquidi (Øberg et al, 2019; Huang et al, 2022). Il ragionamento sottostante a questa considerazione si basa sul fatto che i valori di Et-CO₂ si riducono negli stadi ipotensivi correlati a una riduzione di volume (Aminiahidashti et al, 2018). La perfusione polmonare riflette la gittata cardiaca ed è una delle tre variabili che intervengono nella fisiologia della CO₂. Assumendo che la produzione di Et-CO₂ e la ventilazione rimangono costanti; Et-CO₂ può riflettere la gittata cardiaca (Huang et al, 2022). Con l'infusione di liquidi, oppure attraverso la manovra di sollevamento passivo delle gambe, viene aumentato il pre-carico, migliorando di conseguenza la gittata cardiaca (Øberg et al, 2019; Huang et al, 2022). Nella pratica clinica, l'ipovolemia è una condizione per cui il trattamento prevede anche la somministrazione di fluidi, tuttavia sono necessari degli indicatori affidabili per evitare di recare danno alla persona, non riconoscendo la condizione di ipovolemia, o provocando il sovraccarico di liquidi (Gross et al, 2017; Roger et al, 2019); per questo si sono sviluppati studi attorno al ruolo dell'Et-CO₂ (Long et al, 2017; Øberg et al,

2019; Huang et al, 2022).

Un altro aspetto importante emerso dall'analisi degli articoli è che la capnografia non viene presentata come unico parametro per il monitoraggio di diverse condizioni, ma insieme ad altri valori. Per esempio, basta citare le raccomandazioni rispetto alle manovre di rianimazione, dove la capnografia prende parte della decisione di sospendere gli sforzi rianimatori. Infatti, le linee guida sostengono che tale decisione non deve essere fatta unicamente sui valori della capnografia, ma considerando anche altri fattori (Panchal et al, 2020; Soar et al, 2021). Un altro esempio pratico è l'intubazione tracheale. La capnografia è stata definita come il gold standart per la conferma del corretto posizionamento del tubo endotracheale, tuttavia, il suo utilizzo rientra in una valutazione più completa che comprende anche l'auscultazione del torace e dell'epigastrio e l'osservazione dell'escursione toracica (Soar et al, 2021). Questo perché se la capnografia rileva prontamente l'intubazione esofagea, non permette il riconoscimento dell'intubazione bronchiale, complicanza esclusa attraverso l'auscultazione del torace; inoltre, dalla letteratura viene riportato come la presenza di bevande gassate a livello gastrico possono falsare la lettura della capnografia (Long et al, 2017). Alcuni studi riportano che condizioni croniche presenti nella persona assistita o pluripatologie possono alterare i valori di Et-CO₂ (Cereceda-Sánchez & Molina-Mula, 2017; Long et al, 2017). Inoltre, l'interpretazione della capnografia e dei valori di Et-CO₂ è complicata quando l'alterazione non è specifica di una delle tre funzioni, metabolismo, perfusione e ventilazione (Long et al, 2017). La capnografia come dato singolo non significa molto senza considerare altri parametri e il contesto della persona (Kodali, 2013; Böhm et al, 2020). Per esempio, valori ridotti di Et-CO₂ possono significare molte cose: acidosi metabolica, sepsi, emorragia. In questo modo il valore della capnografia non avrebbe alcun senso se non si guarda la persona, la situazione, o gli altri segni e sintomi. Per cui valori di Et-CO₂ inferiori a 35 mmHg, in una persona vittima di trauma, potrebbe indurre a pensare a emorragie (Di Carlo et al, 2021). Nella sezione degli allegati di questo elaborato, è stata realizzata una tabella con le diverse interpretazioni della capnografia, nei diversi contesti, integrando le

informazioni provenienti da alcuni articoli (Kodali, 2013; Brast et al, 2016; Long et al, 2017) Inoltre, è stata realizzata uno schema, che presenta una metodologia di lettura dell'onda capnografica e che deriva dall'insieme di tre articoli (Brast et al, 2016; Long et al, 2017; Farquharson & Spratt, 2019).

Come riportato dagli articoli trovati nella seconda parte della ricerca bibliografica (Langhan et al, 2014; Carlaise, 2015; Iyer et al, 2015; Osvaldo et al, 2016; Clark et al, 2018; Scully et al, 2020; Shas et al, 2022), sembra che attualmente, l'utilizzo della capnografia sia limitato e concentrato soprattutto in ambito di anestesia e sedazione. Questo probabilmente perché la capnografia ha un ruolo particolare nel garantire la sicurezza della persona, rilevando anticipatamente, rispetto alla pulsossimetria, lo sviluppo di complicanze respiratorie. Tra i diversi fattori che influiscono sul processo di implementazione della capnografia, la percezione degli infermieri rappresenta l'unico per cui non esistono veri e propri interventi, ma che è determinante per il successo di questa pratica di monitoraggio (Clark et al, 2018; Shas et al, 2022). Fonti letterarie, infatti, sostengono che l'infermiere è la figura professionale attraverso cui è possibile implementare nuove tecnologie, soprattutto quando queste forniscono reali benefici alla persona (Carlaise, 2015; Considine et al, 2015; Iyer et al 2015). Due studi qualitativi-esplorativi rispetto a questo, riportano che alcuni infermieri, che possedevano esperienza acquisita con la capnografia, riferivano di sentirsi più sicuri a utilizzarla durante le procedure di sedazione (Langhan et al, 2014; Iyer et al, 2015); rafforzando così quanto risultato dagli articoli rispetto ai fattori che promuovono l'utilizzo della capnografia, cioè l'esperienza personale e la motivazione (Langhan et al, 2014; Carlaise, 2015; Iyer et al, 2015; Osvaldo et al, 2016; Clark et al, 2018; Scully et al, 2020). Nonostante gli interventi effettuati per favorire l'utilizzo della capnografia, molti studi però ribadiscono la necessità di formazione continua (Carlaise, 2015; Iyer et al, 2015; Scully et al, 2020). Infine, è importante ricordare che il monitoraggio deve essere integrato con l'osservazione della persona e che l'obiettivo dell'assistenza non è la gestione dell'alterazione dei parametri, ma la cura della persona.

