



Oxyológia II.

A mesterséges lélegeztetés





Lélegeztetés indikációja

- Akut tüdőkárosodás
 - ALI
 - ARDS
 - Trauma
- Apnoe és a légzés leállása, így például klinikai halál vagy mérgezés esetén
- Krónikus obstruktív tüdőbetegség (KALB-COPD)
- Akut respiratórikus acidózis, amennyiben $p\text{CO}_2 > 50$ Hgmm és/vagy $\text{pH} < 7,25$. Ezt okozhatja:
 - rekeszizom bénulás
 - Guillain-Barré-szindróma
 - myasthenia gravis
 - gerincvelő-sérülés
 - iatrogen: érzéstelenítő vagy izomrelaxans hatás
- A fokozott légzési munkát jelző tachypnoe, valamint egyéb, a légzési nehezítettség jelei (például fokozott légzési segédizom-használat)
- Hipotenzió, mely következményként léphet fel:
 - szepszisben
 - sokkban
 - pangásos szívelégtelenségben
- Idegrendszeri betegségek, például:
 - izomsorvadás
 - amiotrófiás laterálszklerózis (ALS)



Lélegeztetés

1. **NPV:** Negatív nyomású lélegeztetés = „Vastüdő”

MS



Lélegeztetés



MS



Lélegeztetés

1. **NPV:** Negatív nyomású lélegeztetés = „Vastüdő”
2. **IPPV (IPPB):** Váltakozó pozitív nyomás: levegőt nyomunk a légutakba.

MS

Lélegeztetés





Lélegeztetés

1. **NPV:** Negatív nyomású lélegeztetés = „Vastüdő”
2. **IPPV (IPPB):** Váltakozó pozitív nyomás: levegőt nyomunk a légutakba.
3. **PNPV (PNPB):** Pozitív-negatív nyomásviszonyok kialakításával levegőt nyomunk a légutakba, majd szívunk ki a légutakból.
4. **HFV:** Nagy frekvenciájú lélegeztetés
5. **PEEP:** Kilégzés végi pozitív nyomás fenntartása a nulla (légköri) nyomás helyett. (Alternatívája: megfordított be-kilégzési arány)



Lélegeztetés



MS



Lélegeztetés

Légúti csúcsnyomás (peak airway pressure – PAWP, P_{ao}): A légutakba gáz juttatásához szükséges nyomás.

Rezisztencia nyomás: a légúti ellenállásból származó nyomás.

Elasztikus nyomás: a tüdő és a mellkas elaszticitásának leküzdéséhez szükséges nyomásérték, mely a mellkas rugalmasságából eredő, nyugalmi térfogatra, passzív módon történő visszatérési képességének következménye, így azt egyrészt a mellkas rugalmassága, másrészt a térfogatváltozás mértéke, azaz a befújt (vagy belégzett) levegő hozza létre.

$$P_{ao} = P_{\text{rezisztencia}} + P_{\text{elasztikus}}$$

Compliance: A tüdő tágulási képessége, mely az egységnyi nyomásváltozást kísérő térfogatváltozást jellemzi. A compliance tehát az elaszticitással ellentétes irányú hatások következménye: míg az elaszticitás a tüdő retrakciós jellemzője, addig a compliance a tüdő tágulékonyságát jellemzi.

$$C = \Delta V / \Delta p$$



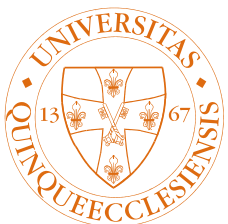
Lélegeztetés

Positive end-expiratory pressure (PEEP): a kilégzés végén fenntartott pozitív légúti nyomás.

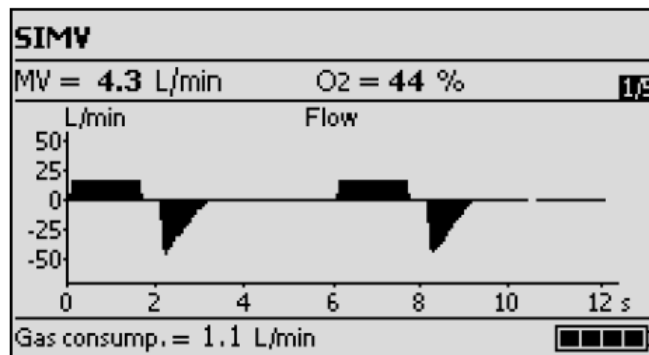
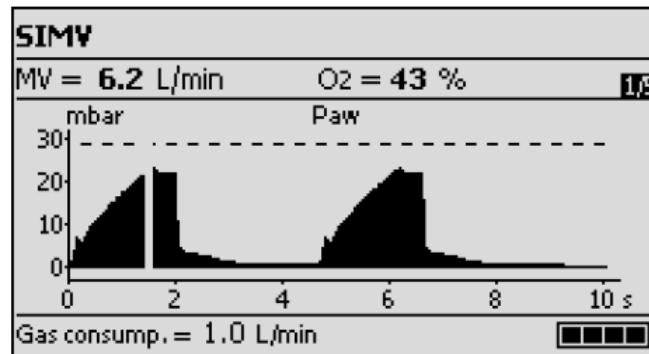
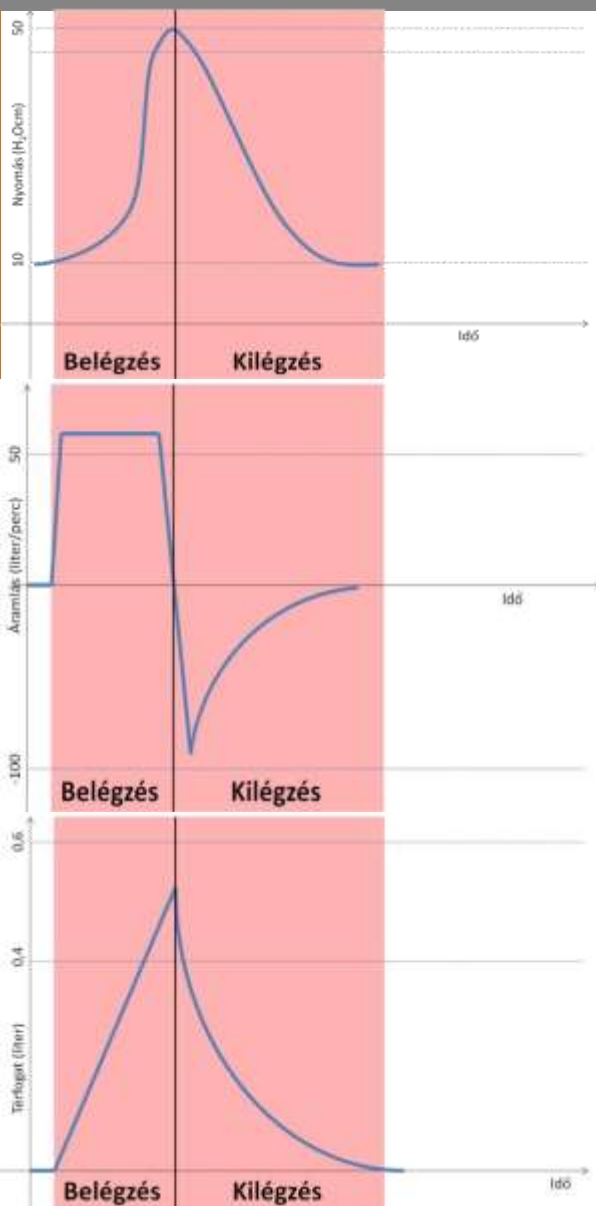
$$P_{ao} = P_{\text{rezisztencia}} + P_{\text{elasztikus}} + \text{PEEP}$$

Intrinsic PEEP: Fiziológias légző beteg esetében kilégzés végén, mivel a légutak közlekednek a légkörrel, a légutakban normál légköri nyomás (vagyis 0 nyomás) uralkodik. Amennyiben a teljes belégzett levegőmennyiség nem tud eltávozni (például légúti szűkület esetén, vagy légzési elégtelenség esetén), pozitív értéken tartja a kilégzés-végi nyomást. Ugyanez a helyzet tapasztalható, amikor a kilégzési idő csökken, nem engedve az alveolusok teljes kiürülését.

$$\text{PEEP} = \text{PEEP}_{\text{INTRINSIC}} + \text{PEEP}_{\text{TERÁPIÁS}}$$

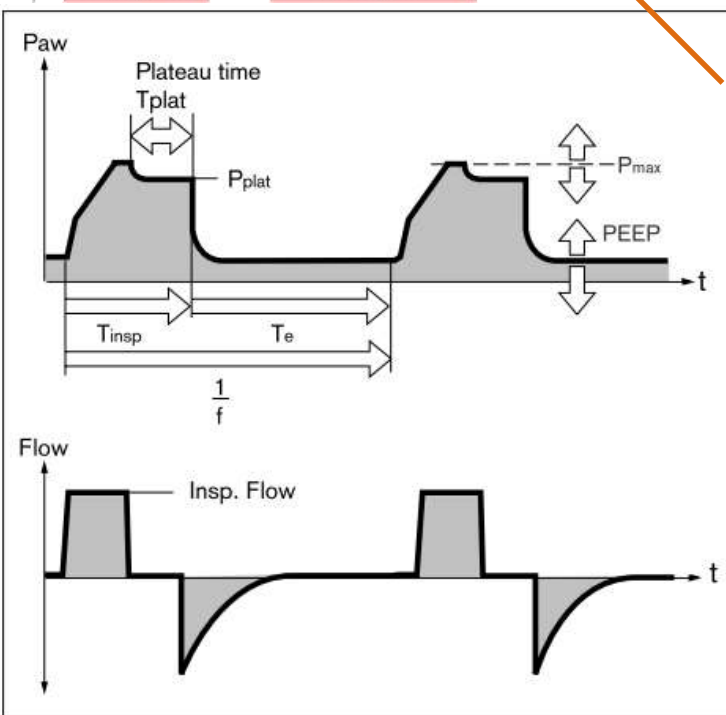
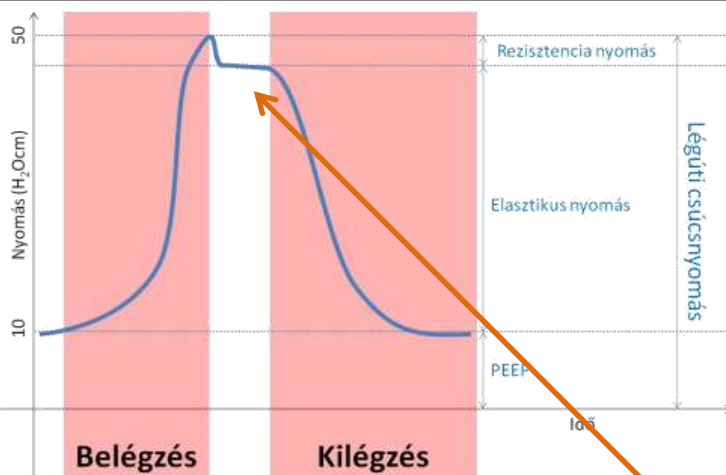


Lélegeztetés



MS

Lélegeztetés

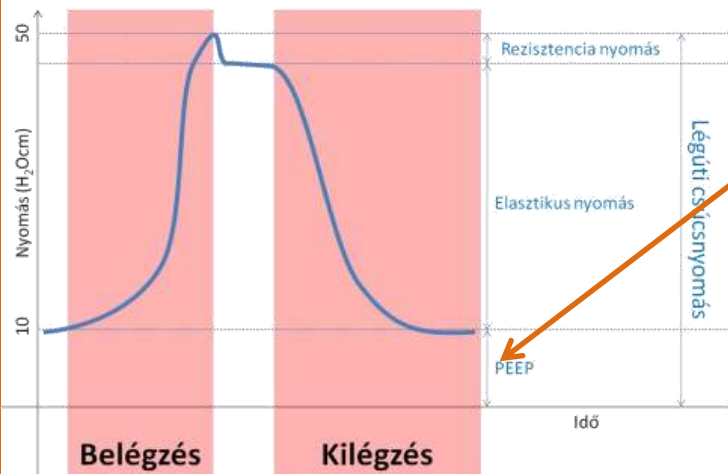


Amennyiben mesterséges lélegeztetés során **a légúti csúcsnyomás emelkedését észleljük, azt az előbbieik alapján három tényező emelkedése okozhatja: vagy (1) a rezisztencia-nyomás vagy (2) az elaszticitás-nyomás, vagy pedig (3) az intrinsic PEEP emelkedése.**

