



A kilégzési szén-dioxid monitorozása (kapnográfia, kapnometria) a prehospitalis ellátásban

Szabványos Eljárásrend

Szerzők:	Dr. Rotyis Mária, Dr. Temesvári Péter, Dr. Krivácsy Péter, Dr. Kocsis Tibor
Szakmai lektor:	OMSZ Orvosszakmai Osztály Szakmai Munkacsoportja, a Szakmai Kollégium OSTHK Tanácsa, Magyar Oxyológiai Társaság
Rajzok:	Horváth Levente Mátyás
Jóváhagyta:	Dr. Csató Gábor, Dr. Pápai György
Verzió / Kiadás dátuma:	v2.0 / 2019.06.07.
Érvényesség ideje:	Visszavonásig
Vonatkozik:	Az Országos Mentőszolgálat valamennyi kivonuló dolgozójára, kompetenciaszintnek megfelelően

I. Célok

Az eljárásrend célja bemutatni:

- a kapnográfia/kapnometria fogalmát, jelentőségét,
- a kapnográfia/kapnometria indikációit, értékelését,
- a kilégzési szén-dioxid mérésének módszereit,
- az EtCO₂-vezérelt lélegeztetést.

További cél a magyar és nemzetközi irányelvek adaptációja, így az Országos Mentőszolgálat kivonuló dolgozói munkájának egységesítése, továbbá a szokásokon alapuló, bizonyíték nélküli vagy bizonyítottan haszontalan, esetleg káros beavatkozások mellőzése.

Jelen eljárásrend a korábban kiadott *dr. Rotyis Mária, dr. Temesvári Péter, dr. Krivácsy Péter: „A kilégzési szén-dioxid monitorozása: kapnográfia, kapnometria”* című szabványos eljárásrend megújítása, módosítása, annak egyes elemeinek változatlanul hagyásával.

II. Bevezetés

A kapnográfia/kapnometria olyan nem invazív monitorozási módszer, amely alkalmas:

- a kilélegzett levegő szén-dioxid szintjének monitorozására,
- a kilégzésvégi szén-dioxid parciális nyomásának/koncentrációjának (EtCO₂) meghatározására,
- a beteg légzési státuszának és a terápia hatékonyságának megítélésére.

(Megj.: *kapnometrián* az EtCO₂ számszerű értékének kijelzését/monitorozását, míg *kapnográfian* a kilélegzett levegő szén-dioxid szintjének grafikus (hullámszerű) és számszerű megjelenítését értjük.)

A kilégzési szén-dioxid méréssel információkat nyerhetünk:

- a ventilációról (mennyire hatásos a szén-dioxid eliminálódása, a mérhető EtCO₂ a ventilatio vitális jele),
- a perfúzióról (mennyire hatásosan transzportálódik a szén-dioxid a szervezetben),
- a metabolizmusról (a szén-dioxid sejtszintű termelődéséről).

Habár a kapnográfia a ventilatio/perfúzió változásainak megítélésére érzékenyebb az egyéb paramétereknél (pulzus, vérnyomás, EKG, SpO₂), ennek ellenére a kilégzési szén-dioxidot önállóan nem, csak a többi paraméterrel együtt szabad értékelni, különösen keringés nélküli betegen!

Az EtCO₂ közvetlen összefüggésben van a beteg artériás szén-dioxid tenziójával (PaCO₂, normál értéke 40 Hgmm), és – amennyiben a pulmonalis perfúzió megfelelő – annál általában 2-5 Hgmm-rel alacsonyabb, így **az EtCO₂ normál értéke: 35-38 Hgmm.**

A kapnográfia (kapnometria) alkalmazása minden légzési elégtelen, ill. csökkent tudatú vagy szedált beteg ellátása során célszerű, **noninvazív gépi lélegeztetés során**, valamint **intubált, lélegeztetett beteg esetén kötelező.**

Mivel a kapnográfia az endotrachealis (ET) tubus légutakban való elhelyezkedésének bizonyítására megbízható módszer, így a technikai feltételek megléte esetén használatának mellőzése súlyos hiba, a szakmai hanyagság kategóriájába esik. Fontos megjegyezni, hogy az intubálás és az EtCO₂ értékelését követően hallgatózással is meg kell bizonyosodni a tubus endotrachealis pozíciójáról, annak mélységéről.

