

# Anvendelse af kapnografi i akutafdelingen

Alexandra Vassilieva<sup>1</sup> & Birgitte Riis Andersen<sup>2</sup>

## STATUSARTIKEL

**1)** Anæstesiologisk Afdeling, Rigshospitalet

**2)** Anæstesiologisk Afdeling, Nykøbing F. Sygehus

Ugeskr Læger

2019;181:V02190143

Kapnografi har igennem de seneste år vundet indpas i sundhedsvæsenet verden over. I Danmark er det indført som standard til intuberede patienter på anæstesi- og intensivafdelinger og til intuberede patienter med hjertestop. Præhospitalt bruges noninvasiv kapnografi til kritisk syge patienter og hos patienter med hjertestop.

## FYSIOLOGI

CO<sub>2</sub> produceres ved forbrænding og diffunderer herefter fra cellerne til blodet, hvor det transporteres, primært som bikarbonat, til lungerne. Her diffunderer det over lungernes diffusionsbarriere til alveolerne og udåndes. Diffusionsevnen er 20 gange større for CO<sub>2</sub> end O<sub>2</sub>, og diffusionsbarrieren har derfor sjældent betydning for CO<sub>2</sub> i udåndingsluften. Alveolær CO<sub>2</sub>-koncentration korrelerer typisk med blodets CO<sub>2</sub>-partialtryk, medmindre der er tale om et større perfusions/ventilations (V/Q)-mismatch. CO<sub>2</sub>-koncentrationen i udåndingsluften afhænger således primært af ventilationen, men vil også påvirkes af ændret perfusion eller vævsmetabolisme.

Partialtrykket af CO<sub>2</sub> i alveolerne måles i slutningen af udåndingen og kaldes *end-tidal CO<sub>2</sub>* (EtCO<sub>2</sub>). EtCO<sub>2</sub>-værdien vil under normale forhold være 4,0-5,7 kPa. Afgivelser kan være tegn på hypo- og hyperventilation ved f.eks. opioidoverdosering eller metabolisk acidose med respiratorisk kompensation. Det kan også være tegn på ændret perfusion som ved hjertestop, et V/Q-mismatch som ved lungeemboli eller ændringer i metabolismen såsom temperaturforhøjelse. Et kapnogram er en grafisk fremstilling af CO<sub>2</sub>-koncentrationen i udåndingsluften over tid. Kurvens form kan bl.a. anvendes til detektion af bronkospasme og derved vejlede klinikerne i den videre diagnostik (**Figur 1**) [2].

## HOVEDBUDSKABER

- ▶ Kapnografi bruges til alle intuberede patienter samt noninvasivt præhospitalt, men ikke på hospitalet.
- ▶ Vha. noninvasiv kapnografi kan man afsløre tilstande med ændret ventilation, dyspnø, metabolisk acidose samt cerebrale skader og kramper.
- ▶ Implementeringen kræver uddannelse og økonomisk investering.

## MÅLEMETODER

CO<sub>2</sub> i udåndingsluften kan måles med flere forskellige metoder. I den mest pålidelige benyttes infrarød spektroskopi til CO<sub>2</sub>-detektion ved hjælp af en kuvette, som opfanger udåndingsluften direkte fra luftvejene, en såkaldt mainstreammåling. Noninvasiv kapnografi foregår primært ved sidestream-måling i et nasalkateter, hvor CO<sub>2</sub> i udåndingsluften transportereres fra mund eller næse til en detektor i monitoren. Teknologiske fremskridt har reduceret forskellene mellem mainstream- og sidestream-systemer ved at minimere ledningstiden i sideporten i sådan en grad, at kapnogrammet næsten synkroniseres med udåndingen ved begge metoder [3].

Man har i studier sat spørgsmålstege ved pålideligheden af noninvasiv kapnografi. EtCO<sub>2</sub> korrelerer godt med arteriel CO<sub>2</sub>-tension (PaCO<sub>2</sub>) hos raske, men hos syge vil værdierne ikke altid være ens. Bedst korrelation er påvist hos hypokapniske patienter og patienter med acidose [4]. Ved tilstande med V/Q-mismatch, som ved patienter med kronisk obstruktiv lungesygdom i eksacerbation med øget *dead space*, er der dårlig korrelation [5].