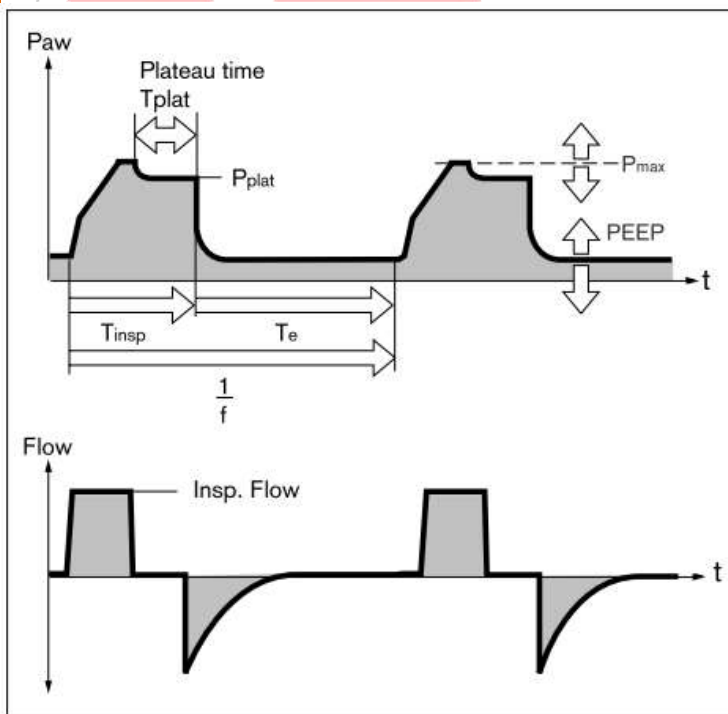
Ennek megállapítása céljából, a belégzés végi szünetben (vagyis a plató fázisban, 0,3-0,5 másodperccel megnyújtva annak időtartamát) szükséges meghatározni a **légúti nyomást**. Amennyiben ennek értéke emelkedett, akkor a csúcsnyomás emelkedését vagy az intrinsic PEEP, vagy pedig az elaszticitás-változás eredményezi. Amennyiben értéke normális, az észlelt csúcsnyomás-emelkedés háttérében a rezisztencia nyomás emelkedése áll. Ezt okozhatja többek közt: az endotrachealis tubus megtörése, annak részleges elzáródása (például váladék által), esetleg bronchospasmus.

MS

Lélegeztetés

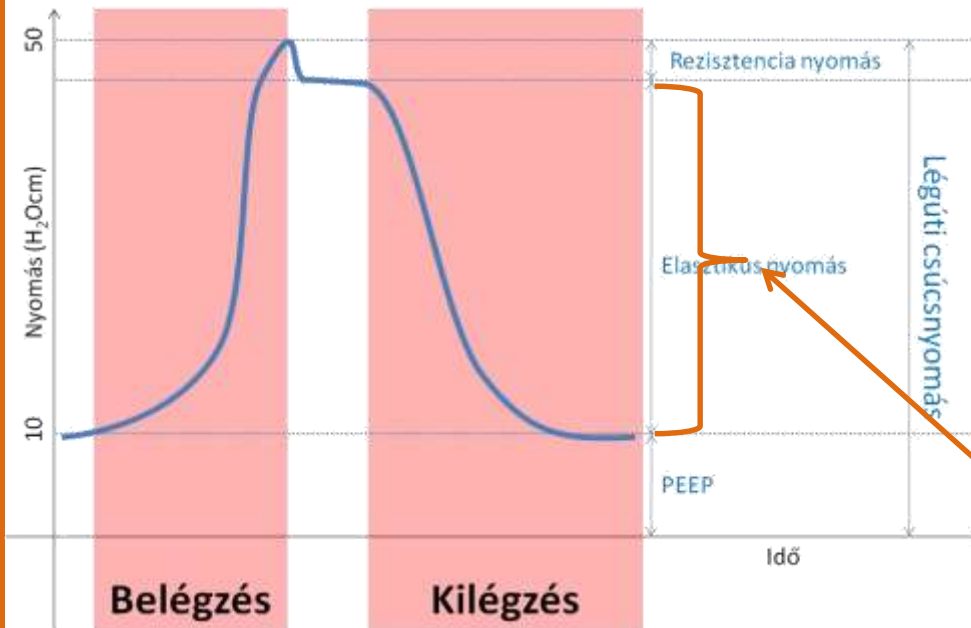


A PEEP meghatározására az előbbiekhöz hasonló módon, de a kilégzési fázis végén kell a nyomásértéket meghatározni. Az ekkor mért PEEP az intrinsic és terápiás PEEP értékekből tevődik össze, melyek közül a terápiás PEEP értékét ismerjük. Amennyiben a kilégzésvégi nyomás (vagyis az intrinsic PEEP) emelkedik, mindenképpen gondoljuk a következők valamelyikére: légúti obstructio (például váladék, bronchospasmus), légzésszám emelkedés (>20/perc). Vegyük figyelembe, hogy minden olyan esetben, amikor a kilégzés egészen a következő belégzésig folytatódik (vagyis nem tapasztalunk nyugalmi szünetet), intrinsic PEEP jelenlétére kell gondolni. **Az intrinsic PEEP emelkedés következménye a megnövekedett légzési munka, valamint a csökkent vénás visszaáramlás, mely következtében hypotensiót és perctérfogat-csökkenést észlelhetünk.**



MS

Lélegeztetés



Amennyiben a légúti csúcsnyomás és a plató-nyomás emelkedését észleljük, ugyanakkor a PEEP nem emelkedett, az észlelt nyomásnövekedést az **elaszticitás nyomás emelkedése okozza**. Az ezt fenntartó compliance-csökkenést okozhatja: fibrózis, atelectasia, tüdőoedema, nagy mennyiségű pleurális folyadékgyülem, vagy pneumothorax (PTX), extrathoracalis okként az obesitas, ascites, esetleg várandósság, vagy mellkas-deformitás. Ugyancsak az **elaszticitás-nyomás emelkedését tapasztaljuk, amennyiben túl magas a lélegeztetési térfogat**. Ez lehet relatív növekedés is, normál lélegeztetési térfogatot egy tüdőfélbe juttatva szintén elaszticitás emelkedést észlelünk, mely a **főhörgőbe történt intubatorra hívhatja fel a figyelmet**.



PEEP

PEEP alkalmazása esetén nem engedjük kilégzés-végi nyomást a fiziológiás zérus értékre csökkenni (ZEEP), folyamatosan pozitív értéken tartjuk azt.

Kilégzés végén, a légúti nyomás nulla értékre csökkenésekor - minek következtében levegőáramlás a nyomáskülönbség hiányában nem következik be - dinamikus erőhatás hiányában térfogatváltozás már nem zajlik, ugyanakkor egy meghatározott levegőtérfogat a tüdőben marad. Ez a **funkcionális reziduális kapacitás (FRC)**, mely a mellkas és a tüdőszövet ellentétes irányú elasztikus retractiois erői kiegyenlítésének tudható be.

Minden pulmonalis oedemaképződés (például HBSZE, ARDS) a folyadékkal töltött alveolusok miatt jelentősen (akár 20-40 %-al) **csökkenti a FRC-t**, hiszen az erőkiegyenlítés nyugalmi pillanatában az alveolusokat nem levegő, hanem folyadék tölti ki.

A légúti szűkülettel járó, obstructív kórfolyamatok (például asthma bronchiale, COPD) épp ellenkezőleg: az alveolusok ürülésének gátlása következtében jelentősen **emeli** a kilégzés végén tüdőben maradó volument, azaz **az FRC-t**.



PEEP

PEEP alkalmazásával egyszer s mind a FRC-t, vagyis a kilégzés végén tüdőben maradó levegőmennyiséget növeljük, mely az előbbiek alapján FRC csökkenéssel járó kórfolyamatok esetén különösen indikált.

Segítségével, habár az eltömeszelt alveolusok megnyitása nem lehetséges, ugyanakkor **a szabad alveolusok nyitva tarthatóak** (csökkentve ezáltal a következő belégzéshez szükséges munkát), valamint a filtrációs éknyomás fölé emelt intra-alveolaris nyomás alkalmazásával **a folyadék-filtráció iránya megfordítható**, a peri-alveolaris interstitiumba visszajuttatva az alveolusokból a folyadékot.

FRC emelkedéssel járó kórfolyamatok korábban a PEEP alkalmazásának ellenjavallatát képezték, de napjainkban ez inkább óvatosságra figyelmeztet, mintsem ellenjavallatot képezne.

PEEP titrálás:

Általánosságban megjegyezhető, hogy 5 H₂Ocm alatti PEEP kedvező hatással nem rendelkezik. Terápiás PEEP tartomány így: 5-20 H₂Ocm. Titráláskor fokozatosan, 3-5 H₂Ocm-el emeljük a nyomást. A kívánt P_aO₂ elérésekor elsőként a FiO₂-t, ezáltal az oxigéntoxicitás veszélyét csökkentjük.



PEEP

A PEEP növeli tehát az alveolaris nyomást és volument, melynek következtében szinten tartott FiO_2 mellett, önmagában növeli az oxigenizációt.

Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a megnövelt intrathoracalis nyomás hatására csökken a vénás visszaáramlás, csökken a jobb kamrai teljesítmény, mely a bal szívfél csökkent funkcióját eredményezi. Összességében tehát a PEEP alkalmazásának következtében csökken a preload.

A vegetatív szimpatikus tónus csökkentésén keresztül csökken a szívfrekvencia is. **Ezen hatások azonban az oxigenizáció romlását eredményez(het)ik.**

Mivel ez a hatás, optimális PEEP nyomás alkalmazása esetén kisebb, mint az oxigenizációz javító effektus, eredő hatásként ez utóbbival lehet számolni. Az egymással ellentétes élettani hatások felhívják ugyanakkor a figyelmet arra, hogy a PEEP nyomás pontos, beteghez és kórképhez titrált meghatározása kulcsfontosságú a terápia során.



PEEP

A PEEP hatásai:

- **Légzőrendszerre**
 - FRC↑
 - Holttér↑
 - Compliance↑
 - PaO₂↑
 - ARDS preventiv
- **Keringési rendszerre**
 - PVR (pulmonalis vascularis resistentia) ↑
 - Vénás visszaáramlás ↓
 - Bal kamrai afterload ↓
 - Perctérfogat ↓
- **Endokrin hatások**
 - ADH elválasztás↑
 - Renin ↑
 - Aldoszteron↑
 - ANP↓



PEEP

A PEEP lélegeztetés indikációi:

- Szobalevegőn: $P_aO_2 < 60$ Hgmm
- $FiO_2=50\%$ IPPV mellett: $P_aO_2 < 70$ Hgmm
- Q_s/Q_t (shuntfrakció) $> 20\%$
- Compliance csökkenése
- FRC kisebb a normálérték felénél
- Pulmonalis oedema
- Submersio (alámerülés-majdnem vízbefulladás)
- Leszoktatás respirációs terápiáról

A PEEP óvatos bevezetése indokolt (relatív ellenjavallat):

- Jobb-szívfél elégtelensége
- Bullosus emphysema (PTX veszélye fenyeget)
- Intracranialis nyomásfokozódás
- Hypovolaemia, hypotensio (nem kontrollalt)

A PEEP ellenjavallatai:

- Asthma bronchiale
- Krónikus aspecifikus légúti betegség (KALB, COPD)



Lélegeztetés indikációja

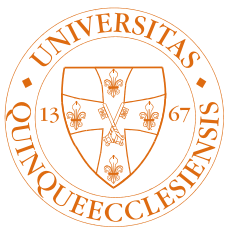
| Paraméter | Mértékegység | Normálérték | Lélegeztetés indikációja |
|--|--------------------|-------------|--------------------------|
| Légzési térfogat (tidal volume) * | ml/ttkg | 5-8 | <5 |
| Vitálkapacitás * | ml/ttkg | 65-75 | <10-15 |
| FEV1 | ml/ttkg | 50-60 | <10 |
| Funkcionális reziduális kapacitás (FRC) | % | >80 | <50 |
| Légzésszám * | 1/perc | 12-20 | >35 vagy <6 |
| Maximális belégzési nyomás | H ₂ Ocm | 80-120 | <20-30 |
| Perc-ventilláció * | l/min | 5-8 | >10 |
| Maximális akaratlagos légzés (Maximum Voluntary Ventilation) | l/min | 120-180 | <20 |
| Holtter-frakció | % | 0,25-0,40 | >0,60 |
| Artériás PaCO ₂ | Hgmm | 35-45 | >50 |
| Artériás PaO ₂ (szobalevegőn) | Hgmm | 75-100 | <50 |

* Ágy mellett meghatározható paraméter



Lélegeztető eszközök meghajtó erő és mobilitás szerinti csoportosítása

- Emberi erővel működtetett lélegeztetést, mely formáját tekintve lehet:
 - Szájból-szájba, szájból-orrba illetve szájból-eszközbe történő befúvós lélegeztetést, melyet csak sürgősségi esetben és átmeneti jelleggel alkalmazunk.
 - Lélegeztető ballonnal történő lélegeztetés: a lélegeztetés legegyszerűbb, de nagy gyakorlatot igénylő módja, melynek helyes alkalmazása az ápoló és szakdolgozói személyzettől is elvárt.
 - Lélegeztetés folyamatos gázáramlású aneszteziológiai ballonnal
 - Lélegeztetés öntelődő szelep-ballonnal:
- Mechanikai eszközzel (gépi lélegeztetés). Alapvető három formája:
 - Csak gázhajtású készülékek: melyek működéséhez elektromos áram nem, csak nagy nyomással áramló gáz szükséges.
 - Vegyes, gáz és elektromos meghajtású készülékek.
 - Elektromos meghajtású lélegeztetőgépek.
- Egy másik, a gép elhelyezését tükröző logika alapján megkülönböztethetünk:
 - Transzport, vagyis a beteggel együtt hordozható lélegeztetőgépeket, melyek a helyszíni és gyógyintézeti sürgősségi ellátásban, valamint a beteg kórházon belüli szállítása során tesznek jó szolgálatot.
 - Fix, intenzív osztályon (vagy részlegen) elhelyezett ICU lélegeztetőgépek, melyeken belül külön alcsoportot képeznek a neonatológiai, ún. NICU készülékek.
 - CPAP respirátorok, melyek non-invazív módszerrel akár a beteg otthonában is alkalmazhatóak, például alvási apnoe alkalmával.