4.1 Implicazioni per la pratica infermieristica

La capnografia presenta molti utilizzi, tra questi ce ne sono alcuni che possono offrire molti vantaggi all'infermiere e sono sostenuti da evidenze letterarie. Verificare il corretto posizionamento del tubo endotracheale non è solo un'informazione da appurare al momento dell'intubazione, ma è possibile conoscerla sempre con la capnografia, in particolare durante il trasporto, oppure durante l'esecuzione di manovre di mobilizzazione e igiene al letto della persona. La presenza di secrezioni nel tubo endotracheale altera l'andamento dell'onda capnografica e si accompagna a tachipnea, desaturazione (segno tardivo), sibili respiratori e alla necessità di eseguire la manovra di aspirazione per rimuoverle. La capnografia potrebbe essere utilizzata anche come strumento di conferma del corretto posizionamento del sondino naso gastrico, considerando che le altre metodiche presentano diversi limiti. Il metodo più utilizzato è il whoos test, cioè l'auscultazione dell'epigastrio durante l'insufflazione di aria nel sondino; ma non è sostenuto da evidenze e presenta bassa sensibilità e specificità; mentre la radiografia del torace che è il metodo gold standart di conferma presenta limiti legati al costo economico e di esposizione a radiazioni (Hinkle & Cheever, 2017). La sedazione richiede un monitoraggio in grado di rilevare rapidamente le complicanze che possono insorgere durante le procedure. La capnografia rileva l'ipoventilazione più rapidamente rispetto alla pulsossimetria, perché la misurazione della CO₂ segue ogni atto respiratorio. La sedazione, inoltre, viene utilizzata sempre più in contesti diversi da quelli della sala operatoria; tuttavia, la sicurezza delle persone deve essere sempre garantita, anche se il rischio di complicanze può essere basso. Si ricorda anche il ruolo della capnografia per la valutazione della qualità delle compressioni toraciche, importante per garantire la perfusione agli organi riducendo il danno ipossico, soprattutto a livello cerebrale. Infine, la capnografia in contesto extra ospedaliero potrebbe essere integrata alla valutazione della persona con sospetto lesioni gravi, ma questo come già detto richiede ulteriori studi.

4.2 Limiti dello studio

Sono presenti alcuni limiti di questa ricerca. Innanzitutto, alcune indicazioni per l'utilizzo della capnografia non ampiamente sostenute a causa del ridotto numero di articoli reperiti. La ricerca bibliografica non ha indagato il ruolo della capnografia nell'ambito pediatrico, dove probabilmente per le caratteristiche anatomiche-fisiologiche del bambino la capnografia potrebbe essere importante nel monitoraggio della ventilazione; inoltre, non è stato approfondito l'utilizzo della capnografia volumetrica. Rispetto l'obiettivo secondario è stata trovata scarsa letteratura a suffragio delle ipotesi di ricerca e gli articoli identificati riportavano dei progetti di promozione della capnografia nei reparti (Carlaise, 2015; Osvaldo et al, 2016; Scully et al 2020; Shas et al, 2022), di cui solo uno, in seguito, analizzava nel lungo tempo il suo utilizzo e quindi la reale integrazione della tecnica (Carlaise, 2015). In alcuni articoli le affermazioni che provengono dalla raccolta dei dati tramite questionario, si basano sulla compilazione da parte di una percentuale ridotta rispetto al campione presentato dallo studio (Clark et al, 2018; Shas et al, 2022).

CAPITOLO 5: CONCLUSIONE

Sono state trovate diverse indicazioni per cui il monitoraggio della capnografia potrebbe essere indicato. Alcune di queste indicazioni sono sostenute da prove di efficacia e linee guida, mentre altre necessitano di ulteriori studi. La capnografia ha un ruolo importante nel monitoraggio della persona assistita, quando integrato ad altri parametri. Sono stati individuati i fattori che influenzano la diffusione della capnografia nella realtà clinica e attraverso la comprensione di essi sarà possibile creare dei progetti di implementazione basati sulle evidenze; anche se, al momento, non si conoscono i reali effetti dei programmi sviluppati, per scarsità di studi qualitativi presenti in letteratura. In particolare, la mancanza di conoscenze e la percezione degli infermieri, rispetto alla capnografia, figurano come le due aree in cui concentrare gli sforzi per l'implementazione attraverso interventi di natura educativa e formativa che coinvolgano l'infermiere.

BIBLIOGRAFIA

Aminiahidashti, H., Shafiee, S., Zamani Kiasari, A., & Sazgar, M. (2018). Applications of End-Tidal Carbon Dioxide (ETCO₂) Monitoring in Emergency Department; a Narrative Review. *Emergency (Tehran, Iran)*, 6(1), e5.

Böhm, S. H., Kremeier, P., Tusman, G., Reuter, D. A., & Pulletz, S. (2020). Grundlagen der Volumetrischen Kapnographie : Prinzipien der Überwachung von Stoffwechsel und Hämodynamik [Foundations of Volumetric capnography : Principles of monitoring of metabolism and hemodynamics]. *Der Anaesthetist*, 69(4), 287–296. <https://doi.org/10.1007/s00101-020-00744-3>

Brast, S., Bland, E., Jones-Hooker, C., Long, M., & Green, K. (2016). Capnography for the Radiology and Imaging Nurse: A Primer. *Journal of Radiology Nursing*, 35(3), 173–190. <https://doi.org/10.1016/j.jradnu.2016.07.002>

Camacho. (2021). Increasing the Utilization of End Tidal Carbon Dioxide (EtCO₂) Monitoring in PACU...American Society of PeriAnesthesia Nurses 40th National Conference, 25-29 April, 2021. *Journal of Perianesthesia Nursing: Official Journal of the American Society of PeriAnesthesia Nurses.*, 3

Carlisle. (2015). Promoting the Use of Capnography in Acute Care Settings: An Evidence-Based Practice Project. *Journal of Perianesthesia Nursing: Official Journal of the American Society of PeriAnesthesia Nurses.*, 30(3).

Cereceda-Sánchez, F. J., & Molina-Mula, J. (2017). Capnography as a tool to detect metabolic changes in patients cared for in the emergency setting. *Revista latino-americana de enfermagem*, 25, e2885. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.1756.2885>

Chau, J., Liu, X., Choi, K. C., Lo, S., Lam, S., Chan, K. M., Zhao, J., & Thompson, D. R. (2021). Diagnostic accuracy of end-tidal carbon dioxide detection in determining correct placement of nasogastric tube: An updated systematic review with meta-analysis. *International journal of nursing studies*, 123, 104071. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2021.104071>

Chiaranda. (2016). *Urgenze ed emergenze : istituzioni* (4. ed). Piccin.

Clark, C. L., Weavind, L. M., Nelson, S. E., Wilkie, J. L., Conway, J. T., & Freundlich, R. E. (2018). Nursing attitudes towards continuous capnographic monitoring of floor patients. *BMJ open quality*, 7(3), e000416. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-000416>

Connor, N., McArthur, D., & Camargo Plazas, P. (2021). Reflections on vital sign measurement in nursing practice. *Nursing philosophy : an international journal for healthcare professionals*, 22(1), e12326. <https://doi.org/10.1111/nup.12326>

Considine, J., Trotter, C., & Currey, J. (2016). Nurses' documentation of physiological observations in three acute care settings. *Journal of clinical nursing*, 25(1-2), 134–143. <https://doi.org/10.1111/jocn.13010>

Di Carlo, S., Cavallaro, G., Palomeque, K., Cardì, M., Sica, G., Rossi, P., & Sibio, S. (2021). Prehospital Hemorrhage Assessment Criteria: A Concise Review. *Journal of Trauma Nursing*, 28(5), 332–338. <https://doi.org/10.1097/jtn.0000000000000608>

Farquharson, G. & Spratt, G. K. (2019) Patient Monitoring: A Systematic Approach to Capnography Waveforms. *RT: The Journal for Respiratory Care Practitioners*, 32(1), 22–24.