A kapnográfia kritikus állapotú betegeken történő alkalmazása során a kapnográfias görbe analízise is nélkülözhetetlen.

III. Indikációk

1. A légút megítélése:

- a. az endotrachealis tubus helyzetének megítélése a bevezetése után:
 - intubációt (lélegeztetést) követően a kapnográf görbe megjelenése jelzi az endotrachealis tubus légutakban való elhelyezkedését
 - a lapos, ill. pár légvétel alatt ellaposodó görbe általában oesophagealis intubációt jelez
 - lapos/ellaposodó görbe oka lehet ezen kívül, endotrachealis helyzet mellett is:
 - ET tubus elzáródása
 - az ET tubustól distalisan komplett légúti elzáródás (pl. idegentest)
 - technikai probléma (pl. szétcsatlakozás, szenzor-hiba)
 - keringésmegállás (mellkasi kompressziók nélkül)
 - keringésmegállás óta eltelt hosszú idő
- b. intubált beteg lélegeztetése és transzportja alatt:
 - a fel nem ismert extubáció katasztrófális következményekkel járhat, melyek az EtCO₂ folyamatos ellenőrzésével elkerülhetőek

2. A lélegeztetés monitorozása:

- a. a noninvazív lélegeztetés monitorozása
- b. a négykezes ballonos-maszkos lélegeztetés hatásosságának megítélése
- c. az invazív lélegeztetés monitorozása
 - ET-tubuson keresztüli lélegeztetés monitorozása
 - LMA/i-gel megfelelő illeszkedésének, hatásosságának ellenőrzése

3. Az újraélesztés hatékonyságának és várható kimenetelének értékelése:

- a. ET tubus helyzetének megítélése (ld. fentebb)
- b. újraélesztés alatti korrekt lélegeztetési frekvencia biztosítása (10/perc)
- c. a mellkasi kompressziók minőségének monitorizálása: az EtCO₂ értékek összefüggést mutatnak a kompressziók mélységével; hatékonyabb kompresszióval nő az EtCO₂ értéke

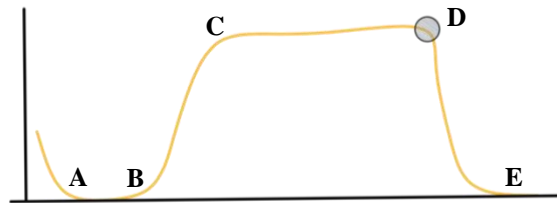
- d. spontán keringés visszatérésének észlelése (Return of Spontaneous Circulation – ROSC): az EtCO₂ értékének hirtelen növekedése a keringés visszatérését jelentheti
- e. az újraélesztés várható kimenetelének megítélése: alacsony EtCO₂ értékek rossz prognózist jelenthetnek. Ugyanakkor önmagában a csökkent EtCO₂ értékre alapozva nem ajánlott az újraélesztést abbahagyni. Az EtCO₂ értéket a többi paraméter figyelembevételével kell értékelni (alacsony EtCO₂ rossz minőségű kompressziót is jelezhet!). Egyes tanulmányok szerint 20 perc után is 10 Hgmm alatti EtCO₂ a várható rossz kimenetel jele lehet.

