

Analisi del corretto utilizzo del monitoraggio EtCO₂ nel percorso emergenza-urgenza ed in terapia intensiva

■ NICOLA SEGANTI¹, GUGLIELMO IMBRIACO², ALESSANDRO MONESI², SONIA SANTOLINI², CLAUDIO TACCONI², PATRIZIA FERRARI³, FIORELLA CORDENONS⁴, STEFANO SEBASTIANI⁵, GIOVANNI GORDINI⁶

¹ Infermiere, Pronto Soccorso, Ospedale di Lugo, AUSL Ravenna

² Infermiere, Rianimazione e Terapia Intensiva Ospedale Maggiore, AUSL Bologna

³ Coordinatore infermieristico, Rianimazione e Terapia Intensiva Ospedale Maggiore AUSL Bologna

⁴ Direttore infermieristico, Centrale Operativa 118 Emilia Est

⁵ CPSEI, Azienda Ospedaliero-Universitaria di Bologna Policlinico Sant'Orsola Malpighi, Governo Clinico, Qualità, Formazione. Referente Scientifico e docente del Master di I livello in Assistenza Infermieristica in Area Critica Università degli Studi di Bologna

⁶ Direttore medico, Rianimazione e 118, AUSL Bologna

RIASSUNTO

Premessa: in Area Critica la rilevazione dell'EtCO₂ (CO₂ fine espirio- End Tidal CO₂) è considerata un Gold Standard, in relazione alle raccomandazioni internazionali AARC - Clinical Practice Guideline del 2011. Vi sono almeno tre momenti principali in cui è raccomandata la capnometria nel paziente ventilato meccanicamente:

1. Verifica del corretto posizionamento di presidi per la pervietà delle vie aeree.
2. Analisi della condizione di circolazione polmonare e ventilatoria.
3. Ottimizzazione della ventilazione meccanica.

Materiali e Metodi: lo studio, rivolto al personale infermieristico dell'Unità Operativa Rianimazione dell'ospedale Maggiore di Bologna, ha avuto come obiettivo la valutazione dell'adesione alle raccomandazioni internazionali rispetto la gestione del monitoraggio EtCO₂ ed è stato caratterizzato dai seguenti momenti:

1. Pre-audit: caratterizzato da un periodo di due mesi per fotografare il comportamento senza attività di reminder;
2. Questionario anonimo rivolto agli infermieri in servizio, con attività prevalentemente clinica e non più in affiancamento, per verificare le conoscenze sull'argomento;
3. Attività di reminder attraverso: divulgazione di un video sulla corretta applicazione dell'EtCO₂; presentazione dei dati emersi dal pre-audit; predisposizione di un poster sull'argomento; invio per posta elettronica delle principali raccoman-

Analysis of the correct use of EtCO₂ monitoring in the emergency clinical pathway and intensive care unit

■ NICOLA SEGANTI¹, GUGLIELMO IMBRIACO², ALESSANDRO MONESI², SONIA SANTOLINI², CLAUDIO TACCONI², PATRIZIA FERRARI³, FIORELLA CORDENONS⁴, STEFANO SEBASTIANI⁵, GIOVANNI GORDINI⁶

¹ RN, A&E Dept., Hospital of Lugo, LHU Ravenna

² RN, Intensive Care Unit, Maggiore Hospital, LHU Bologna

³ Nursing Coordinator, Intensive Care Unit, Maggiore Hospital, LHU Bologna

⁴ Nursing Director, 118 Emergency Operating Unit, Emilia East

⁵ CPSEI, Hospital-University of Bologna, Sant'Orsola Malpighi Polyclinic, Clinical Quality Control, Training, Scientific Referral and Professor in Level II Master's in Critical Care Nursing Assistance, Bologna University

⁶ Medical Director, 118 Emergency, LHU Bologna

ABSTRACT

Background: EtCO₂ (End Tidal CO₂) monitoring is considered a gold standard in critical patients, following AARC - Clinical Practice Guidelines recommendations published in 2011. Carbon dioxide monitoring during mechanical ventilation should be used at least in three moments:

1. Confirmation of correct positioning of an airway management device
2. Evaluation of ventilatory status and pulmonary circulation
3. Optimization of mechanical ventilation

Methods: this study aimed to evaluate the adherence to international recommendations of the nursing staff of the Intensive Care Unit of Maggiore Hospital in Bologna (Italy) on the use of EtCO₂ monitoring. The study was developed in three steps:

1. Pre-audit: characterized by a two months evaluation period of personnel's behavior without activity reminder;
2. Anonymous questionnaire submission to effective nursing staff to assess knowledge on carbon dioxide monitoring and its indications;
3. Reminder activity based on: showing of a video on the correct EtCO₂ monitoring use; Presentation and discussion of pre-audit results; development of a poster on capnography indications and clinical applications; sending of an email reminder on main capnography monitoring recommendations with links to

dazioni in merito all'uso della capnografia e dei links alla documentazione multimedia predisposta; discussione in merito all'argomento durante analisi di casi clinici o incontri; IN-ternal-audit (IN-audit) per valutare l'efficacia dei sistemi di reminder: verifica dell'adesione successiva alla attività di "sensibilizzazione" all'argomento, attraverso l'analisi degli indicatori di processo stabiliti durante la fase di pre-audit.