Andre målemetoder af CO<sub>2</sub> i blodet er venøse blodgasanalyser, kapillær gas-måling og måling af transkutan CO<sub>2</sub>, hvor de to sidste primært anvendes hos børn. Uanset metodevalg kræver anvendelse og tolkning en forståelse for de patofisiologiske processer hos patienten og fejlkilder ved metoden.

## KAPNOGRAFI I KLINIKKEN I DAG

### Ved intubation eller supraglottiske luftveje

Kapnografi er en anerkendt monitoringsmetode hos intuberede patienter og har været brugt som en del af standardovervågningen i anæstesien i over tre årtier [6]. EtCO<sub>2</sub> er den mest pålidelige verificeringsmetode af korrekt tubeplacering, hvorfor alle patienter bør have kontrolleret EtCO<sub>2</sub> umiddelbart efter intubation. Kortvarig eller manglende CO<sub>2</sub> i udåndingsluften vil være et udtryk for, at endotrakealtuben ikke ligger i trachea, men i øsofagus. Om tuben ligger for dybt i luftvejen, kan derimod ikke afgøres med kapnografi. Hypotriglycidet hjælper EtCO<sub>2</sub> anæstesipersonelet med at korrigere respiratorindstillinger til normoventilation eller blive opmærksom på tubedisplacering, bronkospasme, genånding, fald i *cardiac output*, større embolier, f.eks. luftembolier under visse former for kirurgi, eller malign

hypertermi. I en national audit i Storbritannien i 2011 konkluderede man, at anvendelsen af kapnografi hos alle patienter med en kunstig luftvej (tube, larynxmaskine, trakeostomi) på intensivafdelingerne og i akutmodtagelserne ville kunne forhindre 70% af de luftvejsrelaterede dødsfald [7]. Udbredelsen af kapnografi til alle intuberede patienter på intensivafdelinger vil alene give den største reduktion i luftvejsrelaterede uheldige hændelser (UTH) på intensivafdelingerne.

På en fjerdedel af neonatalafdelingerne i Storbritannien har man haft UTH'er med alvorlig skade og mortalitet pga. luftvejsproblemer. Rapporter om forsinket erkendelse af forkert tubeplacering hos neonatale tyder på, at der er behov for yderligere fokus på kapnografisk verificering af tubeplacering [7].

### Ved hjertestop

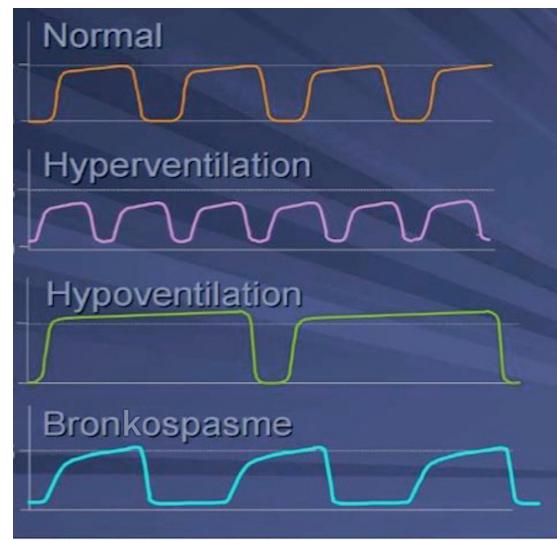
I de seneste europæiske guidelines for genoplivning ved hjertestop anbefales kapnografi for at fastslå og løbende overvåge tubens/den supraglottiske luftvejs placering og hjertemassagens kvalitet. Kapnografi anbefales endvidere til detektion af spontan cirkulation (ROSC) og til vurdering af prognosen for overlevelse under igangværende hjerte-lunge-redning. Ved en signifikant stigning i etCO<sub>2</sub> under igangværende hjerte-lunge-redning er anbefalingen at afvente med at give intravenøs indgift af adrenalin indtil næste rytmefcheck for at undgå adrenalin, efter at ROSC er opnået. EtCO<sub>2</sub>-niveauer under 1,33 kPa efter 20 minutters avanceret genoplivning prædicerer en 0,8% chance for overlevelse. Lave EtCO<sub>2</sub>-niveauer bør derfor indgå i beslutningstagningen om at afslutte genoplivning [8].