Lélegeztető eszközök: ballon-szelepmaszk

Szelep

A maszkot (vagy endotrachealis tubust) és a ballont az úgynevezett „E” szelep köti össze, melynek kilégző szárához PEEP szelep csatlakoztatható. Az „E” szelep az „E2” szeleppel ellentétben, kilégző szárán egyenirányító membránnal van ellátva, így spontán belégzés alkalmával a kilégző szár felől nem, csak a belégző szár irányából jut levegő a befúvó szár irányába. A legtöbb „baby” szelepen nyomásszabályozó is található, mely 40 H₂Ocm nyomásnál nyitva megakadályozza az e feletti nyomással történő befúvást.

Ballon

A ballon összenyomásával pozitív nyomást létrehozva juttatjuk a levegőt a betegbe. E lélegeztetési mód tehát a váltakozó pozitív nyomású lélegeztetési módok (IPPV-intermittent positive pressure ventilation) közé sorolt respirációs terápia.

A kettős falú öntelődő ballon (az aneszteziológiai ballonokkal ellentétben, ugyanis azok csak gázáramoltatás hatására telődnek) 1300 vagy 300 ml úrtartalmú gumitömlőből és azt körülvevő köpenyből áll, melyet a ballon beszívó és kifúvó végénél gumigyűrűk rögzítenek.

A fent ismertetett, klasszikus ballon mellett elterjedt a szilikon ballonok használata is.

Reservoir

A ballon beszívó szelepénél található csatlakozóhoz – összekötőcső közbeiktatásával – O₂ csatlakoztatható, melynek segítségével a befújt levegő kb. 40 %-os O₂ koncentrációja (FiO₂) érhető el. Közel 100 %-os oxigénkoncentráció elérése céljából reservoir alkalmazása szükséges. Ez kétféle módon valósulhat meg: zárt és nyílt eszközzel. A zárt reservoir egy tasak, melynek üregében az O₂ 100%-ig képes dúsulni. A nyílt reservoir egy mindkét végén nyitott bordás tömlő, melynek ballonhoz csatlakozó proximalis végénél található a ballonon az előbb említett O₂ csatlakozó. Az itt képződő turbulens áramlás hatására az O₂ dúsítás 100% közeli (90-100%) értéke érhető el.



Lélegeztető eszközök: ballon-szelepmaszk

| | Ballon térfogata | Méret (hossz x átmérő) | O ₂ reservoir térfogata | Tömeg (szeleppel) |
|------------------|------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------|
| Mark IV, felnőtt | 1300 ml | 275 x 135 mm | 1500 ml | 415 g |
| Mark IV, gyerek | 300 ml | 265 x 85 mm | 100 ml | 190 g |

| | Ajánlott testtömeg | Ballon lélegeztető térfogata | Töltőtérfogat | Méret (hossz x átmérő) | O ₂ reservoir térfogata |
|---------------------|--------------------|------------------------------|---------------|------------------------|------------------------------------|
| Szilikon, felnőtt | >30 kg | 1500 ml | 2000 ml | 305 x 135 mm | 2600/1500 ml |
| Szilikon, gyermek | 10-30 kg | 450 ml | 700 ml | 240 x 90 mm | 2600/1500 ml |
| Szilikon, újszülött | <10 kg | 150 ml | 220 ml | 165 x 70 mm | 100 ml |

MS



Lélegeztető eszközök belégzési trigger szerinti csoportosítása

- **Gép-triggerelt lélegeztetés:** ennek során kizárólag a lélegeztetőgép indítja a belégzést, vagyis *kontrollált lélegeztetés* történik. A belégzési gép-trigger általában az idő, vagyis a beállított idő elteltével a lélegeztetőgép belégzést indít. E lélegeztetési mód a kontrollált mechanikus lélegeztetés (CMV), melyet gyakorlatilag csak eszméletlen illetve altatott betegen alkalmazunk. Hátránya, hogy a beteg spontán légzéskísérleteit teljes mértékben felülvezérli.
- **Páciens-triggerelt lélegeztetés:** mely során a belégzést a beteg légzéskísérlete (is) indíthatja, vagyis *asszisztált lélegeztetés* történik. E kísérletet a következő paraméterek érzékelésével észlelheti a készülék:
 - **Nyomás-trigger:** a belégzést a beteg által indított légzés(i kísérlet) következtében csökkenő légúti nyomás indítja, amennyiben az eléri az előre beállított értéket.
 - **Áramlás-trigger:** a belégzést a beteg légzéstevékenységének következtében fellépő, légutakba irányuló légáramlás indítja, mely ezáltal az előbbinél érzékenyebb módszer, hiszen a légáramlás már a nyomásesést megelőzően bekövetkezhet.
 - **Volumen-trigger**
 - **Nem mechanikai triggerek:** újabban kifejlesztett asszisztált lélegeztetési módzatok, melyek inkább kísérleti fázisban vannak. Ilyen experimentális módszer a nervus phericus vagy a diaphragma felszínéről elevezetett ENG/EMG jel által indított belégzés.
- **Kombinált módok,** azaz **asszisztált-kontrollált lélegeztetés:** ilyenkor a kontrollált lélegeztetés során is lehetséges a páciens-trigger, vagyis a beteg által indított belégzés, melyet gyakorlatilag soha nem iktatunk ki. A lélegeztetőgép a betegtől bizonyos mértékű légzési munkát vár el (WOB_i - improved work of breathing), és ekkor indítja a belégzést. A belégzés elindítója ezen felül lehet nyomás- vagy áramlás-trigger is.



Lélegeztető eszközök kontroll szerinti csoportosítása

A belégzés a belégzési-trigger hatására indul, és a kilégzési triggerig tart. Belégzés alkalmával a lélegeztetést egyfajta paraméter vezérli, így **belégzés kontrollálása szerint** az alábbi módokat különböztük el:

Áramlás-kontrollált lélegeztetés (FCV): előre beállított volumen bejuttatása mellett a légúti nyomás a fizikai törvényszerűségeknek, míg a térfogat a beállított légzési mintának (négyszög, descendáló, sinus) és a beállított légzési időnek megfelelően változik.



Volumen-kontrollált (VCV): a beállított belégzési volumen adott, a nyomás passzívan, fizikai törvényszerűségeknek megfelelően változik, míg az áramlás a beállított belégzési idő és mintázatnak megfelelően változik. Az áramlás-kontrollált lélegeztetési móddal – nagy vonalakban – megegyező módszer.

Nyomás-kontrollált (PCV): a belégzés indítását követően a beállított nyomás állandó értéken marad, az áramlás szabadon változik, így a volumen követi passzívan a nyomás és áramlásváltozást.

Konzekutív nyomás és áramlás generálás: a készülék nyomás-generálásról volumen-generálásra képes váltani, a belégzési ciklus egy adott fázisán, annak alakulásától függően. Egyelőre szűk körben alkalmazott lélegeztetési mód.

MS



Lélegeztető eszközök kilégzési trigger szerinti csoportosítása

A belégzési fázis a kilégzési trigger hatására vált kilégzési fázisra, vagyis engedi a passzív kilégzés indulását. **Kilégzési trigger szerint** az alábbi felosztás lehetséges:

➤ Gép-trigger

➤ **Idő-trigger:** ekkor a

- frekvencia és a ki/belégzési arány teljesítésekor, vagy a
- belégzés óta eltelt, ellátó által beállított idő elérésekor vált a készülék kilégzési fázisba. Minden kontrollált lélegeztetési üzemmód így működik.

➤ **Volumen-trigger:** az előre beállított, belégzendő volumen elérésekor vált kilégzési fázisba (volumen garantált lélegeztetés).

➤ **Áramlás-trigger:** alkalmazása esetén a kilégzés akkor indul, ha az áramlás a csúcsáramlás beállított százalékára (5-50%) esik. Ez az egyetlen kilégzési trigger, mely nyomástámogatott lélegeztetés esetében alkalmazható.

➤ **Nyomás-trigger:** amennyiben a belégzés során fokozatosan emelkedő nyomás a beállított trigerrértéket eléri, a respirátor kilégzésre vált. Gyakorlatilag minden lélegeztetőgép alkalmazza, azonban gyakran csak hangriasztással társítva, biztonsági lehatárolásként működik. Az öntelődő lélegeztetőballon gyermekmodelljében is e nyomás-triggerrel találkozunk.

➤ Páciens-trigger:

➤ **Áramlás-trigger**

➤ **Nyomás-trigger**



Lélegeztető eszközök triggerelés szerinti összefoglaló csoportosítása

Összefoglalva a lélegeztetési módokat trigger szerint az alábbiak szerint osztályozhatjuk:

- **Asszisztált lélegeztetés:** a belégzést (és kilégzést) a beteg indítja. Volumen- vagy nyomás-támogatással a belégzés során légútba juttatott levegő-térfogatot vagy légúti nyomást garantálja.
- **Kontrollált lélegeztetés:** a beteg légzési tevékenysége (még ha lenne is) felülvezérlésre kerül: a be- és kilégzés is gépi idő-triggerrel indul. Gyakorlatilag kizárólag légzésleállítás (bénulás) esetén alkalmazható módszer.
- **Asszisztált/kontrollált lélegeztetés:** a belégzési trigger általában páciens-trigger, de a kilégzési minden esetben idő-trigger.

MEGJEGYZÉS:

A kilégzési trigger hatására a respirátor **kilégzésre** vált, mely mind a beteg, mind a gép szempontjából passzív folyamat. Ettől függetlenül, általában **nyomáskontrollált módon** történik, vagyis a beteg légútjában egy beállított minimális (pozitív) nyomásértéket tart fenn, ezzel gondoskodva a kilégzésvégi nyomás pozitív voltáról. Ezt nevezzük PEEP-nek (positive end-expiratory pressure).



További lélegeztetési technikák

Szinkronizált, intermittálóan kontrollált lélegeztetés (SIMV-synchronised intermittent mandatory ventilation): Asszisztált/kontrollált lélegeztetési mód, melyet a beteg gépről történő leszoktatása során is előszeretettel alkalmazunk. Lényege: a beteg nyomás-, idő vagy áramlás-triggerrel nyomás (PC-SIMV)- vagy áramlás-támogatott (VC-SIMV) légvételt indíthat. A kilégzési gépi idő-trigger légzésfrekvencia vagy be/kilégzési arány által meghatározott.

Arányosan asszisztált lélegeztetés (PAV-proportional assistant ventilation): A szinkronizált légzéstámogatás egyik formája, melynél a lélegeztetőgép által indított nyomás a beteg aktuális légzési erőfeszítésével áll arányban. Eltérően a többi légzéstámogatástól, nincs garantált áramlás, nyomás vagy térfogat. Célja, hogy a légzési mintát a beteg légzésszabályozása által fenntartott légzésdinamikájához igazítsa.

Be/kilégzési arány modulált lélegeztetés (IRV-inverse ratio ventilation): A be és kilégzési idő változtatásával zajló lélegeztetés. Az arány megfordítása ($I > E$) kilégzésvégi pozitív nyomást (PEEP) eredményez.