Gross, W., Samarin, M., & Kimmons, L. A. (2017). Choice of Fluids for Resuscitation of the Critically Ill: What Nurses Need to Know. *Critical care nursing quarterly*, 40(4), 309–322. <https://doi.org/10.1097/CNQ.0000000000000170>

Hinkle J.L. & Cheever K.H. (2017). *Brunner - Suddarth Infermieristica medico-chirurgica*. (5 ed.). Casa Editrice Ambrosiana.

Huang, H., Wu, C., Shen, Q., Fang, Y., & Xu, H. (2022). Value of variation of end-tidal carbon dioxide for predicting fluid responsiveness during the passive leg raising test in patients with mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *Critical care (London, England)*, 26(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-03890-9>

Iyer, N. S., Koziel, J. R., & Langan, M. L. (2015). A qualitative evaluation of capnography use in paediatric sedation: perceptions, practice and barriers. *Journal of clinical nursing*, 24(15-16), 2231–2238. <https://doi.org/10.1111/jocn.12848>

Khajebashi, SH, Mottaghi, M. e Forghani, M. (2021). Gradiente PaCO₂ - EtCO₂ e D-dimero nella diagnosi di sospetta embolia polmonare. *Ricerca biomedica avanzata* , 10 , 37. https://doi.org/10.4103/abr.abr_10_20

Klein, A. A., Meek, T., Allcock, E., Cook, T. M., Mincher, N., Morris, C., Nimmo, A. F., Pandit, J. J., Pawa, A., Rodney, G., Sheraton, T., & Young, P. (2021). Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2021: Guideline from the Association of Anaesthetists. *Anaesthesia*, 76(9), 1212–1223. <https://doi.org/10.1111/anae.15501>

Kodali B. S. (2013). Capnography outside the operating rooms. *Anesthesiology*, 118(1), 192–201. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e318278c8b6>

Kodali, B. S. (september 2022.). *Types of Capnographs*. Capnography. <https://www.capnography.com/>

Krauss, B., Folk, J. L., & Ladde, J. G. (n.d.). *Carbon dioxide monitoring (capnography)*. UpToDate. From <https://www.uptodate.com/>

Kreit J. W. (2019). Volume Capnography in the Intensive Care Unit: Physiological Principles, Measurements, and Calculations. *Annals of the American Thoracic Society*, 16(3), 291–300. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201807-501CME>

Langhan, M.L., Kurtz, J. C., Schaeffer, P., Asnes, A. G., & Riera, A. (2014). Experiences with capnography in acute care settings: a mixed-methods analysis of clinical staff. *Journal of Critical Care*., 29(6), 1035–1040. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2014.06.021>

Lise, M. (2017). *Chirurgia per infermieri* (5. ed). Piccin.

Long, B., Koyfman, A., & Vivirito, M. A. (2017). Capnography in the Emergency Department: A Review of Uses, Waveforms, and Limitations. *The Journal of emergency medicine*, 53(6), 829–842. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2017.08.026>

Mok, W. Q., Wang, W., & Liaw, S. Y. (2015). Vital signs monitoring to detect patient deterioration: An integrative literature review. *International journal of nursing practice*, 21 Suppl 2, 91–98. <https://doi.org/10.1111/ijn.12329>

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.

Oswald, L., Zeuske, T., & Pfeffer, J. (2016). Implementing Capnography in the PACU and Beyond. *Journal of perianesthesia nursing : official journal of the American Society of PeriAnesthesia Nurses*, 31(5), 392–396. <https://doi.org/10.1016/j.jopan.2014.06.007>

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>

Pekdemir, M., Cinar, O., Yilmaz, S., Yaka, E., & Yuksel, M. (2013). Disparity between mainstream and sidestream end-tidal carbon dioxide values and arterial carbon dioxide levels. *Respiratory care*, 58(7), 1152–1156. <https://doi.org/10.4187/respcare.02227>

Pontieri. (2018). *Elementi di patologia generale & fisiopatologia generale* (4. ed). Piccin

Roger, C., Zieleskiewicz, L., Demattei, C., Lakhal, K., Piton, G., Louart, B., Constantin, J. M., Chabanne, R., Faure, J. S., Mahjoub, Y., Desmeulles, I., Quintard, H., Lefrant, J. Y., Muller, L., & AzuRea Group (2019). Time course of fluid responsiveness in sepsis: the fluid challenge revisiting (FCREV) study. *Critical care (London, England)*, 23(1), 179. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2448-z>

Russotto, V., & Cook, T. M. (2021). Capnography use in the critical care setting: why do clinicians fail to implement this safety measure?. *British journal of anaesthesia*, 127(5), 661–664. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2021.08.010>

Safety Committee of Japanese Society of Anesthesiologists (2017). JSA guideline for the management of malignant hyperthermia crisis 2016. *Journal of anaesthesia*, 31(2), 307–317. <https://doi.org/10.1007/s00540-016-2305-z>

Saladin, & Gaudio, E. (2019). *Anatomia & fisiologia* (2. ed. italiana sulla 8. di lingua inglese / a cura di Eugenio Gaudio; con la collaborazione di Simone Carotti, Romina Mancinelli). Piccin

Sandroni, C., De Santis, P., & D'Arrigo, S. (2018). Capnography during cardiac arrest. *Resuscitation*, 132, 73–77. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.08.018>

Schoonees J. A. (1977). Use of capnography to monitor pulmonary circulation during cardiac resuscitation. *South African medical journal = Suid-Afrikaanse tydskrif vir geneeskunde*, 51(24), 890–891.

Scully, K. R., Rickerby, J., & Dunn, J. (2020). Implementation Science: Incorporating Obstructive Sleep Apnea Screening and Capnography Into Everyday Practice. *Journal of perianesthesia nursing : official journal of the American Society of PeriAnesthesia Nurses*, 35(1), 7–16. <https://doi.org/10.1016/j.jopan.2019.06.004>

Seganti, N., Imbriaco, G., Monesi, A., Santolini, S., Tacconi, C., Ferrari, P., Cordenons, F., Sebastiani, S., & Gordini, G. (2016). Analisi del corretto utilizzo del monitoraggio EtCO₂ nel percorso emergenza-urgenza ed in terapia intensiva. *SCENARIO: Official Italian Journal of ANIARTI*, 33(2), 4–10.