Risultati: dai dati analizzati, l'attività di reminder ha agito in modo sensibilmente positivo sul miglioramento di tutti gli indicatori monitorati.

Conclusioni: lo studio proposto ha dimostrato che è possibile applicare il modello dell'audit clinico al contesto assistenziale o in sue piccole parti. L'audit è stato ben accettato dal personale nonostante un "pre-audit non dichiarato" e questo è segno di maturità del gruppo di lavoro.

I reminders adottati sono stati efficaci nello stimolare il cambiamento. Proposta per il futuro potrebbe essere la creazione di un canale multimediale per "ricordare" le principali attività presenti in reparto o per descrivere nuove raccomandazioni.

Con tali presupposti auspichiamo che un progetto nato come argomento di tesi divenga un elemento della normale attività di raccolta dati per la "qualità delle cure".

Parole chiave: capnografia, EtCO₂, gestione delle vie aeree, eventi avversi, sistemi di richiamo, audit clinico.

Articolo originale

PERVENUTO IL 28/01/2016

ACCETTATO IL 29/03/2016

Corrispondenza per richieste: Patrizia Ferrari,
patrizia.ferrari@ausl.bologna.it

Gli autori dichiarano di non aver conflitto di interesse.

INTRODUZIONE

La misurazione in tempo reale della anidride carbonica espirata è una metodica ampiamente utilizzata in diversi contesti dell'area critica; inizialmente impiegata come sistema di monitoraggio intraoperatorio, si è rapidamente diffusa nelle terapie intensive per la valutazione *real time* dei pazienti intubati e ventilati e sta oggi trovando applicazione e consenso anche nell'emergenza preospedalliera.^{1,2,3,4,5}

Nella linea guida AARC del 2011⁶ basata su 234 studi clinici e revisioni sistematiche, si identificano, attraverso il sistema GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation), tre momenti principali in cui è raccomandata la capnometria nel paziente ventilato meccanicamente:

1. Verifica del corretto posizionamento di presidi per la pervietà delle vie aeree;
2. Analisi della condizione di circolazione polmonare e ventilatoria;
3. Ottimizzazione della ventilazione meccanica.

Da queste indicazioni derivano le principali applicazioni nella pratica clinico-assistenziale:

1. Verifica del corretto posizionamento del tubo endotracheale;
2. Verifica del corretto posizionamento di presidio extra-glottico;
3. Valutazione dell'efficacia della ventilazione manuale;
4. Verifica dell'efficacia della rianimazione cardiopolmonare e

multimedia files (poster and video); discussion during meeting and clinical audits. Internal Audit, to evaluate the efficacy of this reminder system: assessment of personnel adherence to clinical indications on EtCO₂ monitoring, following reminder activity, evaluating pre-defined process indicators.

Results: data collected showed that this reminder process had a positive effect and led to a significative improvement of the defined indicators.

Conclusions: the proposed study showed that it is possible to apply a clinical audit process inside the healthcare setting; the audit was well accepted by the nursing staff despite an undeclared "pre-audit" and this can be considered a sign of maturity of the working group. The adopted reminders were effective on stimulating a change in the routinary activities. Proposal for the future could be the creation of a multimedia channel to describe best practices or new recommendations on the main clinical activities.

We hope that a project born as a thesis topic will be used in the future to stimulate data collection and to improve quality of nursing care inside critical settings.

Key words: capnography, EtCO₂, airway management, adverse event, reminder, clinical audit.

Original Article

RECEIVED ON 28/01/2016

ACCEPTED 03/2016

Address correspondence and reprint requests to: Patrizia Ferrari,
patrizia.ferrari@ausl.bologna.it

The authors declare to have no conflict of interest.

INTRODUCTION

The real time measurement of carbon dioxide concentration in the gases expired is a widely used method in various critical care settings. Initially used as an intraoperative monitoring system, it was rapidly diffused in the ICUs for the *real-time* monitoring of intubated patients and is commonly applied today also in prehospital emergency.^{1,2,3,4,5}

The AARC guidelines of 2011⁶ based on 234 clinical trials and systematic reviews, identify through the GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation) system, three main stages when capnometry is recommended for patients under mechanical ventilation:

1. Verification of the correct positioning of the naso-gastric tubes for airway clearance;
2. Analysis of the circulation and ventilation conditions of the lungs.
3. Optimization of mechanical ventilation.

These indications derive from the main applications of clinical-care practice.