### Præhospitalt

Præhospitalt bliver kapnografi brugt i forbindelse med intubation og hjertestop. Et nasalt kapnografikateter anvendes til monitorering af ventilationsfrekvens og -tilstrækkelighed hos patienter med egen vejitrækning (Figur 2) [9]. Kapnogrammet kan bidrage til, at man kan skelne mellem bronkospasme og lungestase samt vurdering af alvorsgraden af bronkospasme. Der er dog ingen evidens for, at præhospital kapnografi har betydning for klinisk beslutningstagning præhospitalt. I præhospitalretningslinjer anbefales det derfor, at man primært anvender noninvasiv kapnografi til vurdering af etCO<sub>2</sub>-trend og behandlingseffekt, men ikke diagnostisk, da fortolkningen er vanskelig uden supplerende PaCO<sub>2</sub>-måling [10]. Dog bør det nævnes, at noninvasiv etCO<sub>2</sub> har den største prædictive værdi for dødelighed i association til metaboliske forstyrrelser sammenlignet med øvrige vitale tegn, som måles præhospitalt. Et retrospektiv studie af 1.088 patienter viste, at man vha. abnorme etCO<sub>2</sub>-målinger kan forudsige dødeligheden med en sensitivitet på 93% og en specifitet på 44%. Den negative prædictive værdi i samme studie var 99%

 FIGUR 1

Skematisk kapnogram ved hhv. normal ventilation, hyperventilation, hypoventilation og hos patienter med bronkospasme [1].



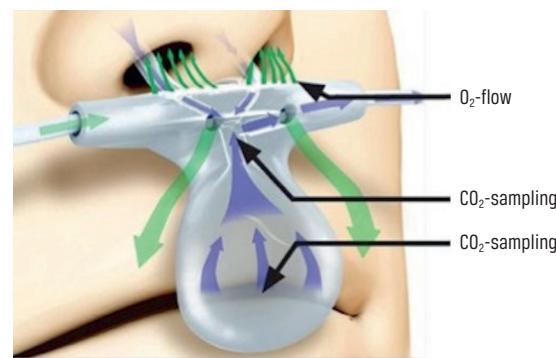
[11]. Noninvasiv præhospitalt etCO<sub>2</sub> ≤ 25 mmHg ( $\leq 3,33 \text{ kPa}$ ) er desuden bedre til brug ved forudsigelse af mortalitet, sepsis og septisk shock end *quick-sequential organ failure assessment* (qSOFA)-score  $\leq 2$  hos patienter, hvor man har klinisk mistanke om sepsis. I et retrospektivt studie af 289 patienter var sensitiviteten for etCO<sub>2</sub> som prædictiv værdi for mortalitet 80% og 68% for qSOFA. Specifiteten var hhv. 42% og 40% [12].

### KAPNOGRAFI PÅ AKUTAFDELINGERNE

Blodgasmåling er en smertefuld invasiv procedure, som kræver uddannet personale og tilgængeligt apparatur. I praksis bliver arterielle blodgasmålinger taget med ti-

 FIGUR 2

Skematisk tegning af O<sub>2</sub>-flow og CO<sub>2</sub>-sampling i næsebrille. Gasserne holdes adskilt og føres til og fra næsen i hver sin sideport.



**TABEL 1**

Oversigt over prospektive, enkeltcenterstudier, som har undersøgt noninvasiv kapnografi-monitorering i akutmodtagelsen.