Magas frekvenciájú lélegeztetés (HFV): A beállítható légzésszám a fiziológiás értéket jelentősen meghaladja (240-900 légvétel/perc). Formái:

- **Nagy frekvenciájú Jet lélegeztetés (HFJV):** Endotrachealis tudushoz csatlakoztatható jet-adapteren keresztül kis volumenű (< 1 ml/ttkg), nagy frekvenciájú (4-11 Hz), rövid ideig tartó (0,02 s) lég-löketeket juttatunk a beteg légútjaiba.
- **Magas frekvenciájú áramlás-megszakításos lélegeztetés (HFFIV):** HFJV-hoz hasonló, csak kontrollmódjában tér el attól.
- **Nagy frekvenciájú oszcillációs lélegeztetés (HFOV):** 3,5-15 Hz (210 - 900 légzés/perc) frekvenciával történő lélegeztetés, mely során a kilégzési fázisban negatív nyomás segíti a levegő légutakból történő eltávolítását, azaz aktív kilégzési fázist vezérel. Minimális térfogatnövekedést eredményez, mely gyakorlatilag kisebb, mint a holtter, így a mellkas minimális kitérésével, annak nyugalomban tartásával mellkasi immobilizáció igénye esetén sikerrel alkalmazható.



A gépi lélegeztetés paramétere

| Paraméter | Megjegyzés | Érték/mód | Speciális beállítások |
|---|---------------------------------|---|--|
| Vezérlési mód | | Asszisztált | Légzésleállítás esetén kontrollált |
| Légzési térfogat (VT) | A tüdő állapotától függően | 12 ml/ideális ttkg | COPD: 10 ml/ideális ttkg ARDS: 6-8 ml/ideális ttkg |
| Légzésfrekvencia (RR) | | 10-12/perc | |
| Belégzett levegő O ₂ koncentrációja FiO ₂ | | 100 % | |
| PEEP | Csak az első vérgázelemzés után | Amennyiben a shunt nagyobb 25%-nál, titrálva | Ha - FiO ₂ =60% mellett P _a O ₂ >60% nem érhető el vagy - 25%-nál nagyobb becsült shunt, akkor vérgáz nélkül is PEEP kezdhető |
| Be-/kilégzési arány (I/E) | | 1:2 | |
| Belégzési nyomás | | 15-25 H ₂ Ocm, csúcsnyomás maximum 40 H ₂ Ocm | |



Lélegeztetés

| | IPPB | PNPV | CPAP/ PEEP | HFV |
|----------------------------|------|------|---------------|-----|
| Toxikológia | + | | | ? |
| Shock | | + | - | |
| Légúti szűkület | | + | | |
| Mellkasfal eltérés | | + | - | + |
| Koponyaűri nyomásfokozódás | | + | - | |
| Status asthmaticus / KALB | | - | - | ?/+ |
| ARDS / IRDS | | - | + | + |
| HBSZE | | - | + | - |
| Convulsiv állapotok | + | | - | |
| CPR | + | - | + (PEEP) | ? |



Oxylog 3000



MS



Oxylog 3000

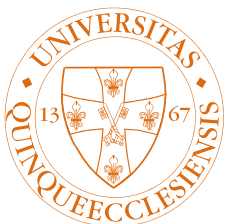


MS

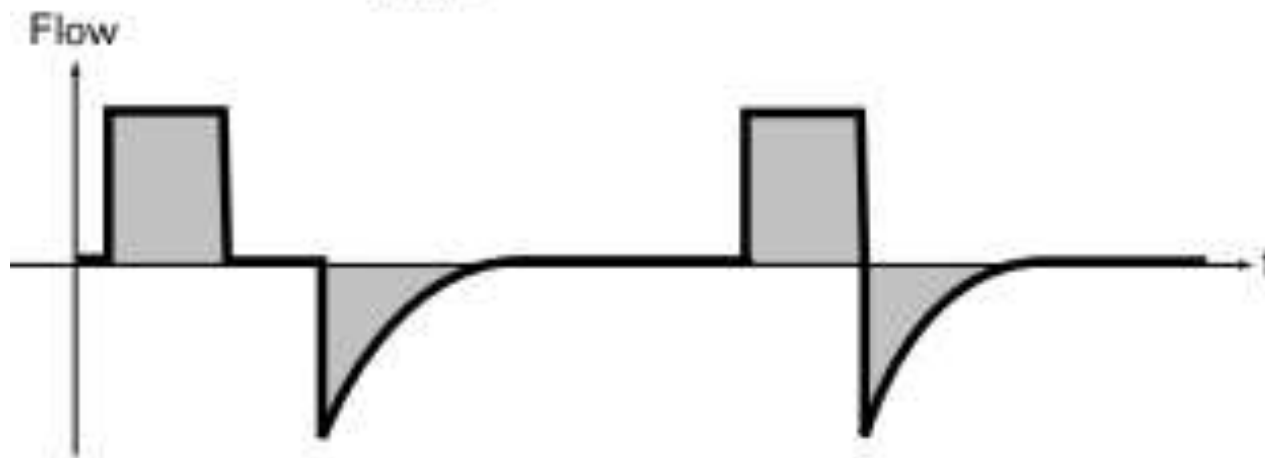
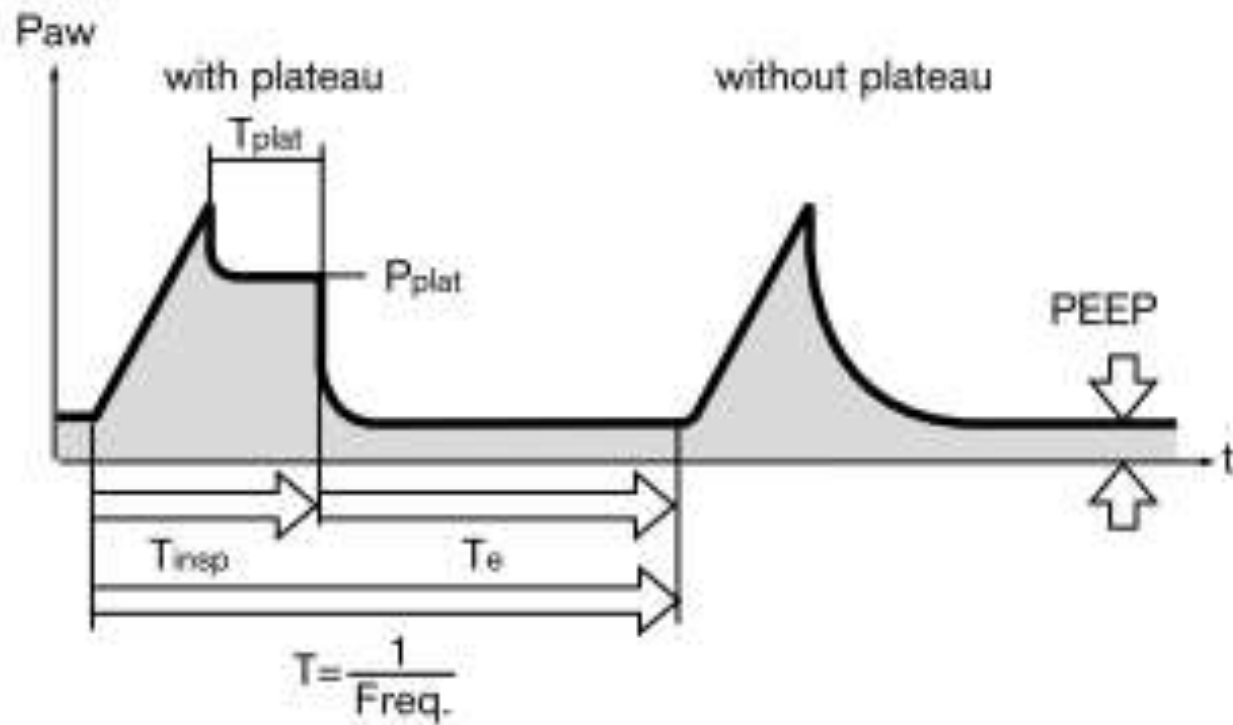


IPPV

- Kontrollált (CMV) lélegeztetés alaptípusa
- Intermittáló (belélegeztető) pozitív nyomású lélegeztetés
- Hátránya: spontán légzés(i tevékenység) figyelmen kívül hagyása
- Jellemzői:
 - Konstans térfogatú kontrollált lélegeztetés.
 - A lélegeztetési mintázatot a beállított térfogat (V_T), légzési frekvencia (Freq/RR), be- és kilégzési arány (I:E) és a PEEP értéke határozza meg.
 - Az áramlási fázis végén a kilégző-szelep zárva marad a belégzési idő (T_{INSP}) tartamára. Ez a belégzési szünet (T_{PLAT}) a nyomásgörbe (P_{aw}) platójaként (P_{PLAT}) azonosítható.



IPPV



MS



IPPVAssist (CMVAssist)

- Intermittáló pozitív nyomású, kontrollált (CMV) lélegeztetési mód,
- mely a beállított térfogatot mindenképpen leadja, ugyanakkor azt a beteg spontán légzőtevékenységéhez igazítja.
- Hátránya: „pihegő” légzés (magas RR) esetén alveoláris hyperventilációt okoz

- Jellemzői:
 - Az IPPV funkció mellett az áramlási trigger (Trigger [L/min]) beállításával aktiválható.
 - Alacsony trigger=magas érzékenység!



Oxylog 3000



MS

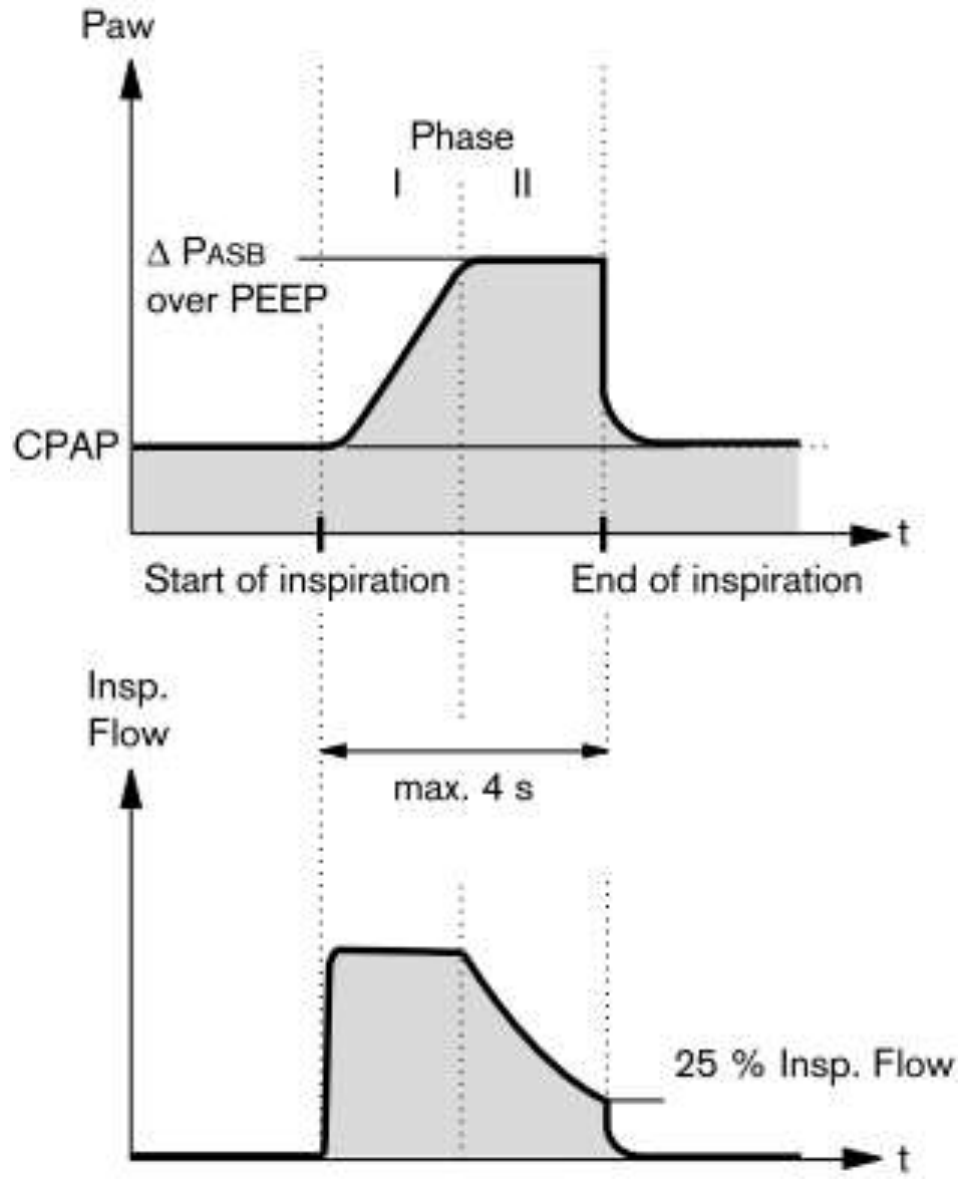


ASB (PSV)