1. Verification of the correct position of the endotracheal tube;
2. Verification of the correct positioning of the extra-glottis tube;
3. Assessment of the efficacy of manual ventilation;
4. Verification of the efficacy of cardiopulmonary reanimation

- identificazione del ritorno alla circolazione spontanea;
5. Verifica della condizione ventilatoria del paziente durante trasporto;
 6. Verifica e monitoraggio continuo della condizione ventilatoria del paziente;
 7. Verifica e monitoraggio continuo della condizione respiratoria e metabolica del paziente;
 8. Analisi ed equilibrio del rapporto ventilazione/perfusione;
 9. Analisi e monitoraggio dello spazio morto e del rapporto spazio morto/volume corrente (Vd/Vt);
 10. Monitorare l'insorgenza di embolia polmonare;
 11. Identificazione del recupero da blocco neuromuscolare;
 12. Verifica del corretto posizionamento di sonda gastrica.^{3,7,8,9,11,12,13}

La capnometria va pertanto predisposta in occasione di intubazione endotracheale, sia in condizioni programmate che urgenti, indipendentemente dal rischio di situazioni di intubazione difficile di ventilazione meccanica assistita del paziente sia in modalità controllata che in modalità di supporto (almeno nei pazienti con un supporto superiori agli 8 cmH₂O).^{2,14,15}

Durante il periodo di osservazione per la dichiarazione di morte encefalica, il monitoraggio della End-Tidal CO₂ (ETCO₂) può ridurre i tempi e rendere più sicura la fase del test di apnea, con effetti positivi anche sulla stabilità emodinamica.¹⁶

Nella attività quotidiana in ambiente intensivo il ricorso al monitoraggio capnometrico, durante ventilazione invasiva o non invasiva, riduce il numero di emogasanalisi effettuate, agendo positivamente sia sul patrimonio ematico che sulla spesa economica del reparto.^{4,17,18,19}

SCOPI

Questo lavoro vuole approfondire la tematica del monitoraggio ETCO₂, nell'ottica della valutazione delle conoscenze del personale infermieristico, dell'adesione a raccomandazioni internazionali.

L'analisi delle linee guida, degli studi svolti sull'argomento e l'approfondimento sul funzionamento e la corretta gestione dei sistemi di monitoraggio, ha portato ad uno studio svolto presso l'Unità Operativa Rianimazione dell'ospedale Maggiore di Bologna. Obiettivo da raggiungere era la più alta adesione possibile alle buone pratiche nella gestione del monitoraggio EtCO₂ da parte del personale infermieristico, in relazione alla tipologia di paziente, alla modalità ventilatoria a cui è sottoposto e alla formazione specifica del personale, basandosi sulle relative raccomandazioni, anche grazie l'integrazione nella pratica quotidiana di strumenti di reminder.

MATERIALI E METODI

Lo studio è stato caratterizzato dai seguenti momenti:

Pre-audit: per fotografare il comportamento senza attività di reminder. Si è misurata, tramite check-list di processo registrata in un supporto elettronico, l'appropriatezza nella calibrazione dello strumento in uso ed i momenti in cui si utilizza, e gli allarmi impostati. Questo momento di raccolta dei dati non è stato dichiarato per non avere cambiamenti dei comportamenti ed influenza sugli stessi.

Questionario anonimo rivolto agli infermieri in servizio con attività prevalentemente clinica e non più in affiancamento, per verificare le conoscenze sull'argomento.

Attività reminder, attraverso: divulgazione di un video sulla corretta applicazione dell'ETCO₂, presentazione dei dati emersi dal pre-audit, predisposizione di un poster sull'argomento, invio per posta elettronica delle principali raccomandazioni in merito all'uso della capnografia e dei links alla documentazione multimedia predisposta,

- and identification of the return of spontaneous circulation;
5. Verification of the respiratory condition of the patient during transport;
 6. Verification and continuous monitoring of the patient's respiratory condition;
 7. Verification and continuous monitoring of the patient's respiratory and metabolic condition;
 8. Analysis and equilibrium of the ventilation/perfusion ratio;
 9. Analysis and monitoring of the dead space and the dead space/current volume (Vd/Vt) ratio;
 10. Monitoring the onset of pulmonary embolism;
 11. Identification of the recovery from neuromuscular block;
 12. Verification of the correct positioning of the gastric probe.^{3,7,8,9,11,12,13}

Capnometry should, however, be programmed during endotracheal intubation, in both organized and emergency situations, regardless of the risk factors of difficult intubation in the mechanical ventilation assistance of the patient in both flow-controlled or support modes (at least in patients with a support greater than 8 cmH₂O).^{2,14,15}

During the observation period for the declaration of brain death, the monitoring of the End-Tidal CO₂ (EtCO₂) may reduce the time frames and make the apnea test phase safer, with positive effects on the hemodynamic stability.¹⁶

In daily ICU activities, recourse to capnometry monitoring during invasive and noninvasive ventilation reduces the number of hemogasanalyses effected, and acts positively on both the blood supplies as well as on the cost effectiveness of the ward.^{4,17,18,19}

AIMS

This survey aims to acquire deeper awareness EtCO₂ monitoring, in the perspective of assessing the expertise of the nursing staff, and their compliance to international advisories.