Shah, R., Streat, D. A., Auerbach, M., Shabanova, V., & Langan, M. L. (2022). Improving Capnography Use for Critically Ill Emergency Patients: An Implementation Study. *Journal of patient safety*, 18(1), e26–e32. <https://doi.org/10.1097/PTS.0000000000000683>

Siobal M. S. (2016). Monitoring Exhaled Carbon Dioxide. *Respiratory care*, 61(10), 1397–1416. <https://doi.org/10.4187/respcare.04919>

Soar, J., Böttiger, B. W., Carli, P., Couper, K., Deakin, C. D., Djärv, T., Lott, C., Olasveengen, T., Paal, P., Pellis, T., Perkins, G. D., Sandroni, C., & Nolan, J. P. (2021). European Resuscitation Council Guidelines 2021: Adult advanced life support. *Resuscitation*, 161, 115–151. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.02.010>

Ventura, S., & Imbriaco, G. (2018, April 3). La capnografia nel monitoraggio dei pazienti critici e nella rianimazione cardiopolmonare. emspedia.emergency-live. from <https://emspedia.emergency-live.com/>

Wilks, C., & Foran, P. (2021). Capnography monitoring in the post Anaesthesia Care Unit (PACU). *Journal of Perioperative Nursing*, 34(2), e-29-e-35. <https://doi.org/10.26550/2209-1092.1125>

ALLEGATI

TABELLA 1: risultati dell'obiettivo primario						
TITOLO	AUTORI	DISEGNO SETTING CAMPIONE	OBIETTIVO	RISULTATI	DISCUSSIONE	CONCLUSIONE
CAPNOGRAFIA IN GENERALE						
1.Diagnostic accuracy of end-tidal carbon dioxide detection in determining correct placement of nasogastric tube: An updated systematic review with meta-analysis	Chau, Liu, Choi, Lo, Lam, Chan, Zhao, & Thompson, (2021).	Revisione sistemica e meta-analisi 16 articoli	Accuratezza diagnostica dell'Et-CO2 nella determinazione dell'involontaria intubazione delle vie aeree con SNG e corretto posizionamento	16 studi analizzati ricercati tra 2009 e 2021	La capnografia può essere un metodo efficace per differenziare il posizionamento nel SNG nelle vie aeree o nello stomaco: 96% dei posizionamenti errati nelle vie aeree e il 99% dei posizionamenti nel tratto intestinale, ma attenzione le secrezioni delle vie aeree possono ostruire il SNG, presenza di CO2 nello stomaco	Servono ulteriori ricerche pEr generalizzare i dati a tutte le tipologie di pz, ma per il momento la capnografia può rilevare l'intubazione on SNG delle vie aeree.
2.Capnography in the emergency department a review of uses, waveforms and limitations	Long, Koyfman, & Vivirito, (2017).	Revisione Pronto soccorso 150 articoli	Valutare le diverse indicazioni all'uso della capnografia, limitazioni e forma d'onda specifici		Posizionamento del tubo tracheale Trasporto del pz intubato Valutare qualità del RCP, (sopra 20 mmHg) ROSC e se valori ridotti altre cause di ACC Monitoraggio durante procedure di sedazione per valutare ipoventilazione e desaturazione, ipossia Correlazione tra lattati, eccesso di basi, ipotensione: Et-CO2 si riduce e tasso di mortalità aumenta	

					<p>Trauma: valori inferiori a 25mmHg è associato a ridotta gittata cardiaca, riduzione della pressione e mortalità</p> <p>traumi cranici: per monitorare pressione intracranica, ipoventilazione e altri valori di CO2</p> <p>lesioni gravi del trauma Et-CO2 inferiore a 30 mmHg</p> <p>Acidosi metabolica chetoacidosi diabetica = riduzione Et-CO2</p> <p>Embolia polmonare =aumenta il gradiente tra PaCO2 e Et-CO2 permette diagnosi differenziale, insieme a criteri di Walls</p> <p>BPCO e insufficienza cardiaca= ostruzione e broncospasmo modificano la fesa III del capnogramma.,</p> <p>asma valutazione sul capnogramma dell'effetto dei farmaci</p> <p>insufficienza cardiaca: Et-CO2 più NYHA+FE</p> <p>epilessia in fase post ictale o durante le convulsioni, per valutare l'ipoventilazione</p> <p>Risposta ai fluidi</p>	
--	--	--	--	--	---	--

<p>3.Applications of End-Tidal Carbon Dioxide (ETCO2) Monitoring in Emergency Department; a Narrative Review</p>	<p>Aminiahidashti, Shafiee, Zamani Kiasari, & Sazgar, (2018)</p>	<p>Revisione Pronto soccorso 65 articoli</p>	<p>Esaminare le applicazioni del Et-CO2 nel pronto soccorso</p>	<p>65 studi: metanalisi, studi clinici, case report e sere di casi in un periodo tra 1966 e 2017</p>	<p>RCP: qualità delle compressioni, ROSC e esito RCP, sensibilità al 100% per esito negativo della RCP dopo 20 min e valori Et-CO2 inferiori 10 mmHg ETT: confermare posizionamento, se pz ha bevuto bevande gassate il valore può essere falsata ma dopo 6 respiro è da considerare vero, anche il bicarbonato usato nell'ACC può falsare i valori per 5-10 min Sedazione: strumento più efficace per dimostrare depressione respiratoria, maggiore sicurezza, non influenzabile dall'effetto dell'ossigeno BPCO e asma: il broncospasmo altera il capnogramma, Et-CO2 maggiore nelle riacutizzazioni da BPCO, indicazioni al ricovero ospedaliero Embolia polmonare: Et-CO2 inferiore, aumenta la differenza tra PaCO2 e Et-CO2 Insufficienza cardiaca: nel test da sforzo Et-CO2 ha valore prognostico per eventi cardiaci Shock ipotensivo: Et-CO2 si riduce negli stadi ipotensivi</p>	<p>Sta iniziando a essere utilizzato per specifiche cose tipo monitoraggio nella ventilazione meccanica, sedazione, ma per altre patologie servono studi maggiori</p>
--	--	--	---	--	---	---

					<p>correlati al volume, ha correlazione con lattato, eccesso di basi e pressione arteriosa. Correlazione tra HCO₃⁻ e Et-CO₂ come indicatore di disidratazione. Acidosi metabolica: Et-CO₂ è predittore acidosi metabolica e mortalità</p> <p>DKA: diagnosi confermata da valori di Et-CO₂ inferiori a 29 e sconfirmata per valori superiori a 36mmHg. Quando anche PaCO₂ è basso indicatore per il rischio di sviluppo di edema cerebrale trauma: inferiore a 30mmHg aumentato rischio di lesioni traumatiche gravi, mortalità (usabile per triage e decisione di trasferimento dei pz in un centro traumatologico più specializzato)</p>	
CAPNOGRAFIA E METABOLISMO						
4.JSA guideline for the management of malignant hyperthermia crisis 2016	Safety Committee of Japanese Society of Anesthesiologists (2017)	Linee guida Settore operatorio	Fornire indicazioni sulla natura e gestione di una crisi di ipertermia maligna, condizione caratterizzata da un aumento del metabolismo		L'aumento della Et-CO ₂ è il primo segnale di allarme insieme a una tachicardia inspiegabile, inoltre funge da indicatore di stabilità al termine della crisi.	