- Nem önálló üzemmód
- Felerősített (nyomástámogatott) spontán légzés (Assisted Spontaneous Breathing=ASB; Pressure Supported Ventilation=PSV)
- Beállítható a legtöbb asszisztált, illetve kevert lélegeztetési üzemmód mellé (SIMV, CPAP, BiPAP)
- A beteg a saját légzési ritmusában lélegzik
- A gép meghatározott nyomással segíti a belégzést, a beállított belégzési nyomást tartja
- Főleg a leszoktatásban, a légzés asszisztálásában van szerepe
- Paraméterezés:
 - Trigger érzékenység (Trigger)
 - Nyomástámogatás mértéke (ΔP_{ASB} over PEEP)
 - Nyomásemelkedési idő (Ramp)



ASB (PSV)



MS



Oxylog 3000



MS

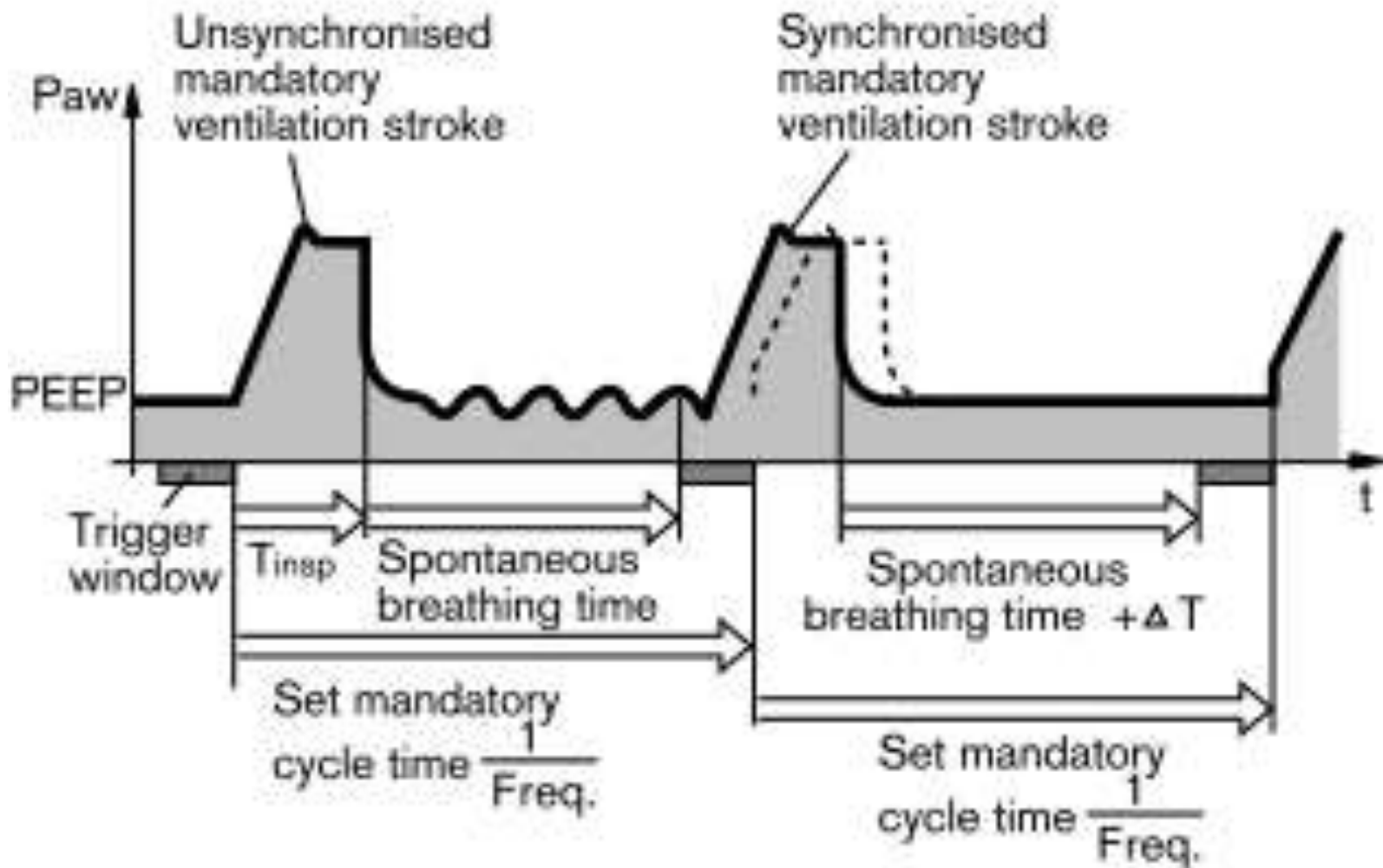


SIMV

- Periodikusan kontrollált lélegeztetés, a kontrollált légzések között a beteg spontán légzik (Szinkronizált intermittáló garantált lélegeztetés)
- A kötelező légvételek igazodnak a beteg légvételeihez, amelyet a belégzési áramlástrigger tesz lehetővé: a belégzés indítása a páciens belégzési erőfeszítéseivel összhangban történik.
- Nyomástámogatás beállítható mellé
- Előnyei:
 - megakadályozza az aszinkron légzést („harc a lélegeztetőgéppel”)
 - fenntartja a légzőizmok funkcióját, koordinált mozgását
 - csökkenti az O_2 -fogyasztást
 - csökkenti a lélegeztetéssel összefüggésbe hozható szövődeményeket (PTX, elégtelen keringési perctérfogat, stb.)



SIMV



MS



Oxylog 3000



MS



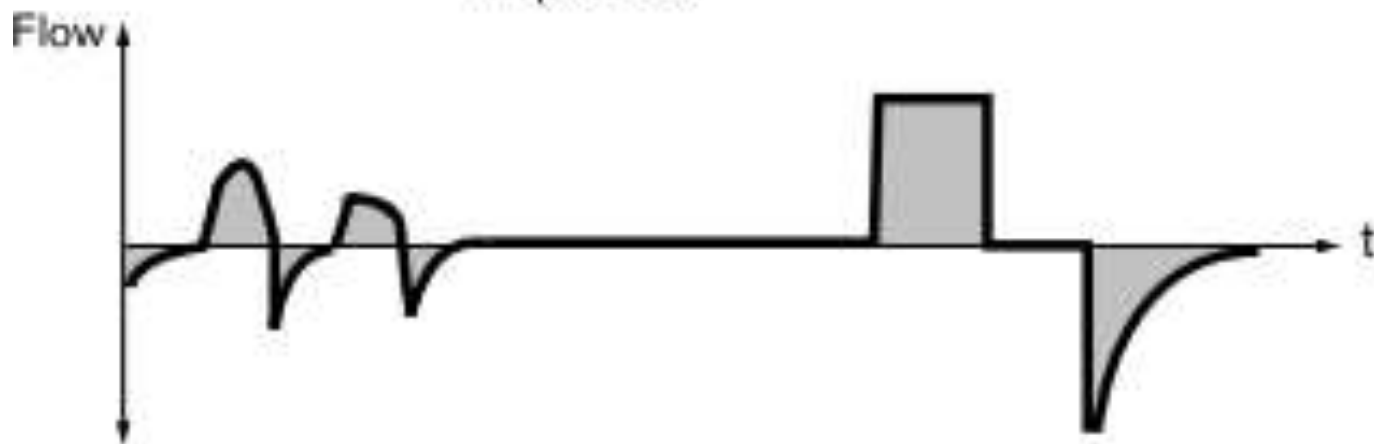
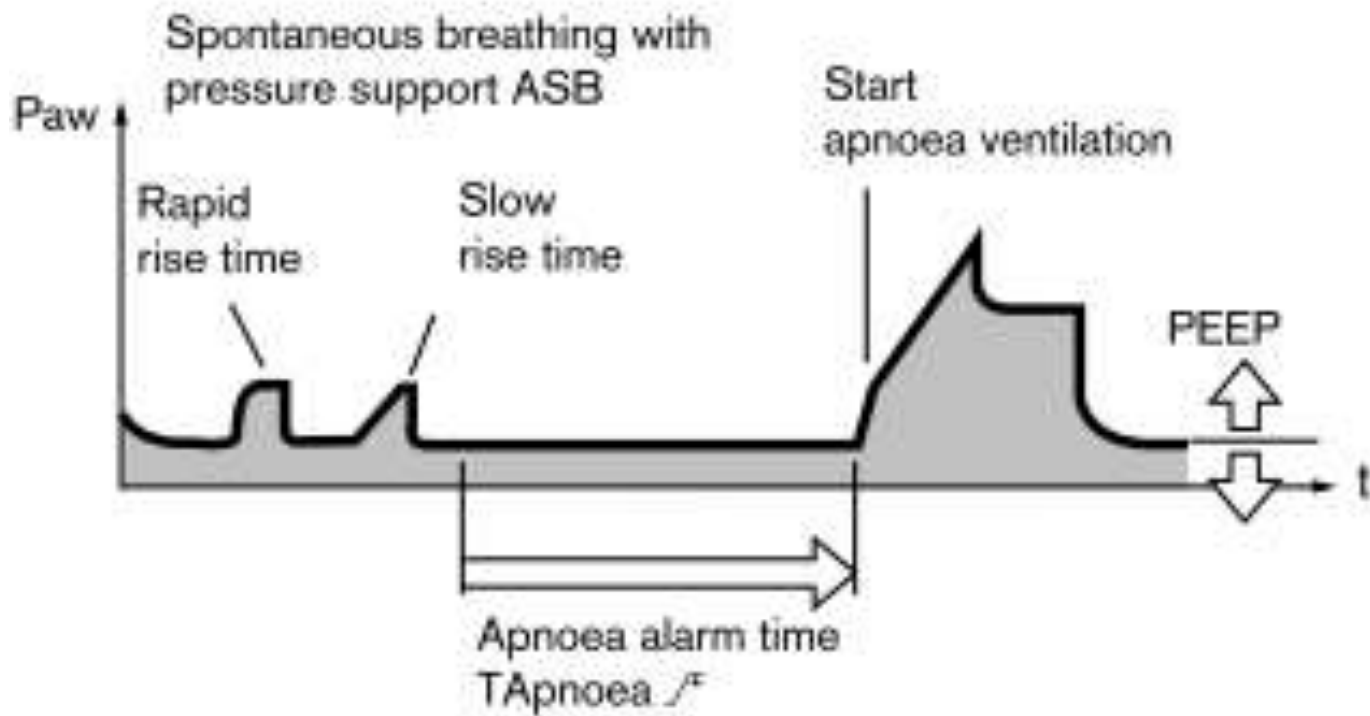
CPAP

- Folyamatos pozitív légúti nyomás fenntartása
- CSV (folyamatos spontán légzés) üzemmód: a beteg spontán légzésének megfelelőnek kell lenni!
- Gyakorlatilag: spontán légzés + PEEP (a légkörinél nagyobb végkilégzési nyomást biztosít a légutakban pozitív nyomású mechanikus lélegeztetés nélkül)
- Nyomástámogatás beállítható mellé
- Apnoe lélegeztetés: ha meghatározott ideig nincs spontán légvétel, a beállított üzemmód lép életbe