Reference	n	Alder	Tilstand	Resultat <sup>a</sup> (r-værdi)
Kartal <i>et al</i> , 2011 [18]	240	Voksne	Metaboliske forstyrrelser	Patienter der døde, havde signifikant lavere gennemsnits-etCO <sub>2</sub> : 27 ± 7 mmHg vs. 30 ± 7,5 mmHg Moderat korrelation mellem noninvasivt etCO <sub>2</sub> og HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -niveau (0,506)
Pishbin <i>et al</i> , 2015 [19]	64	Voksne	Metabolisk acidose	Signifikante korrelationer mellem etCO <sub>2</sub> og hhv. pH (0,368), HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -niveau (0,869), arterielt pCO <sub>2</sub> (0,795) og baseoverskud (0,346)
Hunter <i>et al</i> , 2013 [20]	201	Voksne	Sepsis, laktatacidose	Både laktatniveau og noninvasivt etCO <sub>2</sub> er associeret til mortalitet AUC hhv. 0,75 og 0,73 for laktatniveau og etCO <sub>2</sub>
McGillicuddy <i>et al</i> , 2009 [21]	97	Voksne	Sepsis, laktatacidose	Lille men signifikant korrelation mellem noninvasivt etCO <sub>2</sub> og SOFA-score samt etCO <sub>2</sub> og laktatniveau (-0,35)
Agus <i>et al</i> , 2006 [22]	72	1-21 år	DKA	Høje korrelationer mellem noninvasivt etCO <sub>2</sub> og hhv. total serum-CO <sub>2</sub> -niveau (0,84), venøst HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -niveau (0,84) og venøst pCO <sub>2</sub> (0,79)
Gilhotra & Porter, 2007 [23]	58	Børn	DKA	0 patienter med noninvasivt etCO <sub>2</sub> > 30 mmHg havde DKA: sensitivitet = 1,00, specifititet = 0,86 6 af patienterne med etCO <sub>2</sub> < 30 mmHg havde ikke DKA
Soleimannpour <i>et al</i> , 2013 [24]	181	Voksne	DKA	Noninvasivt etCO <sub>2</sub> < 24,5 mmHg udelukkede DKA med både sensitivitet og specifititet = 0,90
Garcia <i>et al</i> , 2003 [25]	121	Børn	DKA	Høj korrelation mellem noninvasivt etCO <sub>2</sub> og hhv. venøst pCO <sub>2</sub> (0,92), pH (0,88) og RF (-0,79)
Bou Chebl <i>et al</i> , 2016 [26]	71	Voksne	DKA	Både høje og lave noninvasive etCO <sub>2</sub> -værdier er associerede til DKA EtCO <sub>2</sub> ≥ 35 mmHg med sensitivitet = 1,00 og specifititet = 0,68 EtCO <sub>2</sub> ≤ 21 mmHg med sensitivitet = 0,57 og specifititet = 1,00
Cinar <i>et al</i> , 2012 [17]	162	Voksne	Akut dyspnø	Høj korrelation mellem noninvasivt etCO <sub>2</sub> og arterielt pCO <sub>2</sub> (0,911)
Delerme <i>et al</i> , 2010 [27]	43	Voksne	Dyspnø	Høj korrelation mellem noninvasivt etCO <sub>2</sub> og arterielt pCO <sub>2</sub> (0,82) Betydelig forskel mellem arterielt pCO <sub>2</sub> og etCO <sub>2</sub> , i gennemsnit 8 mmHg
Yosefy <i>et al</i> , 2004 [28]	73	Voksne	Respiratorisk distress	Høj korrelation mellem noninvasivt etCO <sub>2</sub> og arterielt pCO <sub>2</sub> (0,792)

AUC = area under the curve; DKA = diabetisk ketoacidose; etCO<sub>2</sub> = end-tidal CO<sub>2</sub> = pCO<sub>2</sub> i alveolerne; pCO<sub>2</sub> = CO<sub>2</sub>-partialtryk; RF = respirationsfrekvens;  
SOFA = sequential organ failure assessment.

a) Originaldata angivet uden omregning fra mmHg til kPa: 7,5 mmHg = 1 kPa.

mers mellemrum, eller når patienten er akut påvirket. Ventilationen bliver ofte vurderet ud fra respirationsfrekvensen, hvormed man ikke kan vurdere ventilationsens tilstrækkelighed. Vha. saturationsværdier vurderer man oxygenering, men ikke ventilation.