<p>5. Capnography as a tool to detect metabolic changes in patients cared for in the emergency setting.</p>	<p>Cereceda-Sánchez & Molina-Mula, 2017</p>	<p>Revisione Area critica 19 articoli</p>	<p>Valutare l'utilità della apnografia per la rilevazione dei cambiamenti metabolici (alcalosi e acidosi) nei pz in respiro spontaneo in TI e PS</p>	<p>Sono stati valutati 19 articoli: 4 su dispnea, 2 su pz settici/febbrili, 3 su pz con alterazioni metaboliche che corrispondevano ai criteri di inclusione e esclusione capnografia. dispnea: $\frac{3}{4}$ forte correlazione tra Et-CO₂ e PaCO₂. 1 DKA: buona correlazione tra HCO₃⁻, PaCO₂ e Et-CO₂, settici: capnografia come predittore di morte</p>	<p>Alcuni articoli non appoggiano l'uso della capnografia, perché i pz hanno malattie che influiscono direttamente su fisiologia e Et-CO₂. 3 studi invece sostengono l'uso della capnografia come predittore e indicatore di acidosi, et-CO₂ può essere correlato a valori di lattato</p>	<p>Secondo gli autori attraverso il lo studio è stata affermata una buona correlazione tra Et-CO₂ e altri valori (HCO₃⁻, PaCO₂), <i>ma l'obiettivo non è stato raggiunto</i></p>
<p>CAPNOGRAFIA E REATTIVITÀ AI FLUIDI (PERFUSIONE)</p>						

<p>6.End-tidal CO2 in the diagnosis of fluid responsiveness - a systematic review</p>	<p>Øberg, Jørgensen, & Berthelsen, (2019)</p>	<p>Revisione sistemica Terapia intensiva o sala operatoria 7 studi</p>	<p>Accuratezza diagnostica di Et-CO2 come indicatore di reattività ai fluidi nei pz critici</p>	<p>7 studi: 4 registravano un aumento di Et-CO2 dopo test di sollevamento passivo della gamba, 3 studi al completamento dell'infusione di liquidi registravano un aumento di et-CO2</p>	<p>Et-CO2 dopo un carico di liquidi ha una buona sensibilità e elevata specificità per valutare risposta ai fluidi nei pz intubati. Anche se falsi positivi l'ipovolemia può essere rilevata da altri s/s. aritmie, modalità di ventilazione e uso di inotropi non ha influito su valori di Et-CO2</p>	<p>Il monitoraggio dell'Et-CO2 ha un buon valore diagnostico con pochi falsi negativi e meno falsi positivi, tuttavia gli articoli analizzati presentavano deficit metodologici che portavano a sovrastimare l'accuratezza di Et-CO2 per cui l'implementazione attuale non sarebbe basata su delle evidenze solide</p>
<p>7.Value of variation of end-tidal carbon dioxide for predicting fluid responsiveness during the passive leg raising test in patients with mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis</p>		<p>Revisione sistemica e meta-analisi Terapia intensiva 6 studi</p>	<p>Esplorare il valore di Et-CO2 per predire la reattività ai fluidi durante il test di sollevamento delle gambe passivo ni pz ventilati meccanicamente.</p>	<p>6 studi</p>	<p>Et-CO2 con sensibilità 79% e specificità al 90%, la capnografia e il test PLR sono prontamente disponibili</p>	<p>Et-CO2 è moderatamente prognostica per reattività ai fluidi</p>

8.Prehospital Hemorrhage Assessment Criteria: A Concise Review	Huang, Wu, Shen, Fang, & Xu, (2022).	Revisione Extra ospedaliero 16 studi	Rivedere i parametri di valutazione utilizzati in ambiente extra ospedaliero per quantificare la perdita di sangue nel trauma	16 studi:	Fc e SBP non permettono di identificare i pz con emorragia a causa dei sistemi di compensazione. Indice di shock buono solo nell'identificazione di gravi emorragie. GCS valutazione imprecisa, ritardata influenzata da intubazione. Esistono nuove tecniche tra cui Et-CO2 che permette di riconoscere i pz con necessità di trasfusione massive e prognosi	Necessità di qualcosa che permetta il monitoraggio continuo del pz, e sia preciso nel rilevare cambiamenti.
CAPNOGRAFIA E MANOVRE DI RIANIMAZIONE						
9.Part 3: Adult Basic and Advanced Life Support 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care	Panchal, Bartos, Cabañas, Donnino, Drennan, Hirsch, Kudenchuk, Kurz, Lavonas, Morley, O'Neil, Peberdy, Rittenberger, Rodriguez, Sawyer, Berg, & Adult Basic and Advanced Life Support Writing Group (2020)	Linee guida	Aggiornamento sul BLS, ALS e manovre successive al ROSC. Include anche raccomandazioni per gestione delle persone in imminente pericolo di ACC	250 raccomandazioni	Valutazione della qualità delle compressioni con onda capnografica. se Et-CO2 si riduce si rivalutare la qualità del RCP Nelle persone intubate, il mancato raggiungimento di valori di Et-CO2 superiore a 10 mmHg dopo 20 min di ALS, può considerarsi come parte della valutazione per terminare gli sforzi di rianimazione, ma non deve essere usata da sola (2b C-LD) La capnografia continua è raccomandata in aggiunta alla valutazione clinica come metodo di conferma reale e monitoraggio	

					<p>del posizionamento corretto del tubo endotracheale (1 C-LD)</p> <p>La capnografia ha un specificità al 100% per confermare la posizione del tubo ETT, la sensibilità decresce dopo un ACC prolungato. L'uso della capnografia non è stato valutato per altri presidi invasivi per il controllo delle vie aeree.</p>	
10. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Adult advanced life support	Soar, Böttiger, Carli, Couper, Deakin, Djärv, Lott, Olasveengen, Paal, Pellis, Perkins, Sandroni, & Nolan, (2021).	Linee guida	ALS include prevenzione e trattamento dell'ACC in ambiente extra e intra ospedaliero, l'algoritmo ALS, defibrillazione, gestione delle vie aeree, farmaci e somministrazione e trattamento delle aritmie		<p>Usare la capnografia per confermare la posizione del tubo ETT,(raccomandazione forte, evidenza di bassa qualità) monitorare qualità RCP, se aumenta Et-CO2 durante RCP potrebbe essere ROSC, ma le compressioni non vanno interrotte solo su questo parametro, se Et-CO2 basso non è sufficiente per decidere di concludere il tentativo di rianimazione capnografia nell'algoritmo ALS. Capnografia metodo più sensibile e specifico per monitorare presenza tubo ETT</p>	Dopo 6 respiri la costanza di Et-CO2 conferma il posizionamento corretto del tubo
CAPNOGRAFIA E VENTILAZIONE						