4. *A légzési elégtelen beteg (asztma, COPD, szívelégtelenség) státuszának értékelése:*

- a. nem intubált betegeknél a klinikai jelek kiegészítésére
- b. az invazív terápia szükségességének eldöntéséhez, a terápia hatékonyságának követésére

5. *A légzésdepresszió megítélése kábító fájdalomcsillapító/analgészia és/vagy szedáció alkalmazásakor (nem intubált betegeknél, nasalis kapnográf segítségével).*

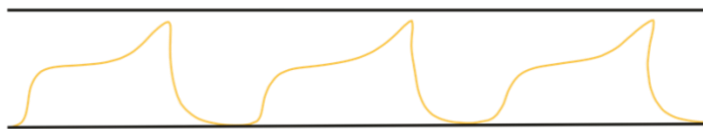
IV. A normál kapnográf görbe értékelése:



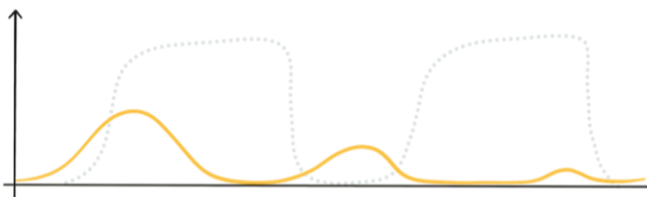
Normál kapnográf görbe

A	A belégzés vége
B	A kilégzés kezdete
B - D	Az alveolaris gáz kilégzése
D	A legnagyobb, kilégzésvégi szén-dioxid koncentráció (EtCO ₂)
D - E	Belégzés

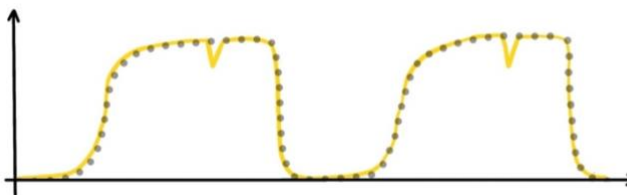
V. A kapnográf görbe változásai:



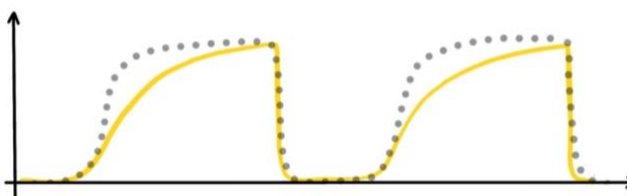
Légúti szivárgás miatti csúcsos görbe



Nyelőcsőbe intubálás görbéje (gyorsan ellaposodó görbe)



Izomrelaxáns hatásának megszűnése, spontán légzés jelei (megtörtetés)



Bronchospasmus „cápauszony” görbéje

VI. Eljárás intubált betegen:

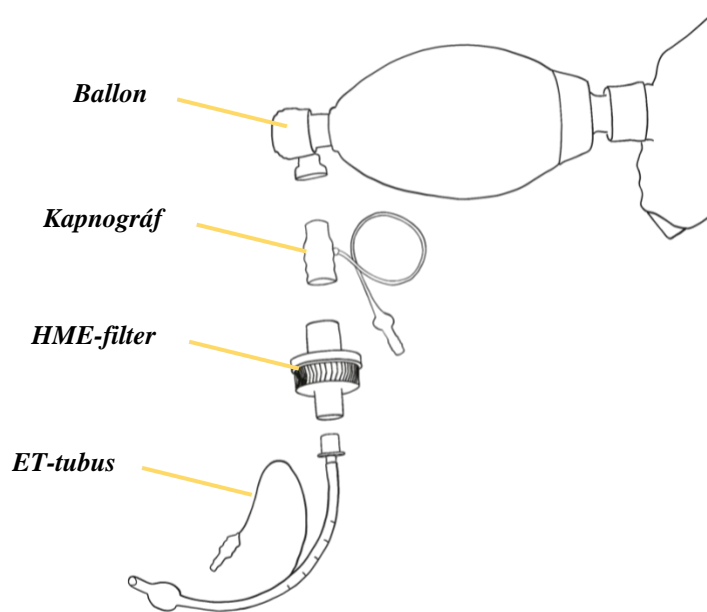
A kapnográf a tubushelyzet ellenőrzésének első és legfontosabb eszköze, így az intubációkor már készen kell állnia. A kapnográf használatához a bekapcsolás után bemelegedési, kalibrálási idő szükséges, ezért a készüléket korán, már az intubáció előkészületei során be kell üzemelni, és a szenzort csatlakoztatni.