MS



CPAP



MS



Oxylog 3000



MS

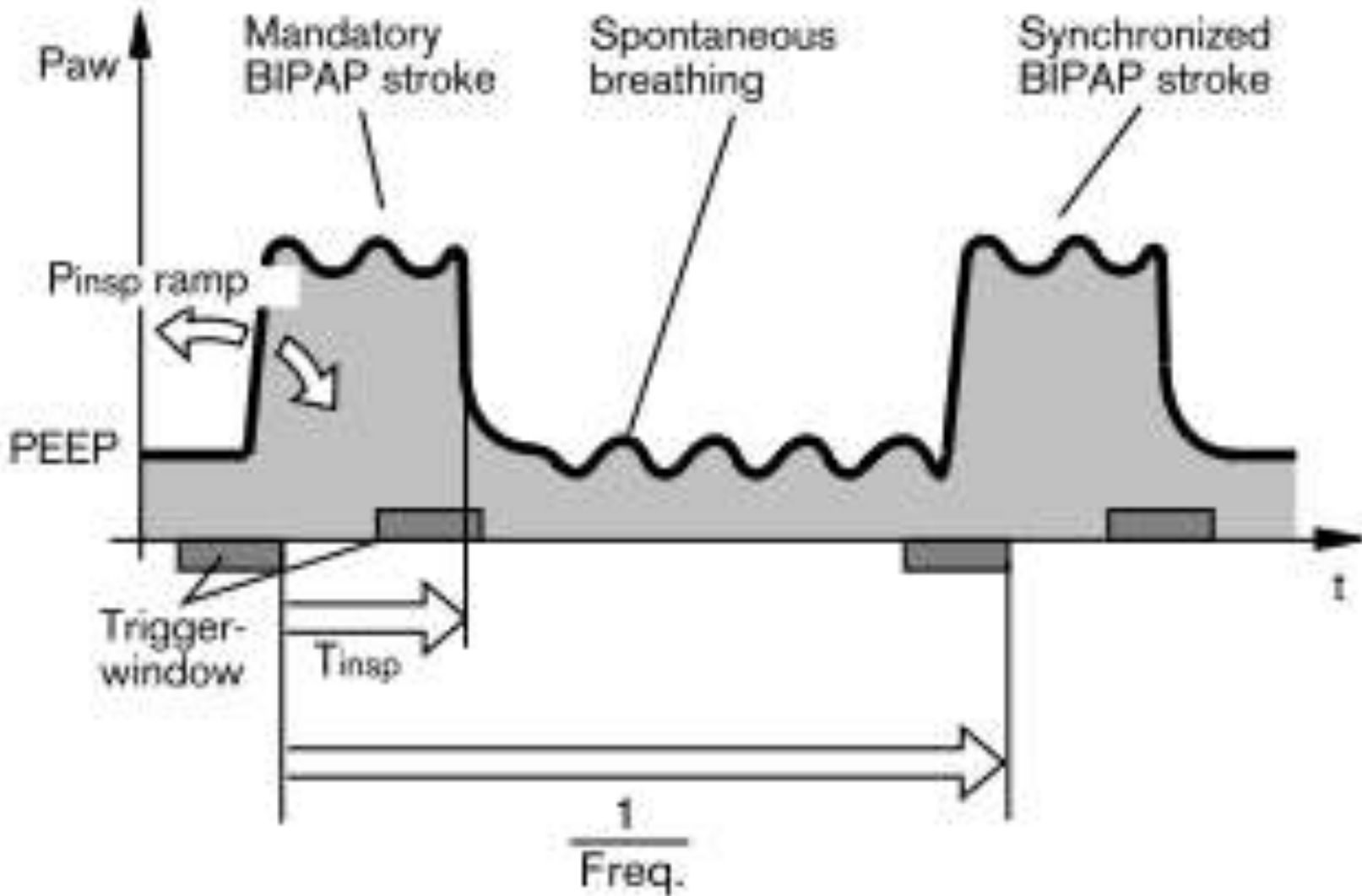


BiPAP

- Kétfázisú pozitív légúti nyomás: a CPAP-hoz hasonló, csak itt két különböző nagyságú CPAP-fázis váltja egymást előre beállított paraméterek (idő, nyomás) alapján.
- Kevert lélegeztetési forma: a beteg spontán légzése mindkét fázis alatt megengedett
- Maga a nyomásváltozás is biztosít ventilációt.
- Megfelelő beállítás (a két nyomásérték és a frekvencia) mellett a teljes ventilációs igényt tudja biztosítani, és bármikor spontán „rálélegezhet” a beteg.
- Nyomástámogatás beállítható mellé



BiPAP



MS



Oxylog 3000

Oxylog 3000 plus szimulátor:

http://www.draeger.net/local/products/oxylog_3000_plus_trainer_en/flashpage.htm?lang=en#id=E1200

MS



Paraméterezés

| Mód | Típus | ASB | Trigger | P_{MAX} | FiO_2 | PEEP | RR (Freq) | V_t | I:E | P_{INS} P | t_{INSP} |
|----------------|-------|-----|---------|-----------|---------|------|--------------|-------|-----|----------------|------------|
| IPPV | CMV | - | - | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | - |
| IPPV Assist | CMV | - | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | - |
| SIMV | IMV | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | - |
| CPAP | CSV | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | - | - | - | - |
| BIPAP | IMV | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

MS



Lélegeztetési módok

| | IPPB | PNPV | CPAP/ PEEP | HFV |
|-----------------------------------|------|------|---------------|-----|
| Toxikológia | + | | | ? |
| Shock | | + | - | |
| Légúti szűkület | | + | | |
| Mellkasfal eltérés | | + | - | + |
| Koponyaűri nyomásfokozódás | | + | - | |
| Status asthmaticus / KALB | | - | - | ?/+ |
| ARDS / IRDS | | - | + | + |
| HBSZE | | - | + | - |
| Convulsiv állapotok | + | | - | |
| CPR | + | - | + (PEEP) | ? |

MS



Lélegeztetés

Intenzív osztályon:

Intubált beteg=lélegeztetett beteg

Mentőben:

Lélegeztetett beteg=(előbb-utóbb) intubált beteg

UGYANAKKOR:

Intubáció indikációja a mentőellátásban kibővül:

- aspirációveszély, illetve
- fenyegető helyzet esetében is indokolt!

VAGYIS

***Intubált beteget általában lélegeztetni is kell,
de NEM azért, mert intubált!***

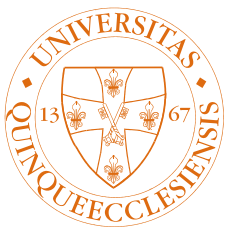


Lélegeztetés

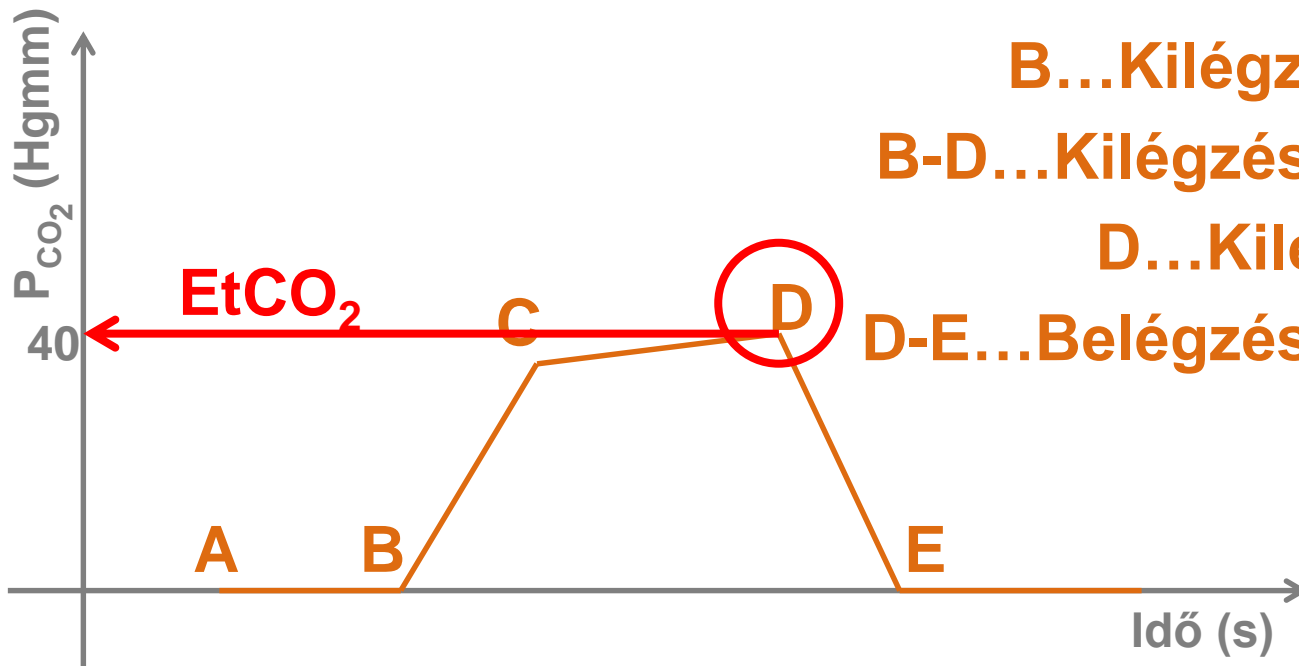
Intubált beteg lélegeztetése: pro és contra

| Pro | Contra | Érvek |
|-------------------------|---|--|
| Légúti ellenállás megnő | | Nagy átmérőjű tubus = kisebb ellenállás |
| Párásítás szükséges | | Légköri páratartalom eleve magasabb a járműben |
| Oxygenizáció romlik | | Oxigén adásához nem szükséges lélegeztetés |
| | Lélegeztetési módok és eszközök váltása megviseli a beteget | |
| | Legjobb légzés a spontán légzés | |
| | Leszoktatási nehézségek | |
| | Eszközhiány | |

MS



Kontroll=kapnográfia



A...Belégzés vége

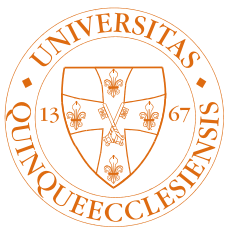
B...Kilégzés kezdete

B-D...Kilégzés folyamata

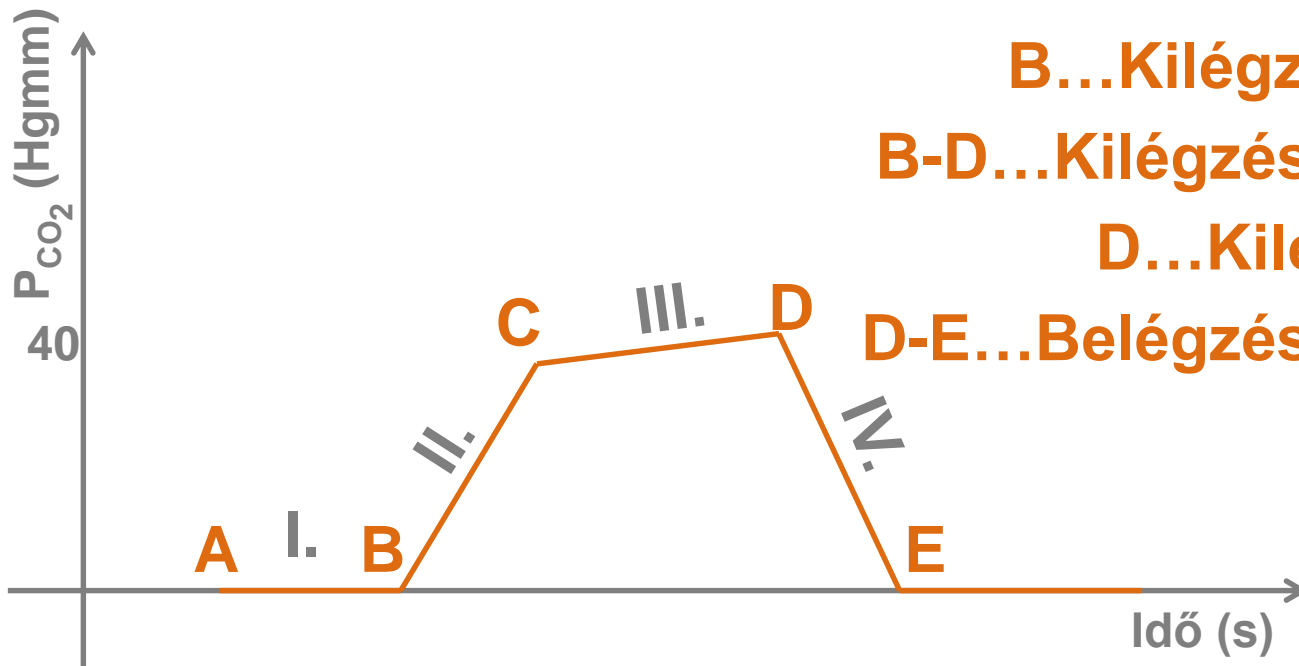
D...Kilégzés vége

D-E...Belégzés folyamata

MS



Kapnográfia



A...Belégzés vége

B...Kilégzés kezdete

B-D...Kilégzés folyamata

D...Kilégzés vége

D-E...Belégzés folyamata

I...Belégzési alapvonal

II...Kilégzési felszálló szár (anatómiai holtter)

III...Kilégzési plató (alveoláris gáz)

IV...Belégzési leszálló szár (kimosási effektus)

MS



Kapnogram értékelése

1. Van-e kilégzett CO_2 ?
2. A görbe értékelése
 - I. Belégzési alapvonal
 - II. Kilégzési felszálló szár
 - III. Kilégzési plateau
 - IV. Belégzési leszálló szár
3. Az EtCO_2 mértéke
4. A P_aCO_2 és az EtCO_2 összevető értékelése



Kapnogram értékelése

1. $\text{CO}_2 \neq 0$

Egyenes vonal: $\text{CO}_2 = 0 \Rightarrow$ Ventilációs zavar

- Intubálás oesophagusba
- Véletlen extubáció
- Szétcsúszás
- Apnoe a respirátor zavara miatt



Handwritten signature or initials in white ink.