<p>11.Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2021: Guideline from the Association of Anaesthetists</p>	<p>Klein, Meek, Allcock, Cook, Mincher, Morris, Nimmo, Pandit, Pawa, Rodney, Sheraton, & Young, (2021).</p>	<p>Linee guida</p>	<p>Fornire una guida per gli standart minimi di monitoraggio del paziente sotto anestesia o sedazione. Le linee guida parlano anche del trasporto e ricovero successivo</p>		<p>La capnografia fa parte del monitoraggio minimo insieme a ECG, SpO2, pressione arteriosa, da iniziare prima dell'induzione dell'anestesia e continuare anche dopo trasferimento, PACU e ricovero. L capnografia si utilizza fino a che le vie aeree artificiali non siano rimosse e la persona risponde al contatto verbale. Durante la sedazione la capnografia va applicata quando si perde la risposta verbale. La capnografia va utilizzata durante il trasporto del paziente intubato. (l'Et-CO2 è la novità di queste linee guida) Usare la capnografia per confermare il posizionamento corretto del tubo ETT. La capnografia permette di valutare alterazioni metaboliche (ipertermia maligna), broncospasmo, riespiro di aria (CO2). Aiuta il monitoraggio del riflesso delle vie aeree, FR, tipologia respiro</p>	
---	---	--------------------	---	--	--	--

12.Capnography in PACU	Wilks, & Foran (2021)	Revisione PACU 12 articoli	Presentare l'utilità della capnografia in PACU per aumentare la sicurezza del paziente	12 articoli : RCT, progetto di miglioramento delle qualità, studio osservazionale prospettico, studio trasversale prospettico sintesi delle prove, revisione sistemica e metanalisi	Identifica le alterazioni delle funzioni respiratoria anche se presente il supplemento di O2 La depressione da oppioidi si determina con ipoventilazione, aumento di Et-CO2 ridotta FR Raccomandato l'uso della capnografia per il monitoraggio del paziente a rischio OSAS dopo intervento (Joanna Briggs Institute, 2019)	La capnografia è uno strumento sottovalutato in PACU per il monitoraggio di eventi avversi
------------------------	-----------------------	-------------------------------	--	---	---	--

TABELLA 2: Riassunto degli articoli della seconda parte di ricerca

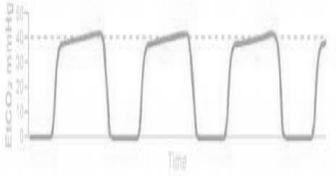
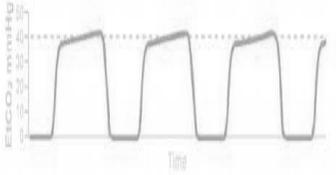
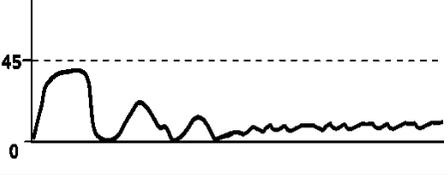
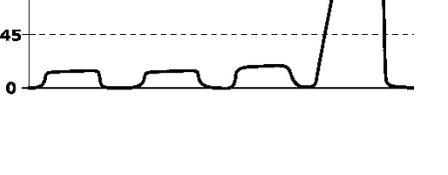
	TITOLO	AUTORE	DISEGNO SETTING CAMPIONE	OBIETTIVO	RISULTATO	CONCLUSIONI
1	Experiences with capnography in acute care settings: a mixed-methods analysis of clinical staff.	Langhan, Kurtz, Schaeffer, Asnes, & Riera (2014)	Studio qualitativo esplorativo 5 ospedali con terapia intensiva e PS 19 di cui 9 infermieri: 5 di terapia intensiva e 4 di pronto soccorso 10 medici: 5 di terapia intensiva e 5 di pronto soccorso	Esplorare le ragioni, i limiti e facilitatori all'implementazione della capnografia	Sono stati identificati sei temi principali, che possono essere ridotti a tre: ambiente, conoscenze, esperienze Fattori positivi Politiche di promozione dell'uso della capnografia Esperienze positive Benefici osservati Presenza di conoscenza Reparto TI Riconoscita come necessaria nei pz sedati, intubati meno in quelli RCP Fattori negativi Influenza da persone diverse Attrezzature difficilmente raggiungibili Esperienze negative Assenza di conoscenze Reparto PS Mancanze di prove sufficienti Influenze dal medico	I dati trovati possono aiutare per favorire l'implementazione della capnografia
2	Promoting the Use of Capnography in	Carlaise 2015	Articolo originale	Implementare l'utilizzo della	Aumento dell'utilizzo del monitoraggio capnografico, ma non	Maggiore formazione dei

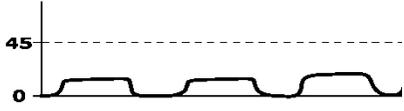
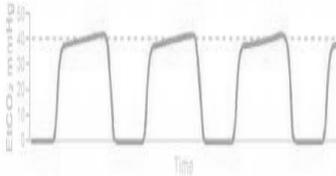
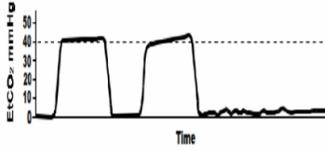
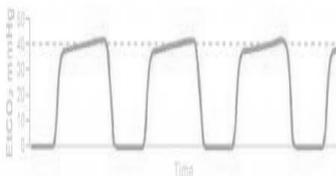
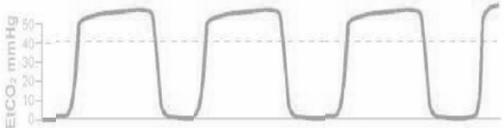
	Acute Care Settings: An Evidence-Based Practice Project		10 Uo medico chirurgiche 171 infermieri sono stati intervistati con questionario che prevedeva anche domande aperte per valutare le loro percezioni sulla capnografia dopo un anno dal progetto	capnografia per il monitoraggio della depressione respiratoria	in modo efficace, riduzione degli eventi di depressione respiratoria Fattori positivi Formazione, disponibilità di materiale, aggiornamento del protocollo inf.	sanitari e educazione del paziente, risolvere i problemi di approvvigionamento dell'attrezzatura. Dopo il progetto non si sono verificati episodi di depressione respiratoria
3	A qualitative evaluation of capnography use in paediatric sedation: perceptions, practice and barriers	Iyer, Koziel, & Langhan, 2015	Studio qualitativo esplorativo Pronto soccorso durante procedure di sedazione dei bambini 17 intervistati 5 medici 12 infermieri	Esplorare le percezioni e le barriere all'implementazione della capnografia in un contesto dove era stato fatto un progetto per la sua implementazione tre mesi prima	Sono stati identificati quattro temi: esperienze, conoscenze, diffusione ad altre popolazioni, barriere all'implementazione Fattori positivi Esperienze personali Aumentare la sicurezza dei pz in atri settori Formazione continua Personale infermieristico Fattori negativi Mancanza di una politica di implementazione Inesperienze con monitor, attrezzature, conoscenze	L'uso della capnografia è ancora limitato, ma conoscere gli ostacoli permette di aumentarne l'utilizzo