Analysis of the guidelines, studies and in-depth surveys carried out on the functioning and correct management of the monitoring systems, led to a survey performed in the Reanimation Operating Unit of the Maggiore Hospital of Bologna. The objective targeted was to achieve the highest degree of compliance to good practices in EtCO₂ monitoring by the nursing staff, in relation to the type of patients, ventilation modes the patients are subjected to, and specific training of the staff, on the basis of the relevant recommendations, also through the integration of "reminder" tools into daily practices.

MATERIALS AND METHODS

The study was structured in various phases;

Pre-audit: to obtain a picture of the staff's behavior in the absence of "reminder" activities. This was measured through a check-list process registered on an electronic work sheet, the correct calibration of the tool used, the times these are used, and the setting of alarms. This data collection stage was not declared so it would not provoke changes in the behavior of the staff and influence the same.

Anonymous questionnaires were distributed to the nurses on duty with prevalently clinical activities and no longer supervised, to verify their knowledge on this matter.

"Reminder" activities: were done through the dissemination of a video on the correct application of ETCO₂, presentation of the pre-audits data results, preparation of a poster on the theme, e-mails sent with the main instructions on the use of capnography and the links to multimedia documentations, and discussions or meetings held during the analysis of clinical cases.

discussione durante analisi di casi clinici o incontri.

Internal-audit (IN-audit), per valutare l'efficacia dei sistemi di reminder: verifica dell'adesione successiva alla attività di "sensibilizzazione" all'argomento. Si è riutilizzata la stessa scheda di analisi adottata nel pre-audit, al fine di misurare l'appropriatezza nell'uso dell'EtCO₂ e di conseguenza l'efficacia dei reminder adottati

RISULTATI

L'attività di raccolta dati per il "pre-audit" si è svolta nei mesi di maggio e giugno 2013 per un totale di 53 rilevazioni, che hanno evidenziato una adesione del 100% al monitoraggio EtCO₂ in corso di ventilazione assistita in modalità controllata o con supporto > 8cmH₂O.

Nel 100% dei casi di intubazione dichiarata preventivamente "difficile", è stata predisposta la capnometria, ma in corso di intubazione urgente solo in 6 casi su 10 lo strumento era pronto.

In occasione di intubazione programmata, il 66% delle tecniche è stato eseguito con capnometro pronto, il 18% con monitoraggio applicato in ritardo, cioè a manovra completata, e nei restanti casi non è stato applicato.

Il sistema capnometrico in uso nell'unità operativa, prevede la calibrazione dello strumento (sensore) e dell'adattatore da porre sulla linea del circuito ventilatorio (cuvette) in più fasi e dall'analisi dei dati si evidenzia che 8 volte su 10 il sensore è ben calibrato (nel modo e nei tempi necessari), ma solo nel 50% dei casi è stato calibrato anche l'adattatore.

La compensazione dell'ossigeno è stata registrata nel 56% dei casi ed 8 volte su 10 il capnometro è stato mantenuto nell'asse corretto per garantire il miglior monitoraggio.

Un commento a parte va fatto per le impostazioni dei limiti superiori ed inferiori degli allarmi. Si sono ritenuti corretti limiti che non avessero uno scarto superiore al 30% dal valore target, noto da protocolli in uso o da indicazioni del medico.

Vengono correttamente impostati 7 volte su 10 in caso di pazienti definiti, secondo procedure interne al reparto, di categoria A (paziente critico instabile), mentre in caso di pazienti di categoria B (paziente che necessita di monitoraggio intensivo) il dato si inverte (3:10).

Su quest'ultimo punto si è deciso di svolgere una attività di reminder specifica, per riassociare le impostazioni degli allarmi non sulla categoria del paziente, bensì sulla esigenza di monitorare la capnometria in tutti i pazienti ventilati meccanicamente in modalità controllata o con supporto alto, anche per poter essere adesi alla istruzione operativa presente in AUSL Bologna sul monitoraggio dei parametri biologici diffuso successivamente all'inizio delle osservazioni.

Questionario rivolto al personale infermieristico

Dall'analisi dei questionari somministrati al personale infermieristico alla domanda sull'impostazione degli allarmi la risposta più frequente è "sempre" nel 78% dei casi ma il 19% li associa alla categoria del paziente, pur riconoscendo l'associazione dell'utilizzo del monitoraggio EtCO₂ con la ventilazione controllata o assistita (oltre 8 di supporto il 51%, anche solo oltre 3 cmH₂O di supporto il 32%).

Sette infermieri su dieci ricorrono alla capnometria sia nella fase di intubazione che in quella di ventilazione meccanica e oltre il 95% risponde correttamente alla domanda inerente la modalità di calibrazione dello strumento, e sulla compensazione di ossigeno, mentre è meno noto il tempo indicato per la ricalibrazione (entro le 48 ore per lo strumento in uso).