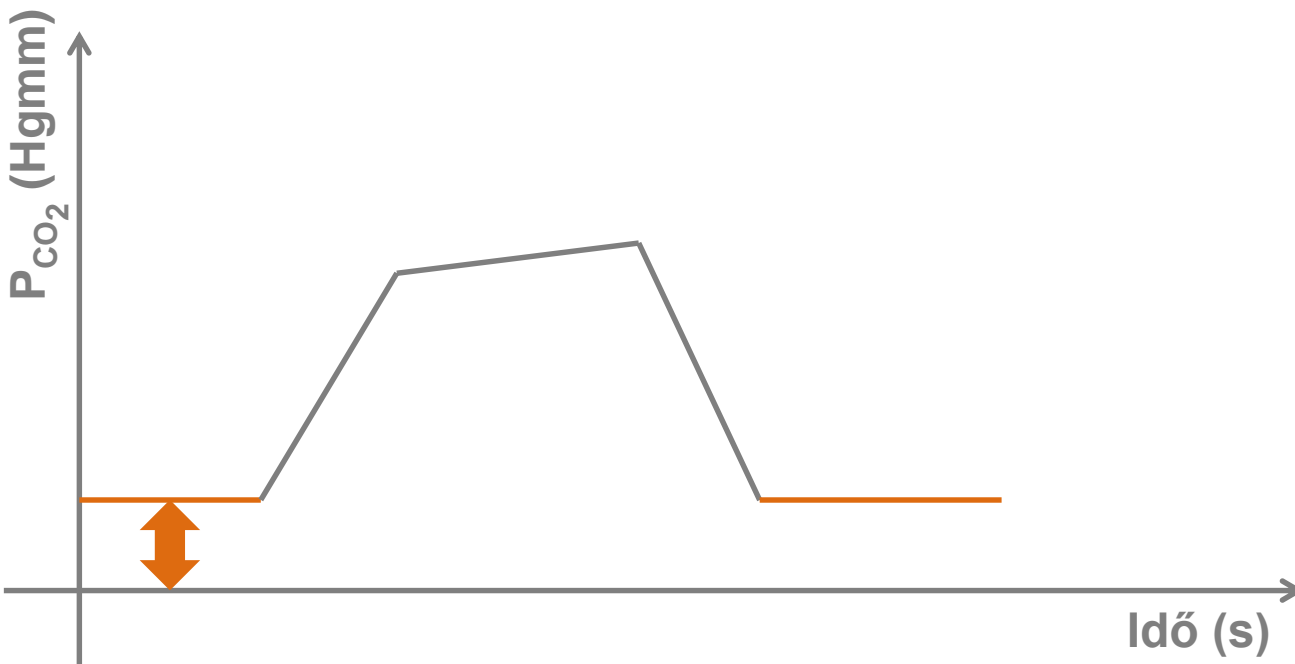


Kapnogram értékelése

2. A görbe értékelése I. fázis

Emelkedett alapvonal= CO_2 visszalégzés

- kimerült abszorber
- kilégzőszelep hibája
- belégzőszelep hibája



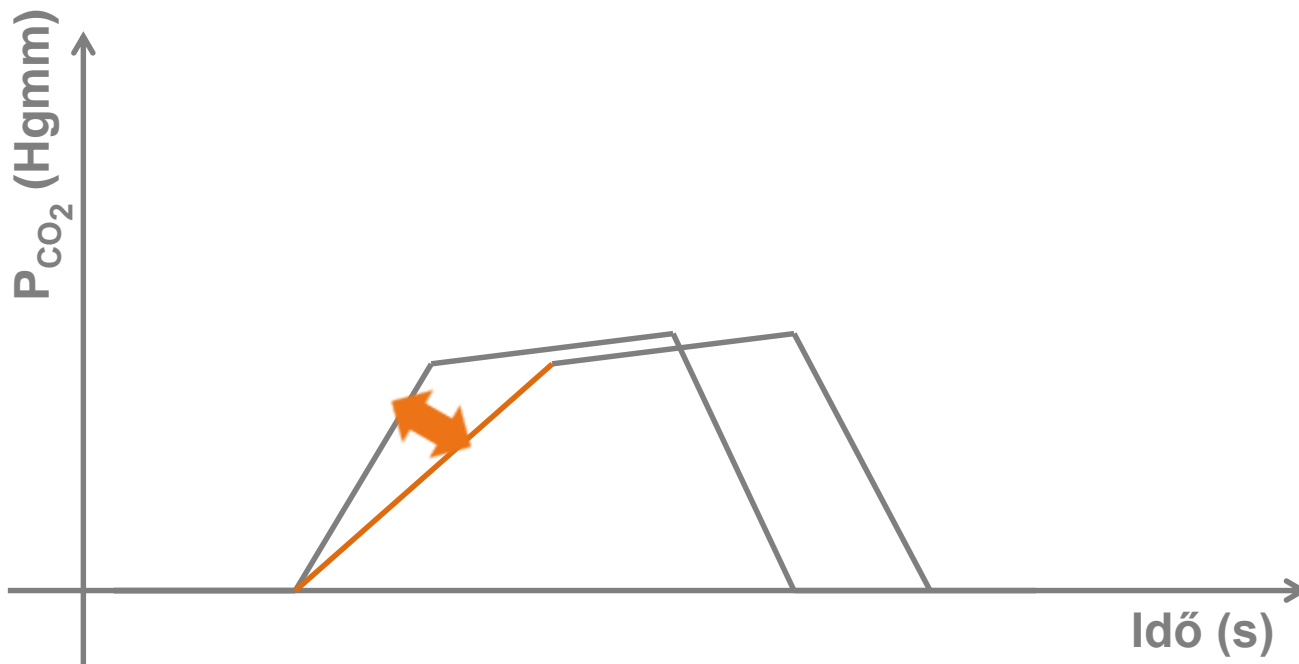


Kapnogram értékelése

2. A görbe értékelése II. fázis

Elyűjtöttan lapult

- elzáródás, akadály a kilégzési áramlás útjában
- Mintavételi probléma





Kapnogram értékelése

2. A görbe értékelése III. fázis

Oszcilláció

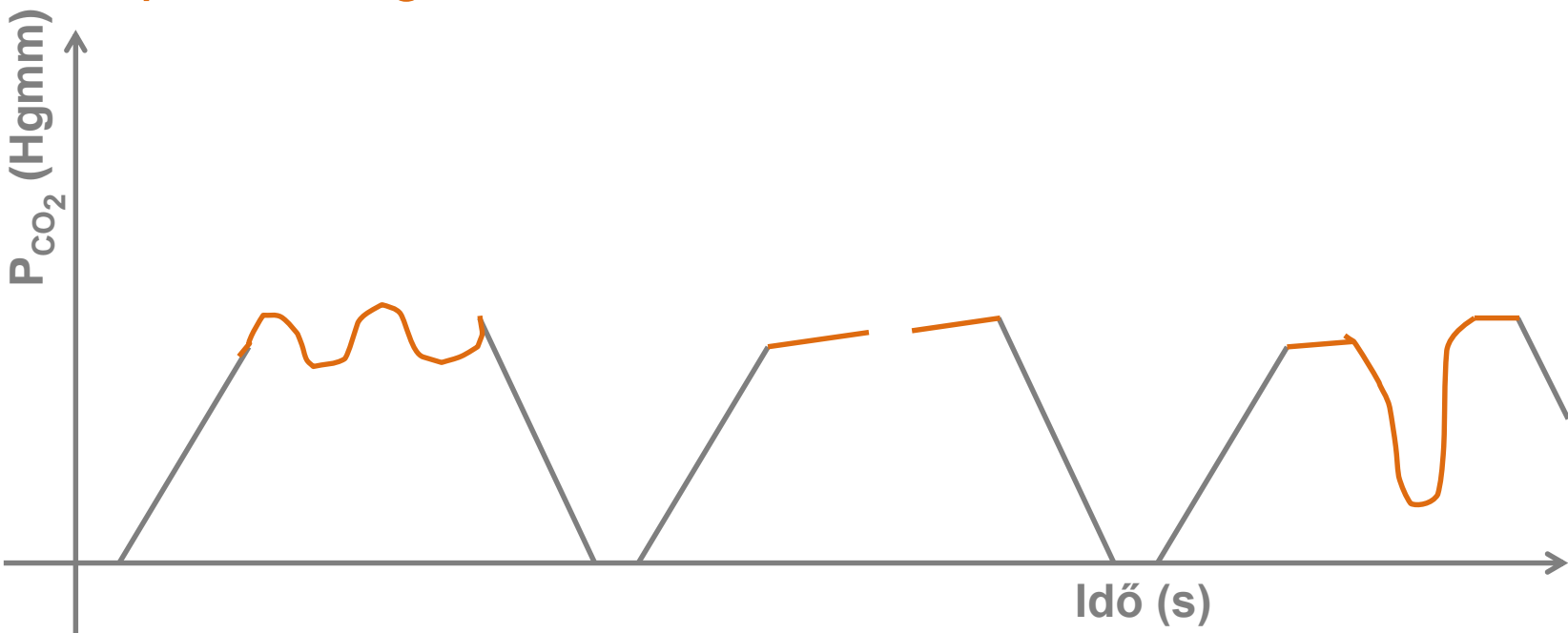
➤ Kardiogén

Megszakadás

➤ Szivárgás

Mélyedés

➤ Spontán légzés van



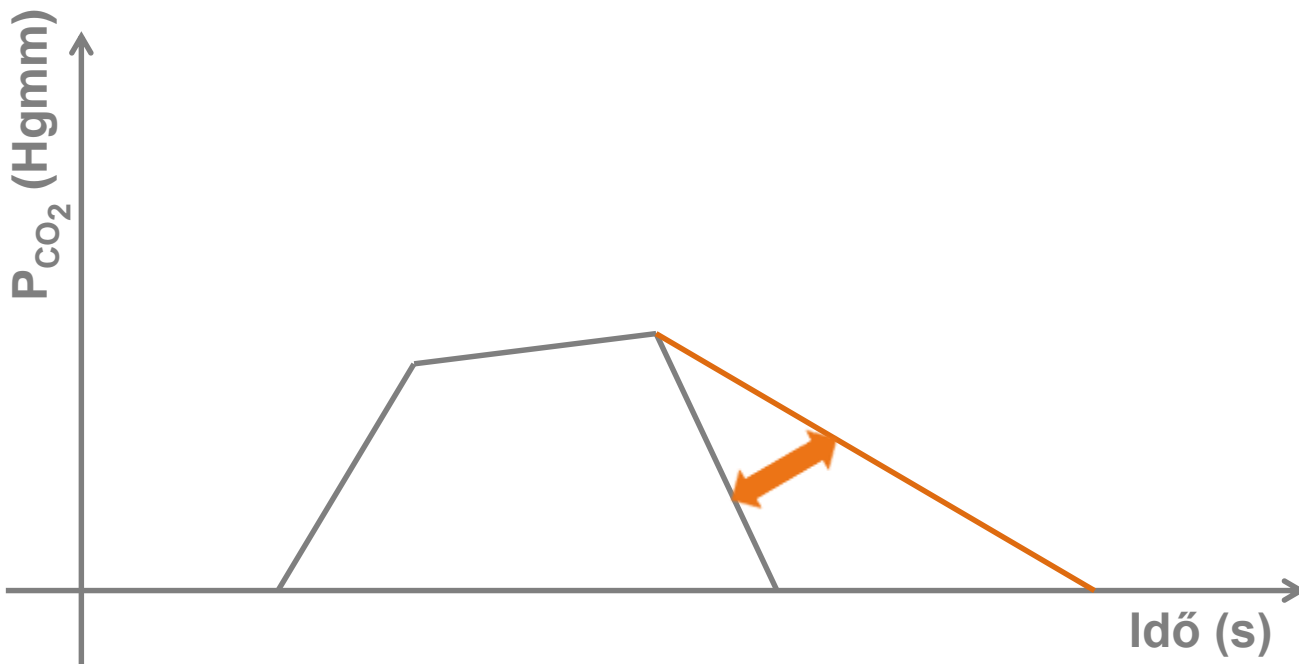


Kapnogram értékelése

2. A görbe értékelése IV. fázis

Nyújtva ellapult

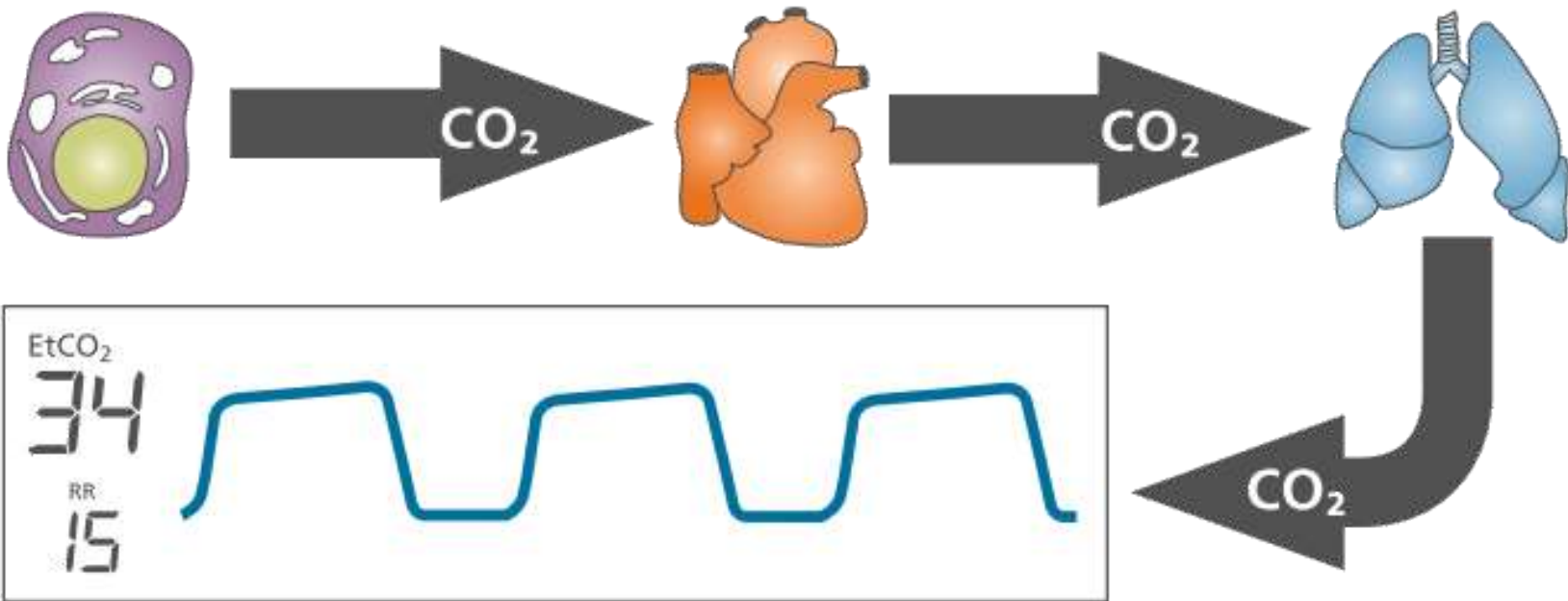
- Belégző szelep hibája





Kapnogram értékelése

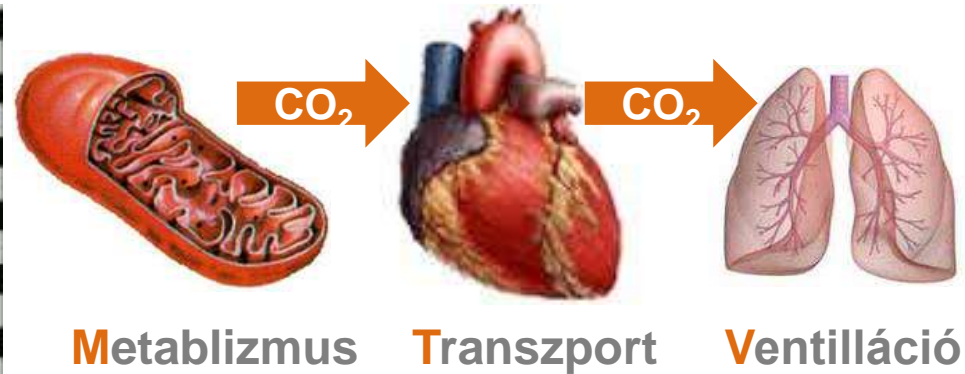
3. Az EtCO₂ értékelése



Kapnogram értékelése

3. Az EtCO₂ értékelése

- Normál értéke: 35-45 Hgmm
- Függhése:

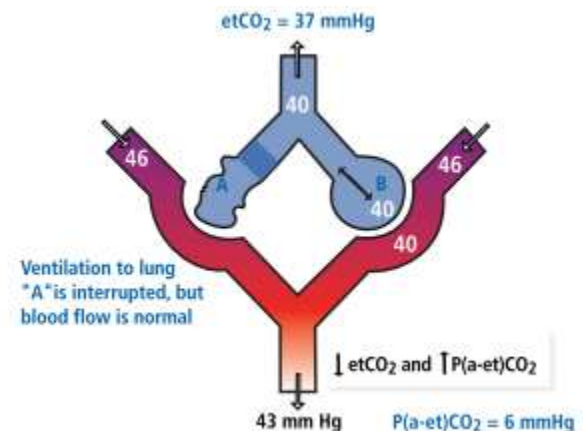
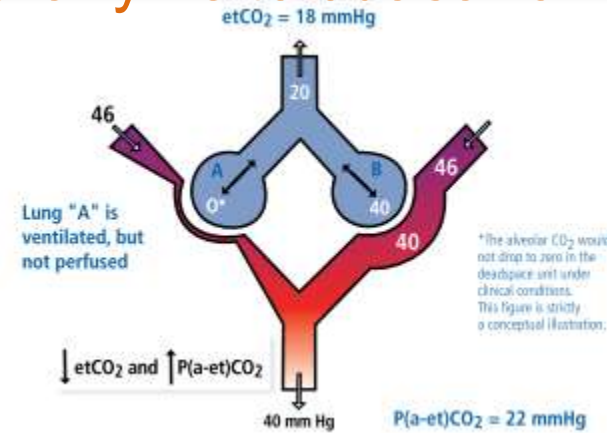
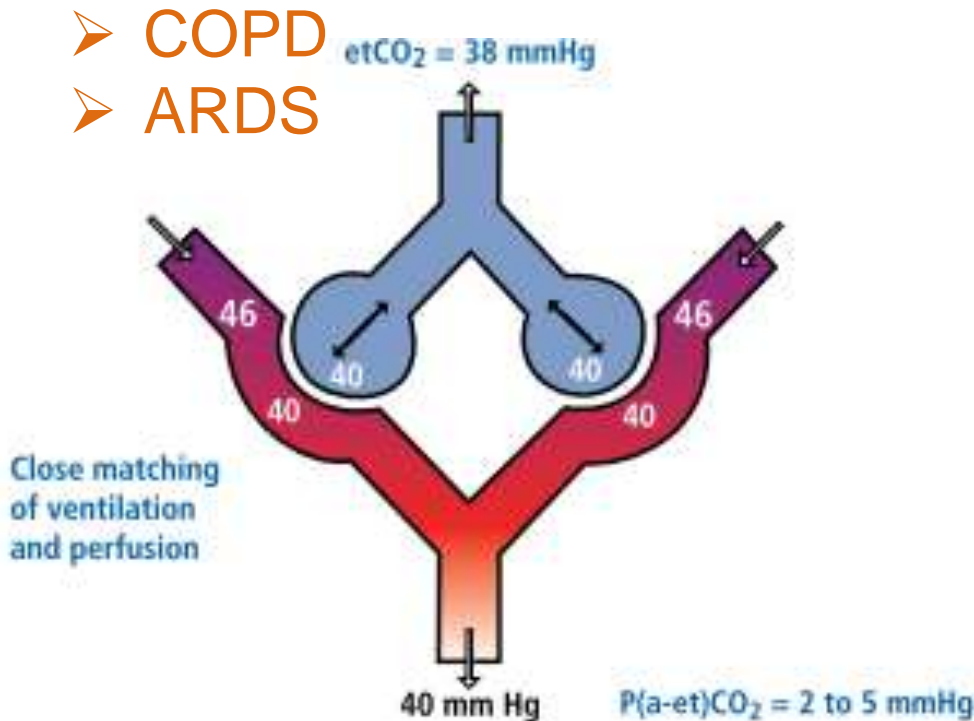


- Emelkedik:
 - M: növekvő izomaktivitás, (malignus) hyperthermia
 - T: CO₂↑, bikarbonát infúzió, torniquet felengedése
 - V: bronchospasmus oldódása, csökkenő percventilláció
- Csökken:
 - M: izomrelaxáns, hypothermia
 - T: keringésleállás, tüdőembólia
 - V: bronchospasmus, növekvő percventilláció

Kapnogram értékelése

- EtCO₂ normál értéke: 30-43 Hgmm (4-5,6%)
- P_aCO₂ normális értéke: 35-45 Hgmm (4,6-5,9%)
- Különbség: 2-5 Hgmm
- Jelentős emelkedése a V/Q arány eltolódásához vezető tüdőbetegségekre utal:
 - COPD
 - ARDS

4. A P_aCO₂ és az EtCO₂ összehasonlító értékelése





Kontrol=Pulsoxymetria



MS



Kontroll=Pulsoxymetria

A pulsoxymetria noninvazív, indirekt módon képes a pulzáló erekben (artériák) áramló vér oxigenáltság-szintjéről információt szolgáltatni. A legtöbb eszköz ezen felül a pulzusszám követésére is alkalmazható.