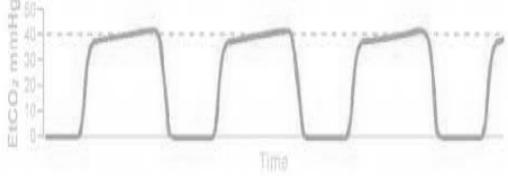
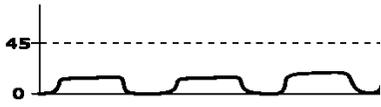
4	Implementing Capnography in the PACU and Beyond	Oswald, Zeuske & Pfeffer (2016)	Articolo originale Settore operatorio (pre-post, area medico-chirurgica) Paziente ch ricevano narcotici pr via ev o intratecale dopo intervento chirurgico	Implementare l'utilizzo della capnografia per rilevare la depressione respiratoria nei pz post operati, aumentare la sicurezza del pz	È stata implementata la capnografia	Capnografia utile per rilevare ipoventilazione, ostruzione e apnea, in futuro sarà possibile applicarl ad altre tipologie di persone
					Fattori positivi: Scoprire i vantaggi della capnografia come allert precoce di depressione respiratoria (dai 3-5 min) – maggiore sicurezza pz	
					Fattori negativi Carta per la registrarzione di parametri da migliorare	
5	Analisi del corretto utilizzo del monitoraggio EtCO2 nel percorso emergenza-urgenza ed in terapia intensiva	Seganti, Imbriaco, Monesi, Santolini, Tacconi, Ferrari, Cordenons, Sebastiani, & Gordini, (2016).	Articolo originale Terapia intensiva	Adesione alle raccomandazioni internazionali rispetto alla gestione del monitoraggio Et-CO2	Pre audit: valutazione dell'utilizzo della capnografia nell'intubazione, monitoraggio della persona critica, impostazione degli allarmi In audit: attività di reminder sui punti definiti più deboli (impostazione degli allarmi) da osservazioni e questionario	L'attività di reminder si è concentrata sulle cose ritrovate carenti attraverso il questionario è ha permesso di migliorare l'aderenza
6	Nursing attitudes towards continuous capnographic monitoring of floor patients	Clark, Weavind, Nelson, Wilkie, Conway, & Freundlich (2018)	Indagine qualitativa prospettica 3 reparti a bassa acuità 22 infermieri	Valutare le percezioni e atteggiamenti infermieristici sull'utilizzo della capnografia in reparti a bassa acuità	Incoerenza nell'utilizzo della capnografia, ma accettata per alcune cose Fattori positivi: Atteggiamenti degli infermieri se considerati influenzano positivamente l'uso della capnografia	Accettazione infermieristica limitata e difficile da raggiungere, bisogna cambiare le influenze interne e esterne per modificare

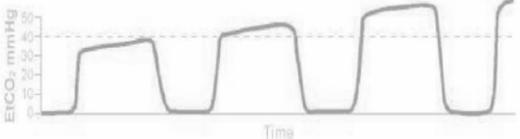
					Fattori negativi: identificato l'inesperienza, la mancanza di conoscenza, la tolleranza del paziente, la mancanza di comfort con il suo utilizzo e la mancanza di politiche	percezioni degli infermieri
7	Implementation Science: Incorporating Obstructive Sleep Apnea Screening and Capnography Into Everyday Practice.	Scully, Rickerby, & Dunn, (2020)	Progetto di miglioramento della qualità PACU 90 infermieri di cui 38 hanno risposto a un sondaggio informale	Individuare i pz con OSA con test di screening, favorire il riconoscimento dell'ipoventilazione con la capnografia al personale infermieristico, favorire l'adesione a una delle raccomandazione ASPAN	Sono stati identificati pz che non sapevano di avere OSA, la capnografia è stata implementata positivamente, anche per altre condizioni	La realizzazione del progetto secondo l'implementazione scientifica ha permesso di raggiungere l'obiettivo. È stato possibile anche per l'istruzione, consapevolezza e convinzione degli infermieri
8	Improving Capnography Use for Critically Ill Emergency Patients: An Implementation Study	Shah, Streat, Auerbach, Shabanova, & Langhan, (2022)	studio pilota quasi sperimentale a doppio sito Pronto soccorso Sito sperimentale 118 partecipanti	Affrontare le barriere che ostacolano l'utilizzo della capnografia nelle manovre di rianimazione e intubazione. Documentazione della capnografia per persone che richiedevano RCP o	Aumento dell'utilizzo della capnografia nel sito sperimentale, dal questionario alcuni hanno espresso di ricevere maggiori conoscenze sull'argomento. Il questionario delle conoscenze è stato compilato da 103 persone, poi è stato reso disponibile il video e al termine solo 40 persone hanno ripetuto il questionario Fattori positivi	Maggiore documentazione della capnografia, ma non è cambiato il tasso di utilizzo. È necessario comprendere meglio gli ostacoli per implementare la capnografia

				intubazione. Valutazione del video e conoscenza del personale	Modifiche ambientali, diffusione delle conoscenze e percezioni sulla capnografia	
					Fattori negativi: Solo un protocollo non basta per implementare l'uso della capnografia	

TABELLA 3: Capnografia, Et-CO2 e principali interpretazioni				
INDICAZIONE	CAPNOGRAFIA	Et-CO2	SIGNIFICATO/ SEGNI E SINTOMI	
Capnografia normale		35-45 mmHg	FR = 12-20 atti/minuto	
RCP	Qualità delle compressioni		≥ 20mmHg	Et-CO2 è correlata alla perfusione d'organo. Le compressioni efficaci permettono di mantenere una buona perfusione degli organi
	Andamento RCP		Graduale discesa	Considerare altre cause di arresto cardiaco: emorragia, pneumotorace, tamponamento, infarto
	ROSC		≥ 45 mmHg	Incremento brusco di Et-CO2 può essere dovuto anche a: Iniezione di sodio bicarbonato (effetto rapido) Iniezione di adrenalina (effetto più rapido) Rilascio del tourniquet