Internal-audit (IN-audit), to evaluate the efficacy of the "reminder" activities: verification of compliance subsequent to the "awareness" campaigns on the topic. The analysis scheme adopted in the pre-audit was again used in order to measure the correct use of the EtCO₂ and consequently the effectiveness of the "reminders" adopted.

RESULTS

Pre-audit

The "pre-audits" data collection was done in the months of May and June 2013 for a total of 53 sessions that evidenced 100% of staff who signed up for EtCO₂ monitoring during assisted ventilation in controlled modes or with support > 8 cmH₂O.

Capnometry was scheduled in 100% of officially difficult-to-intubate cases, but in the course of urgent intubation the instrument was ready only in 6 out of 10 cases.

On the occasion of planned intubation, 66% of the techniques were executed with an already prepared capnometer 18% of monitoring was applied late, that is, when the maneuver was over, and in the remaining cases, had not been applied.

The capnometry system used in the operating units, provides for the calibration of the tool (sensor) and the adaptor to be placed on the ventilation circuit line (cuvette) in several phases, and by the analysis of the data it was proven that 8 times out of 10 the sensor was well calibrated (in the mode and time necessary), but only in 50% of the cases also the adaptor had also been calibrated.

Oxygen compensation was registered in 56% of the cases, and 8 times out of 10 the capnometer was kept in the correct axis to guarantee the best monitoring.

A side comment must be given regarding the settings of the higher and lower limits of the alarms. The limits were considered correct when there were no gaps higher than 30% of the target value, given in protocols in use or as indicated by the physician.

These were correctly set in 7 out of 10 times in cases of patients defined according to internal ward procedures as belonging to category A (critical, unstable patients), while in the case of category B patients (those needing intensive monitoring) the data was reversed (3:10).

Regarding this last point, we decided to carry out specific "reminder" activities, to reassociate the settings of the alarms not on the category of the patient, but on the need to monitor the capnometry in all mechanically ventilated patients under controlled or high support mode, also in order to comply with the operating instructions given in the Bologna LHU on the monitoring of biological parameters, diffused subsequent to the start of the observations.

Questionnaire distributed to the nursing staff

From the analysis of the questionnaires handed out to the nursing staff on the question regarding the setting of the alarms, the most frequent answer was "always" in 78% of the cases but 19% associated their answers to the category of the patient, though recognizing the association of the use of EtCO₂ monitoring with controlled or assisted ventilation (51% when supports were at 8 and 32% already when supports were just over 3 cmH₂O).

Seven out of 40 nurses used the capnometer in both intubation and mechanical ventilation phases and over 95% correctly answered the questions on the instrument calibration methods and oxygen compensation, while they were less informed of the time indication for recalibration (within 48 hours for the instrument in use).

IN-Audit

L'attività di reminder si è focalizzata sui punti ritenuti più deboli. Il personale infermieristico si è dimostrato disponibile al confronto ed al cambiamento.

Da settembre 2013 è iniziata la fase IN-Audit e dai dati preliminari si conferma il ricorso alla capnografia nella totalità dei pazienti ventilati con modalità controllata o con supporto maggiore di 8 cmH₂O, con un incremento percentuale pari al massimo possibile (10 punti).

Si conferma il ricorso alla capnografia in fase di intubazione dichiarata difficile ed un aumento nell'uso durante intubazione urgente; nella popolazione osservata vi è stato il 100% di utilizzo pari ad un +40% (periodo 5/9/13 -16/10/2013 - 6 casi su 6). **(Tabella 1)**

Abbiamo osservato un miglioramento della corretta modalità di calibrazione dello strumento, in particolare della compensazione dell'ossigeno (+21%). È però necessario continuare a "ricordare" al personale l'importanza di calibrare congiuntamente sia sensore che adattatore.

L'attività di reminder ha sicuramente agito in modo positivo sull'impostazione degli allarmi durante ventilazione in modalità controllata, o con supporto oltre 8 cmH₂O; infatti possiamo notare un aumento sia per i pazienti categoria A (dal 77 al 94%) che un alto scarto per i pazienti di categoria B (dal 37 al 71%). Quest'ultimo risultato si ritiene molto importante.