1. Kapcsoljuk be a monitort és (ha nem úgy van konfigurálva), a 2. monitor csatornára válasszuk a kilégzési szén-dioxid görbét.
2. Csatlakoztassuk a mintavevőt a gépbe, várjuk meg az automatikus nullázást.

3. Csatlakoztassuk a mintavevőt a ballonra (ballon – mintavevő – HME-filter sorrendben).
A filter használata kötelező, és csak teljesen száraz mintavevő használható, mert a kilégzett pára, váladék, vér a monitorba jutva annak meghibásodását okozhatja!
4. Az intubációt követően csatlakoztassuk a légzőkört az ET-tubushoz.
5. Figyeljük és értékeljük a kapnográfias görbét, az EtCO₂ értékét és a légzésszámot (a többi paraméterrel együtt)!

Megjegyzések:

- az **első, bekapcsoláskori** automatikus nullázást az ellátó és a beteg kilégzett levegőjétől mentesen szükséges elvégezni
- a mintavevőt egy betegen való egyszeri használatra tervezték
- a CO₂ csatlakozó törött vagy hiányzó ajtaja esetén vízzel vagy szemcsés anyaggal szennyeződhet a belső CO₂-érzékelő, mely a CO₂ modul meghibásodását okozhatja



A légzőkör összeállítása

VII. EtCO₂-vezérelt lélegeztetés

Minden intubált beteg lélegeztetését a prehospitalis ellátás során is EtCO₂-vezérelten végezzük.

Az EtCO₂ normál értéke 35-38 Hgmm, a kilégzésvégi szén-dioxidot ezen céltartományon belül kell tartani. A lélegeztetési frekvencia (és jóval kisebb mértékben a lélegeztetési térfogat) emelésével az EtCO₂ értéke csökken, míg a frekvencia (ill. a légzési térfogat) csökkentésével értéke növekszik. Így az EtCO₂ célértékét elsősorban a lélegeztetés frekvenciájának szabályozásával érhetjük el. *(Fontos azonban tudni, hogy a megfelelő légzési perctérfogatot így is szükséges biztosítani, a légzésszám nem lehet alacsonyabb felnőtt esetében 10/percnél, gyermek esetében az életkornak megfelelő fiziológias légzésszám alsó határánál).*

- COPD akut exacerbatiója miatt intubált betegek esetén ne törekedjünk a hypercapnia megszüntetésére, magas induló EtCO₂ esetén a csökkenő tendencia elfogadható. Az EtCO₂ célértékének kiválasztásához telefonos konzultáció javasolt.
- Szepszis és egyéb, súlyos acidosisal járó kórképek klinikai gyanúja esetén (pl. Kussmaul légzés, alacsony orrkapnometriás érték), intubálást követően a szervezet által fenntartott magas percventiláció gyors változtatása (pl. alacsonyabb lélegeztetési frekvenciával a normocapniára való agresszív törekvés) az acidosis kritikus fokozódásához, keringésmegingáshoz, ill. keringésmegálláshoz vezethet. Az EtCO₂ célértékének kiválasztásához telefonos konzultáció javasolt.