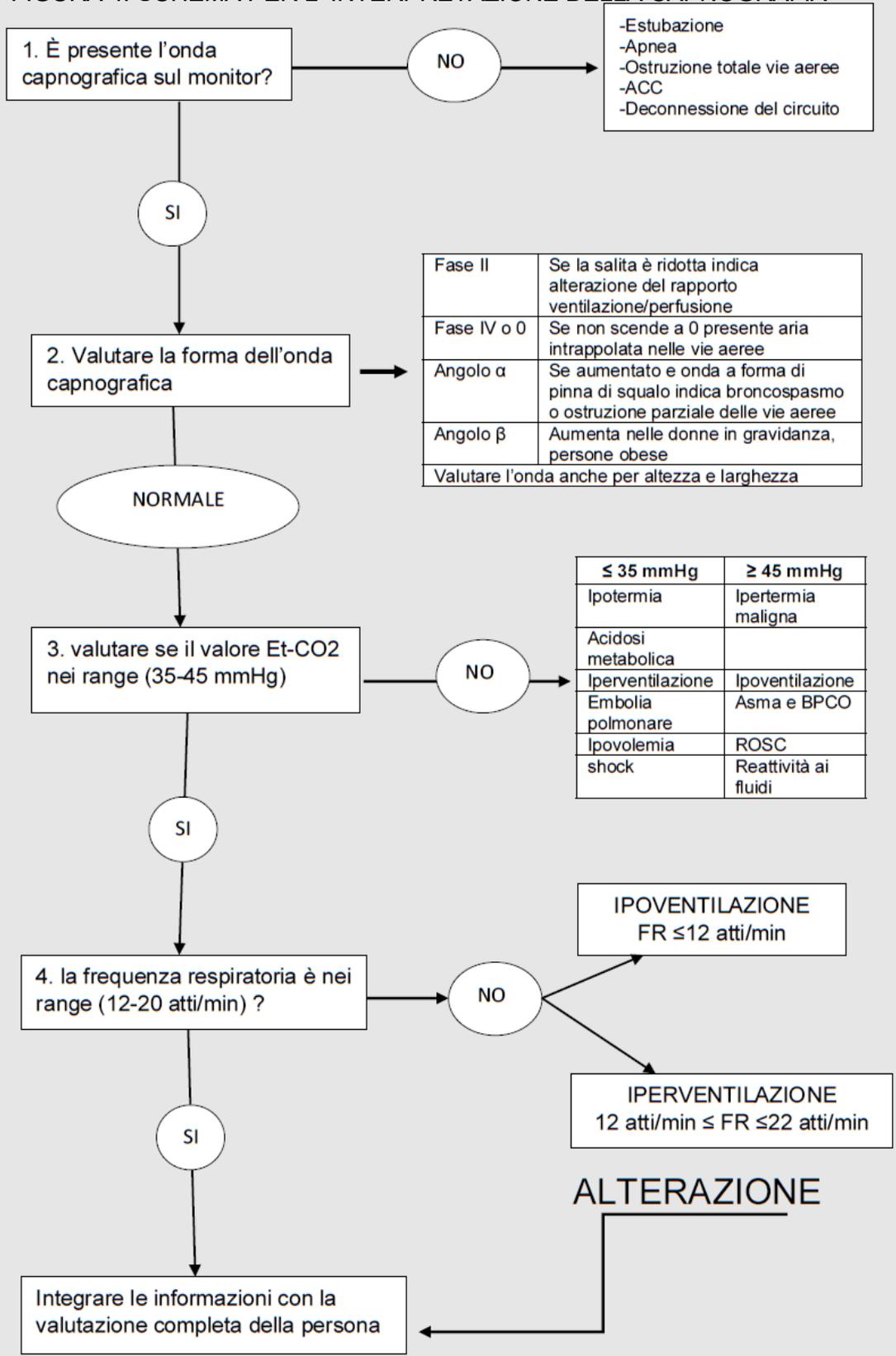
	Termine delle manovre di rianimazione		≤ 10 mmHg dopo 20 minuti di rianimazione	Scarsa perfusione d'organo. Integrare il valore dell'Et-CO2 con altri parametri per definire l'arresto delle manovre di rianimazione
POSIZIONAMENTO TUBO ENDOTRACHEALE	Posizionamento	 6 ventilazioni	35-45 mmHg	Auscultazione toracica per escludere intubazione bronchiale
	Estubazione Apnea Ostruzione completa		Non rilevabile	Valutazione ABCDE ↓ SpO2 FR = 0 No suoni respiratori o movimenti del torace
	Trasporto		35-45 mmHg	Mantenimento in sede del tubo endotracheale
IPERTERMIA MALIGNA			≥ 55mmHg	Tachicardia inspiegabile ↑ Tc ≥ 37,5°C Contrazioni muscolari Sospendere somministrazione di farmaci anestetici

EMBOLIA POLMONARE		 <p>Alterazione nella fase III: appiattimento della pendenza</p>	≤ 35mmHg	PaCO ₂ normale PaCO ₂ -EtCO ₂ ≥ 5mmHg ↑ FR e dispnea ↑ FC ↓ PA Dolore toracico Sudorazione Tosse
OSTRUZIONE PARZIALE DELLE VIE AEREE	Broncospasmo : BPCO o asma		≥45 mmHg e ventilazione inefficiente	↑ FR --> ↓FR ↓ SpO ₂ Tosse Sibili o rantoli respiratori Secrezioni abbondanti
	Corpo estraneo nelle vie aeree Occlusione parziale delle vie aeree		35-45 mmHg	↑ FR --> ↓FR ↓ SpO ₂ Respiro rumoroso Stridore inspiratorio
SOSPETTO LESIONI GRAVI NEL TRAUMA	Necessità di trasfusione massiva Emorragia		≤ 35mmHg	↓PA ↑ FC ↑↑ FR Cute pallida sudata fredda Tempo di refill > 2 secondi Polso debole filiforme

REATTIVITA' AI FLUIDI			↑ Et-CO2	L'aumento della gittata cardiaca con test del sollevamento passivo delle gambe o bolo di fluidi avviene per aumento del pre carico. La capnografia riflette la gittata cardiaca perché riflette la perfusione polmonare
IPOVENTILAZIONE	Aumento della temperatura corporea		≥45 mmHg	FR normale Tc ≥ 38°C
	Depressione respiratoria Sedazione			↓ FR ↓ SpO2
	Aumento della pressione intracranica (trauma)			↓ FR Midriasi Punteggio Glasgow Coma Scale ≤ 8
	Crisi epilettica			↓ FR
IPERVENTILAZIONE	Abbassamento della temperatura corporea		≤ 35mmHg	FR normale ↓ Tc

	Compensazione dell'acidosi metabolica Shock circolatorio		FR normale o ↑↑ (nello shock grave) ↓PA ↑ FC Cute pallida sudata fredda Tempo di refill > 2 secondi Polso debole filiforme
	Ipotermia		↓ FR $T_c \leq 35^\circ\text{C}$
	Danno al sistema nervoso centrale		↓ FR Glasgow Coma Scale
Et-CO ₂ = End tidal Carbon Dioxide; FC= frequenza cardiaca; FR = frequenza respiratoria; PA= pressione arteriosa; PaCO ₂ = Pressione parziale anidride carbonica, RCP= Rianimazione Cardiopolmonare; ROSC= Ritorno alla Circolazione Spontanea; SpO ₂ saturazione; Tc= temperatura corporea.			
Immagini tratte da Ventura & Imbriaco, 2018.			

FIGURA 4: SCHEMA PER L' INTERPRETAZIONE DELLA CAPNOGRAFIA



ACC= Arresto Cardiocircolatorio Bpco= Bronco Pneumopatia Cronico Ostruttiva, Et-CO2 End Tidal Carbon Dioxide, FR Frequenza Respiratoria ROSC Ritorno Alla Circolazione Spontanea