Tabella 1.
Confronto Pre-Audit e IN-Audit

Azione valutata	% adesione Pre-Audit	% adesione In-Audit	Differenza % scarto
EtCO ₂ presente per paziente ventilato in PCV, ACV, VG o PSV > 8	90	100	+10
EtCO ₂ presente per paziente ventilato in PSV > 3 e < 8	10	0	-10
EtCO ₂ presente per paziente ventilato in PSV < 3	0	0	0
Presenza EtCO ₂ in caso di intubazione dichiarata difficile	100	100	0
Presenza EtCO ₂ in caso di intubazione urgente	60	100	+40
Data calibrazione adattatore >= data IOT?	83	90	+7
Data calibrazione adattatore >= data calibrazione sensore?	50	58	+8
FiO ₂ compensata	56	77	+21
Corretto range degli allarmi impostati (+/- 30% val. target) in pazienti "categoria A", ventilati in modalità controllata o con PSV > 8	77	94	+17
Corretto range degli allarmi impostati (+/- 30% val. target) in pazienti "categoria B" ventilati in modalità controllata o con PSV > 8	37	71	+34
Mantenimento della calibrazione del capnografo (entro le 48 ore o in caso di adattatore sporco)	74	78	+4

IN-Audit

The "reminder" activities focused on what were considered the weaker points. The nursing staff demonstrated their openness to confrontation and change.

From September 2013 onwards, the IN-Audit phase began and the preliminary data confirmed the use of capnography in all the patients ventilated with controlled mode or with support greater than 8 cmH₂O, with an increased percentage equal to the maximum possible (10 points).

The use of capnography was also confirmed in phases of officially difficult-to-intubate cases and an increased use during emergency intubation. In the population observed there was a 100% usage, equivalent to a +40% (period 5/9/13 -16/10/2013 - 6 out of 6 cases). **(Table 1)**

We observed an improvement of the correct instrument calibration method, particularly of oxygen compensation (+21%). It would, however, be necessary to continue "reminding" the personnel of the importance of concurrently calibrating both the sensor and the adaptor.

The "reminder" activity certainly had a positive impact on the setting of the alarms during controlled ventilation or with support greater than 8 cmH₂O; in fact we noted an increase for both category A patients (from 77 to 94%) and a high gap for category B patients (from 37 to 71%). The latter result is considered very important.

Table 1. Pre-Audit and IN-Audit Comparison

Operation assessed	% signed up for Pre-Audit	% signed up for In-Audit	Difference in % gap
EtCO ₂ practiced for patients ventilated in PCV, ACV, VG or PSV > 8	90	100	+10
EtCO ₂ practiced for patients ventilated in PSV > 3 and < 8	10	0	-10
EtCO ₂ practiced for patients ventilated in PSV < 3	0	0	0
EtCO ₂ practiced in officially declared difficult intubation	100	100	0
EtCO ₂ practiced in case of urgent intubation	60	100	+40
Adaptor calibration data >= data IOT?	83	90	+7
Adaptor calibration data >= sensor calibration data?	50	58	+8
Compensated FiO ₂	56	77	+21
Correct range of alarms set (+/- 30% val. target) in "Category A" patients, ventilated in controlled mode or with PSV > 8	77	94	+17
Correct range of alarms set (+/- 30% val. target) in "category B" patients ventilated in controlled mode or with PSV > 8	37	71	+34
Maintenance of capnography calibration (within 48 hours or in case of dirty adaptor)	74	78	+4

LIMITI DELLO STUDIO

Il numero di rilevazioni effettuate è sicuramente un limite importante, ma lo studio descritto è nato come progetto di miglioramento, pertanto in meno di un anno è stato progettato l'audit e la raccolta dati. Il gruppo di lavoro ha comunque deciso di continuare, ritenendo utile lo strumento dell'audit interno, per eliminare il bias e monitorare nel tempo l'adesione alle raccomandazioni.

Non è stato valutato quale reminder, tra l'aggiornamento tramite posta elettronica, il video prodotto, il poster o il confronto diretto durante incontri, sia considerato migliore dal personale infermieristico; riteniamo però importante l'associazione di tutti i metodi sopra descritti.

Volutamente non sono state stratificate le risposte al questionario per anni di servizio.

DISCUSSIONE

I sistemi di monitoraggio quantitativi elettronici sfruttano il principio secondo il quale le molecole di CO₂ assorbono la radiazione emessa da un raggio di luce ad infrarossi ad una particolare lunghezza d'onda. Il capnografo presenta dei particolari fotorivelatori specifici per tale lunghezza d'onda, che permettono di calcolare la quantità di CO₂ nell'aria espirata: minore è la quantità di luce che passa attraverso il gas, maggiore è la quantità di anidride carbonica rilevata.

Questi sistemi sono collegati ad un monitor che mostra il valore numerico dell'EtCO₂ (in mmHg), la frequenza respiratoria, la quantità di CO₂ re-inspirata e l'onda capnografica di riferimento.

I capnografi sono suddivisi in due categorie:

1. Mainstream (monitoraggio diretto): il sensore è posizionato direttamente sul circuito di ventilazione del paziente tra il filtro e il circuito; è costituito da un adattatore, cioè una piccola camera di campionamento, su cui è montato il sensore di rilevazione.
2. Sidestream (monitoraggio flusso secondario): il sensore è posto all'interno del monitor ed analizza un campione di gas espirato "prelevato" dal circuito di ventilazione in continuo.