- Koponyasérültek esetén a **hyperventilatio** (alacsony EtCO₂) ma már csak intracranialis monitorozási technikák mellett alkalmazható, **így prehospitalisan nem!**

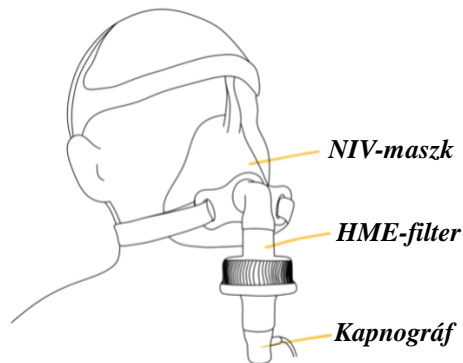
A prehospitalis cél súlyos koponyasérülés esetén a hyper- és a hypocapnia elkerülése, az EtCO₂ célértéke 35 Hgmm (a magas EtCO₂ az agyi erek vasodilatációját, így az intracranialis nyomás növekedését, míg az alacsony EtCO₂ az agyi erek vasoconstrictióját, és rosszabb neurológiai kimenetelt okoz).

Megj.: extrém esetekben (pl. súlyos agyi oedema gyanúja: tág, fénymerev pupillák; anisocoria mértékének progressziója; extenziós végtagi tónusfokozódás; Cushing-reflex (RR_{sys} > 160 Hgmm, bradycardia, periarrest helyzet) rövid ideig tartó (pár perces) hyperventilatio 32-35 Hgmm közötti érték eléréséig megfontolható, ekkor telefonos konzultáció kötelező.

- **Permisszív hypercapnia** (hypoventilatio, magas EtCO₂) csak COPD-s betegekben (ld. fenn), illetve magasabb prioritású lélegeztetési szempontok (vékony tracheostomás kanül, ARDS, ALI) esetén alkalmazható, ám csak akkor, ha az egyéb terápiás eljárások nem vezettek eredményre. Prehospitalis jelentősége ennek megfelelően alacsony.

VIII. Eljárás noninvazív lélegeztetés során:

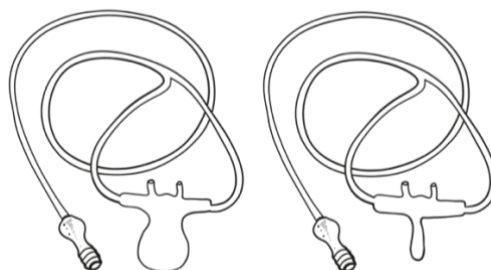
Noninvazív lélegeztetés során, az egyszerű módszereket kivéve (pl.: O-Two, PEEP-szelepes megoldás), lehetőség szerint mindig használjunk HME-filtert és kapnográfot is, segítve a párást, valamint a légzési státusz és a terápiás válasz megítélését.



Kapnográf használata noninvazív lélegeztetés során

IX. Eljárás nem intubált betegen, nasalis kapnográfal:

1. ABCDE elvek szerinti értékelés, oxigén, sz.e. lélegeztetés
2. A mintavevő orrkanül betegre helyezése, majd légző betegen a nem-visszalégző, 100%-os oxigénmaszk visszahelyezése.
3. Értékeljük a kapnográfias görbét és az EtCO₂ értékét.



1. ábra: Nasalis kapnográf (felnőtt és gyermek) oxigénatlakozó nélkül

Megj.: Az OMSZ-nál jelenleg rendszeresített, oxigén adására is képes nasalis EtCO₂-szenzor – kialakítása miatt – nem alkalmas a kettős/apnoés oxigenizációra. Amennyiben a kettős/apnoés oxigenizációt kívánjuk megvalósítani, cseréljük azt le hagyományos orrszondára!

A spontán légző betegek EtCO₂ értékei (melyet nasalis kapnográfia tudunk mérni) is fontos klinikai jelentőséggel bírhatnak:

- Kritikus állapotú betegek monitorozása során a normális EtCO₂ jelenléte nagy segítség lehet a szabad légutak, a spontán légzés, a normál keringés detektálásában. A megfelelő légzésszám megítélésében kifejezetten hasznos lehet, és jóval megbízhatóbb az impedancia alapú légzési monitorozásnál.
- Görcsroham alatt is monitorozható a beteg légzése, megfelelő ventilációja, és detektálható az esetleges légzésleállás is.
- Krónikus légzési elégtelen betegek terápiaja során erőfeszítéseink hatásfoka lemérhető, hiszen javuló EtCO₂ a hatásosság, míg romló EtCO₂ a hatástalanság, a beteg kifáradása mellett szólhat.
- Szedált betegek légzésdepresszióját a pulzoximéterhez képest jóval hamarabb jelzi, emellett az apnoe, légúti obstrukció (lágyrészek), laryngospasmus felismerésére is hatékonyabban használható.
- Bármilyen okból eszméletlen beteg légzési státusza megítélhető a segítségével (sz.e. a definitív légútbiztosításig).
- Szepszis gyanúja esetén annak súlyossága megbecsülhető, spontán légző, nem hypotensziós szeptikus beteg 25 Hgmm alatti nasalis EtCO₂ értéke jól korrelál a 4 mmol/l feletti laktátszinttel.

X. A kapnográfia korlátai:

- hypotensio esetén a ténylegeshez képest tévesen alacsonyabb érték mérhető
- nasalis kapnográf esetén nagyáramlású oxigénadagolás mellett a mért EtCO₂-érték a valósnál némileg alacsonyabb lehet, de változások követésére továbbra is alkalmas
- gyermekek esetén jelentős holtter léphet fel (kb. 5-6 éves korig), így szintén téves értéket mérhetünk

Irodalomjegyzék:

1. Krauss B, Falk JL, Ladde JG, Walls RM, Torrey SB, Grayzel J: Carbon dioxide monitoring (capnography). UpToDate. Nov 05, 2018.
2. Göbl G, Goschler Á, Krivácsy P, Szűcs A: Újraélesztés a mentőellátásban. Oktatási anyag. Országos Mentőszolgálat. 2018.
3. Soar, J. et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 3. Adult advanced life support. Resuscitation, 2015. 95: p. 100-47.
4. Nagy, F., Szabó NN: Az Európai Resuscitatio Társaság (ERC) és a Magyar Resuscitatio Társaság (MRT) Újraélesztés Ajánlása 2015.
5. Gravenstein JS, Jaff MB, Gravenstein N, Paulus DA: Capnography. Cambridge University Press, 2011.
6. <http://capno.blogspot.com>
7. Czabajszki M, Hetzmann TL: Koponyasérültek helyszíni ellátása. HEMS eljárásrend. Magyar Légimentő Nonprofit Kft., 2016.
8. Rossaint R et al.: The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: fourth edition. Critical Care (2016) 20:100.
9. Eröss A, Petrőczy A, Kocsis T, Husz A, Hetzmann TL: Septicus beteg prehospitalis felismerése és ellátása. Szabványos eljárásrend. Országos Mentőszolgálat, 2017.
10. Kocsis T, Soltészky M, Schnur J, Jászkuti Á, Hetzmann TL, Göbl G: A COPD akut exacerbációjának prehospitalis ellátása. Szabványos eljárásrend. Országos Mentőszolgálat. 2017.

Az eljárásrend előzményei:

Verzió 2	Jelen eljárásrend (2019.06.07.)
Cím	A kilégzési szén-dioxid monitorozása (kapnográfia, kapnometria) a prehospitalis ellátásban
Szerzők	Dr. Rotyis Mária, Dr. Temesvári Péter, Dr. Krivácsy Péter, Dr. Kocsis Tibor
Hatályba léptette	12/2019. (06.07.) számú Főigazgatói Utasítás
Állapot	Hatályban

Verzió 1	2013.08.15.
Cím	A kilégzési szén-dioxid monitorozása: kapnográfia, kapnometria
Szerzők	Dr. Rotyis Mária, Dr. Temesvári Péter, Dr. Krivácsy Péter
Hatályba léptette	3/2013. számú (2013.08.15.) Orvos Igazgatói Utasítás
Állapot	Hatályon kívül
Hatályon kívül helyezte	3/2019. (06.07.) számú Orvos Igazgatói Utasítás