Mange alvorlige tilstænde viser sig i form af progredierende ændringer i PaCO<sub>2</sub> og etCO<sub>2</sub>, som ikke fanges i

opløbet pga. monitoreringsmetoders begrænsninger eller manglende kontinuitet.

Vha. noninvasiv kapnografi kan man forebygge respirationsstop hos patienter, som er i behandling med parenterale opioider [13], og formentlig hos patienter, som bliver indlagt med heroinoverdosering [14]. Ved behandling med benzodiazepiner mod alkoholabstинenser er der ligeledes forhøjet risiko for respirationsstop. Kun i et enkelt mindre, retrospektivt studie af 36 patienter har man undersøgt kapnografimonitorering til benzodiazepin- og barbituratbehandling af alkoholabstинenser, hvor korrelationen mellem PaCO<sub>2</sub> og etCO<sub>2</sub> varierede betydeligt [15].

Hos forgiftede patienter med centralnervesystem-depression og hos patienter med kramper og neurotraumer kan kapnografi formentlig advare om respirationsinsufficiens før andre monitoreringsmetoder [16].

Ved tilstænde med metabolisk acidose, såsom diabetisk ketoacidose eller laktatacidose, vil etCO<sub>2</sub> typisk falde i løbet af få minutter pga. kompensatorisk hyperventilation. Langt hovedparten af de studier, hvor man

Næsebrille til side-stream-CO<sub>2</sub>-måling og samtidig iltbehandling. Denne model bruges præhospitalt i Danmark. Medical Stryker AB. Brugt med tilladelse.



har undersøgt tilstande med metabolisk acidose, herunder særligt ketoacidose hos både børn og voksne, viser god korrelation mellem noninvasiv etCO<sub>2</sub>-monitorering og blodværdierne for CO<sub>2</sub> og/eller HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Desuden kan etCO<sub>2</sub> bruges til diagnostik og monitorering hos disse patienter (**Tabel 1**).

Dyspnø forekommer ved flere patofysiologiske tilstande, mange af hvilke har en grad af V/Q-*mismatch*. Prospektive enkeltcenterstudier har vist en høj korrelation mellem PaCO<sub>2</sub> og etCO<sub>2</sub>, om end med en betydelig forskel i gennemsnitsværdi mellem de to målemetoder (Tabel 1). Dog ser det ud til, at etCO<sub>2</sub> vil korrelere med PaCO<sub>2</sub> hos > 80%, uanset patofysiologi, hos patienter, som har dyspnø [17].

I en håndfuld studier har man testet noninvasiv kapnografi som diagnostisk værktøj i forbindelse med lungeemboli og til brug ved skelen mellem lungeødem og obstruktive lungelidelser, og resultaterne har været blandede [16]. Kapnografi kan med de nuværende metoder ikke anvendes til noninvasiv ventilation [29].

## IMPLEMENTERING OG KONKLUSION

I Danmark er der ikke tradition for at overvåge CO<sub>2</sub>-ændringer i udåndingsluften med kapnografi uden for anæstesiafdelinger, intensivafdelinger og præhospitalt. På verdensplan bliver noninvasiv kapnografi i stigende grad indført på akutafdelinger og sengeafdelinger til monitorering og diagnostik.

Kapnografi er ikke tilgængeligt på de fleste akutafdelinger og stamafdelinger. Tidligere var et kapnografi-modul bekostelig, men nu er prisen kommet ned på 20.000-30.000 kr. for at opgradere én monitor. Der findes også monitorer, der alene mäter saturation og etCO<sub>2</sub>. Nasalkateteret til kapnografi kan både registrere etCO<sub>2</sub> og administrere O<sub>2</sub>, men koster omkring 100 kr., ca. ti gange så meget som et almindeligt O<sub>2</sub>-kateter. Endel patienter ankommer med ambulance til akutmodtagelserne med et nasalt kapnografikateter, der derefter kasseres.

Tilgængelighed af udstyr er dog ikke nok. Kapnografifortolkning vil være nyt for læger og sygeplejersker uden for det anæstesiologiske speciale. Kapnografi kræver en god forståelse af fysiologien bag samt viden om metodens begrænsninger og fejlkilder; dette kræver tid til uddannelse og implementering.