In generale, l'uso di un capnografo Mainstream è consigliato nei pazienti intubati in quanto il sensore può risultare scomodo dato il relativo peso e ingombro o nei pazienti sottoposti a ventilazione non invasiva con maschera facciale. Il Sidestream è più utilizzato in pazienti sottoposti a ventilazione non invasiva con casco in quanto, oltre ad essere più confortevole, permette un monitoraggio più preciso. Lo spazio morto al suo interno sarebbe troppo elevato per un monitoraggio Mainstream, per cui si preferisce il monitoraggio Sidestream tramite cannule nasali (il circuito passa senza difficoltà sotto il casco).

Prima dell'uso del capnografo elettronico è opportuno eseguire la calibrazione del sensore per garantire una lettura affidabile del parametro, attraverso la camera di azzeramento predisposta, contenente un valore pari a zero di CO₂ e una camera di prova contenente una quantità fissa di CO₂ da 36 a 40 mmHg (38±2 o 38-2). È necessario verificare la calibrazione dell'adattatore ogni volta che se ne cambia il tipo, ad esempio quando si passa da un adattatore Mainstream ad uno Sidestream o da uno per adulti ad uno per neonati. È opportuno ricordare che è necessaria un'adeguata pulizia e conservazione del materiale di monitoraggio, quali adattatori, camere di campionamento, sensori e cavi, affinché sia garantita un'alta qualità e affidabilità del monitoraggio.

Per garantire un risultato più affidabile e preciso è opportuno impostare sul monitor la concentrazione di ossigeno somministrata al paziente (FiO₂ %).

LIMITS OF THE STUDY

The number of measurements taken was surely a serious limitation, but the survey described was conceived as an improvement project, and the audit and data collection were designed in less than a year. The work group had furthermore decided to continue, convinced of the usefulness of the internal audit tool, to eliminate bias and monitoring in the period of compliance to the advisories.

We did not assess which of the reminders - the email updates, video, poster or direct discussion in meetings - was considered by the nurses as the most effective, in the belief however, that the association of the aforesaid methods was important. We purposely did not categorize the questionnaire answers according to the respondents' years of service.

DISCUSSION

The electronic quantitative monitoring systems exploit the principle according to which the CO₂ molecules absorb the radiation emitted by a ray of infrared light of a particular wavelength. The capnograph shows specific photo-detectors for such a wavelength, that allow the calculation of the amount of CO₂ in the breath gases expired: the less amount of light passing through the gas, the greater the amount of carbon dioxide detected.

These systems are connected to a monitor which shows the numerical value of the EtCO₂ (in mmHg), respiratory frequency, amount of CO₂ re-inspired and the capnography wave of reference.

Capnographs are divided into two categories:

1. Mainstream (direct monitoring): the sensor is positioned directly on the ventilation circuit of the patient between the filter and the circuit; it is composed of an adaptor, i.e., a small sampling chamber, on which the measuring sensor is mounted.
2. Sidestream (secondary flow monitoring): the sensor is set inside the monitor and analyses a sample of expired gas taken continuously from the ventilation circuit.

Generally, the use of a Mainstream capnograph is recommended for intubated patients since the sensor may be uncomfortable given its relevant weight and size or in patients subjected to noninvasive ventilation with facial mask. The Sidestream is used more in patients subjected to noninvasive ventilation with helmet, since it is more comfortable, and allows for a more precise measurement. The dead space inside it would be too great for Mainstream monitoring, due to which the Sidestream monitoring system is preferred though a nasal cannula (the circuit is easily inserted under the helmet).

Before using the electronic capnograph, it would be advisable to carry out the calibration of the sensor to ensure a reliable reading of the parameter through the specific zero-setting chamber containing a value equivalent to zero CO₂, and a trial chamber containing a fixed amount of CO₂ from 36 to 40 mmHg (38±2 or 38-2). The calibration of the adaptor should be verified every time the type is changed, for example when passing from a Mainstream to a Sidestream adaptor or from one for adults to one for newborns. It would be good to remember that the monitoring material need to be adequately cleaned and conserved, like the adaptors, sample chamber, sensors and wiring, so as to guarantee high quality and reliable monitoring. To ensure a more reliable and precise result, it would be advisable to set on the monitor the concentration of oxygen administered to the patient. (FiO₂ %).

CONCLUSIONI

Seppur con i limiti dichiarati, lo studio proposto ha dimostrato che è possibile applicare il modello dell'audit clinico al contesto assistenziale o in sue piccole parti. L'audit è stato ben accettato dal personale, nonostante un "pre-audit non dichiarato, e questo è segno di maturità del gruppo di lavoro.

Gli strumenti di reminder adottati sono stati efficaci nello stimolare il cambiamento. Proposta per il futuro potrebbe essere la creazione di un canale multimediale per "ricordare" le principali attività presenti in reparto o per descrivere nuove raccomandazioni.

In fase di estrema urgenza potrebbe essere utile ricorrere a strumenti di capnometria che non necessitino di una calibrazione prima dell'utilizzo.

In conclusione, si può affermare che questo studio ha permesso ad un progetto di audit clinico interno divenire un elemento della normale attività di valutazione dell'appropriatezza per la qualità delle cure nel nostro ambiente di lavoro.

CONCLUSIONS

Despite the declared limits, the survey demonstrated the possibility of applying the clinical audit model or even parts of it, to the healthcare setting. The audit was well accepted by the personnel despite the "surprise" pre-audit, and this is a sign of the work group's maturity.

The "reminder" tools adopted were effective in stimulating change. A future proposal could be the creation of a multimedia channel to "remind" the assistants of the main activities to be done in the ward or to describe new advisories.

In extremely urgent phases it may be useful to use a capnometry tool that does not need to be calibrated before use. To conclude, we can affirm that the survey allowed us to design an internal clinical audit as part of the routine in assessing the suitability and quality of care in clinical practice.

REFERENCES

1. DAVIS DP, FISHER R, BUONO C, BRAINARD C, SMITH S, OCHS G ET AL. *Predictors of intubation success and therapeutic value of paramedic airway management in a large, urban EMS System*. Prehospital Emergency Care, 2006;10,3: 356-362
2. MENARINI M, PETRINI F, BIGI E, DONATO P, DI FILIPPO A, DESIDERIO GG ET AL. *Linee guida per la gestione preospedaliera delle vie aeree*. Documento SIAARTI, 2010
3. CHAU JP, LO SH, THOMPSON DR, FERNANDEZ R, GRIFFITHS R. *Use of end-tidal carbon dioxide detection to determine correct placement of nasogastric tube: a meta-analysis*. Int J. Nurs. Stud. 2011;48,4:513-521
4. LUMINI E. *Capnometria e Capnografia: cavalcare l'onda... per un monitoraggio più accurato*. XXXI Congresso Nazionale ANIARTI 2012
5. BAMBI S, LUCCHINI A, GAFFORELLI A, VALSECCHI N. *Il monitoraggio respiratorio di base*. In *Guida al monitoraggio in Area Critica* a cura di Giusti GD, Benetton M. Maggioli Editore 2014
6. WALSH BK, CROTWELL DN, RESTREPO RD. *Capnography/Capnometry during mechanical ventilation - AARC Clinical Practice Guideline*. Respiratory Care April 1, 2011 vol. 56 no. 4 503-509
7. KALLET RH. *Capnography and Respiratory care in the 21st Century*. Respiratory Care 2008;53,7: 860-1
8. NAGLER J, KRAUSS B. *Capnography: a valuable tool for airway management*. Emerg. Med. Clin. N Am 2008;26:881-897
9. DEITCH K, MINER J, CHUDNOWSKY CR, DOMINICI P, LATA D. *Does End Tidal CO2 monitoring during emergency department procedural sedation and analgesia with propofol decrease the incidence of hypoxic events? A randomized, controlled trial*. Annals of Emergency Medicine 2010;55,3:258-264
10. NOLAN JP, SOAR J, ZIDEMAN DA, ET AL. *ERC Guidelines Writing Group. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary*. Resuscitation. 2010 Oct;81(10):1219-76.
11. GEORGIU AP, GOULDSON S, AMPHLETT AM. *The use of capnography and the availability of airway equipment of Intensive Care Units in the UK and the Republic of Ireland - Journal compilation*. The Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland 2010;65: 462-467
12. AMERICAN HEART ASSOCIATION. *Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science*. Circulation 2010;122,18:suppl 3
13. HARTMANN SM, FARRIS RW, DI GENNARO JL, ROBERTS JS. *Systematic review and meta-analysis of end tidal carbon dioxide values associated with return of spontaneous circulation during cardiopulmonary resuscitation*. J. Intensive Care Med. 2014
14. AHRENS T, SONA C. *Capnography application in acute and critical care*. AACN Clin Issues. 2003 May;14(2):123-32.
15. MANIFOLD CS, DAVIDS N, VILLERS LC, WAMPLER DA. *Capnography for the non-intubated patient in the Emergency Setting in the EMS Environment*. Journal of Emergency Medicine 2013; 45,4:626-632
16. KIM HY, KIM GS, SHIN YH, CHA SR. *The usefulness of end-tidal carbon dioxide monitoring during apnea test in brain-dead patients*. Korean J. Anesthesiol 2014;67,3:186-192
17. ROWAN C, AHMED S, HEDLUND T, SPEICHER R. *Implementation of continuous capnography in associated with decrease utilization of blood gases*. J. Clin. Med Res. 2015;7,2:71-75
18. MARINO PL. *The ICU Book, Terapia Intensiva, principi fondamentali*. Elsevier 2007
19. GREEN SM, PERSHAD J. *Should Capnographic Monitoring be standard practice during emergency department procedural sedation and analgesia? Pro and Con*. Annals of Emergency Medicine 2010;55,3: 265-267