Der er evidens for, at kapnografi har værdi som monitorering, særligt hos patienter med ketoacidose. Der skal udvikles evidensbaserede vejledninger til behandlingen af de patienter, der vil have størst gavn af at blive monitoreret med noninvasiv kapnografi. Ud fra eksisterende studier er det ikke muligt at vurdere, om kapnografi er en omkostningseffektiv monitorerings-metode i akutmodtagelser. Undersøgelser, som belyser *number needed to treat*, og beregninger af prisen for indkøb af udstyr samt træning af personale mangler

Kapnografimonitorering vil formentlig bidrage til patientsikkerheden og medvirke til, at respirationsstop kan forebygges hos visse patienter. Der forskes aktivt på området med et stigende antal artikler for hvert år. I øjeblikket får PRODIGY-studiet særlig opmærksomhed. Dette studie er et prospektivt multicenterstudie og har til formål at udvikle en risikoprædiktionsscore til identificering af patienter på stamafdelinger med forhøjet risiko for respirationsdepression i forbindelse med parenteral opioidbehandling af postkirurgiske og nonkirurgiske smarer. Overførbarheden til akutmodtagelser kan først vurderes, når der foreligger resultater for scorrens validitet [30].

## SUMMARY

Alexandra Vassilieva & Birgitte Riis Andersen:

Use of capnography in the emergency department

Ugeskr Læger 2019;181:V02190143

In Denmark, capnography is routinely used in monitoring patients with artificial airways. Non-invasive capnography is occasionally used by prehospital providers, but not applied inside hospital walls. Multiple studies illustrate benefits from capnography in non-intubated patients. Non-invasive capnography may reveal altered ventilation in conditions such as opioid-induced respiratory depression and acute dyspnoea, during metabolic acidosis and among patients with seizures and cerebral damage. Implementation requires education, guidelines for inhospital use and financial investment.

**KORRESPONDANCE:** Alexandra Vassilieva.

E-mail: vassilieva.alexandra@gmail.com

**ANTAGET:** 9. juli 2019

**PUBLICERET PÅ UGESKRIFTET.DK:** 16. september 2019

**INTERESSEKONFLIKTER:** ingen. Forfatternes ICMJE-formularer er tilgængelige sammen med artiklen på Ugeskriftet.dk

**LITTERATUR:** Findes i artiklen publiceret på Ugeskriftet.dk

## LITTERATUR

1. Ayats BS. End-tidal carbon dioxide in a sepsis code patient as a goal for the early resuscitation treatment in the emergency department. Girona, 2017.
2. Gravenstein JS, Jappe MB, Gravenstein N et al, red. Capnography. Cambridge University Press, 2011.
3. Verschuren F, Kabayadondo MG, Thys F. Expired CO<sub>2</sub> measurement in intubated or spontaneously breathing patients from the emergency department. J Vis Exp 2011;47:2508.
4. Ab Rahman NH, Mamat AF. The use of capnometry to predict arterial partial pressure of CO(2) in non-intubated breathless patients in the emergency department. Int J Emerg Med 2010;3:315-20.
5. Nassar BS, Schmidt GA. Capnography during critical illness. Chest 2016;149:576-85.
6. Nikolajsen L, Mandøe H, Mølgård J. Kapnometri. Ugeskr Læger 1991;153:2940-4.
7. Cook T, Woodall N, Frerk C. Major complications of airway management in the United Kingdom. Br J Anaesth 2011;106:617-31.
8. Soar J, Nolan JP, Bottiger BW et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 3. Adult advanced life support. Resuscitation 2015;95:100-47.
9. Maddox RR, Williams CK. Clinical experience with capnography monitoring for PCA patients. J Anesth Patient Saf Found 2012;26:41-68.
10. Betzer M. Region Midtjylland: Instruks i præhospital kapnografi, 2018. <https://gems-da.faclk.com/Login/Login.aspx?redir=%2FDefault%2Easp%3FqString%3DDokID%253D6313> (4. aug 2019).
11. Hunter CL, Silvestri S, Ralls G et al. The sixth vital sign: prehospital end-tidal carbon dioxide predicts in-hospital mortality and metabolic disturbances. Am J Emerg Med 2014;32:160-5.

12. Hunter C, Silvestri S, Ralls G et al. Comparing quick sequential organ failure assessment scores to end-tidal carbon dioxide as mortality predictors in prehospital patients with suspected sepsis. *West J Emerg Med* 2018;19:446-51.
13. Stites M, Surprise J, McNeil J et al. Continuous capnography reduces the incidence of opioid-induced respiratory rescue by hospital rapid resuscitation team. *J Patient Saf* 20. jul 2017 (e-pub ahead of print).
14. Jolley CL, Bell J, Rafferty GF et al. Understanding heroin overdose: a study of the acute respiratory depressant effects of injected pharmaceutical heroin. *PLoS One* 2015;10:e0140995.
15. Yousuf T, Brinton T, Kramer J et al. Correlation between partial pressure of arterial carbon dioxide and end tidal carbon dioxide in patients with severe alcohol withdrawal. *Ochsner J* 2015;15:418-22.
16. Long B, Koyfman A, Vivirito MA. Capnography in the emergency department: a review of uses, waveforms, and limitations. *J Emerg Med* 2017;53:829-42.
17. Cinar O, Acar YA, Arziman I et al. Can mainstream end-tidal carbon dioxide measurement accurately predict the arterial carbon dioxide level of patients with acute dyspnea in ED. *Am J Emerg Med* 2012;30:358-61.
18. Kartal M, Eray O, Rinnert S et al. ETCO<sub>2</sub>: a predictive tool for excluding metabolic disturbances in nonintubated patients. *Am J Emerg Med* 2011;29:65-9.
19. Pishbin E, Ahmadi GD, Sharifi MD et al. The correlation between end-tidal carbon dioxide and arterial blood gas parameters in patients evaluated for metabolic acid-base disorders. *Electron Physician* 2015;7:1095-101.
20. Hunter CL, Silvestri S, Dean M et al. End-tidal carbon dioxide is associated with mortality and lactate in patients with suspected sepsis. *Am J Emerg Med* 2013;31:64-71.
21. McGillicuddy DC, Tang A, Cataldo L et al. Evaluation of end-tidal carbon dioxide role in predicting elevated SOFA scores and lactic acidosis. *Intern Emerg Med* 2009;4:41-4.
22. Agus MS, Alexander JL, Mantell PA. Continuous non-invasive end-tidal CO<sub>2</sub> monitoring in pediatric inpatients with diabetic ketoacidosis. *Pediatr Diabetes* 2006;7:196-200.
23. Gilhotra Y, Porter P. Predicting diabetic ketoacidosis in children by measuring end-tidal CO<sub>2</sub> via non-invasive nasal capnography. *J Paediatr Child Health* 2007;43:677-80.
24. Soleimani H, Taghizadieh A, Niafar M et al. Predictive value of capnography for suspected diabetic ketoacidosis in the emergency department. *West J Emerg Med* 2013;14:590-4.
25. Garcia E, Abramo TJ, Okada P et al. Capnometry for noninvasive continuous monitoring of metabolic status in pediatric diabetic ketoacidosis. *Crit Care Med* 2003;31:2539-43.
26. Bou CR, Madden B, Belsky J et al. Diagnostic value of end tidal capnography in patients with hyperglycemia in the emergency department. *BMC Emerg Med* 2016;16:7.
27. Delerme S, Freund Y, Renault R et al. Concordance between capnography and capnia in adults admitted for acute dyspnea in an ED. *Am J Emerg Med* 2010;28:711-4.
28. Yosefy C, Hay E, Nasry Y et al. End tidal carbon dioxide as a predictor of the arterial PCO<sub>2</sub> in the emergency department setting. *Emerg Med J* 2004;21:557-9.
29. Restrepo RD, Nuccio P, Spratt G et al. Current applications of capnography in non-intubated patients. *Expert Rev Respir Med* 2014;8:629-39.
30. Khanna AK, Overdyk FJ, Greening C et al. Respiratory depression in low acuity hospital settings – seeking answers from the PRODIGY trial. *J Crit Care* 2018;47:80-7.