Mérés elve: a fényforrás két fotodiódát (LED) tartalmaz: az egyik piros, a (660 nm hullámhosszúságú), a másik pedig infravörös (905, 910, illetve 940 nm hullámhosszú) fényt bocsájt ki. A túloldali detektor az abszorpciót követően öt elérő hullámokat detektálja.

Az oxy- és deoxyhaemoglobin eltérő fényabszorpciója alapján kb. 1% pontossággal mérhető segítségével a vér oxigén-szaturációja.

MS



Pulsoxymetria

Alkalmazási területek:

- Az oxigenizáltság monitorozása
 - Anesztézia alatt
 - Intenzív osztályon
 - Sürgősségi ellátásban
 - Transzport alatt
 - Kora-és újszülöttek esetében
- A keringés monitorozása
- Respirációs terápia kontrollálása
- A szimpatikus idegrendszeri aktiváció (fájdalom) monitorozására
- Koraszülöttek oxigén kezelésének ellenőrzése
- Kísérletek,oktatás,vizsgálatok

MS



Pulsoxymetria

Jelzi:

- A pulzus nyomást és a pulzushullám magasságát
- A perifériás ischaemiát
- A perifériás keringés változását rendkívüli helyzetekben
- Szisztólés vérnyomást
 - A pulzushullám eltűnése illetve megjelenése a mandzsetta felfújásakor és leengedésekor.
- Valsalva kísérletnél jelzi az autonóm diszfunkciót.

MS



Pulsoxymetria

Mérési hibák:

Nem korrigálható:

- COHb: mely hamisan 100%-os szaturáció mérését eredményezi.
- Met-haemoglobin: a valós szaturációtól függetlenül 85 % körüli értéket jelez
- I.v. festékkoldat
- Magas Se bilirubin
- Súlyos anémia
- Haemodilúció
- Alacsony perfúzió

Korrigálható:

- Külső fény
- Végtagmozgás
- Végtag lehűlés, kompresszió



Pulsoxymetria

Hamis következtetés levonását eredményező hatások:

- Anaemia esetében normál szaturáció mellett is szöveti hypoxia alakul ki (**csak az oxigéntelítettséget méri az eszköz, a rendelkezésre álló össz-oxigént nem!**)
- Viszonylag kielégítő szaturáció mellett is kialakulhat alveoláris hypoventillatio, tekintettel arra, hogy **nem az alveolaris PO_2 -t mérjük a pulsoxymeter segítségével.**

MS



Pulsoxymetria

Viszonya a P_aO_2 -hoz:

| SpO ₂ (%) | P _a O ₂ (Hgmm) |
|----------------------|--------------------------------------|
| 100 | 90-100 |
| 95 | 70 |
| 90 | 60 |
| 80 | 50 |
| 75 | 40 |
| 70 | 35 |
| 60 | 30 |
| 50 | 27 |
| 30 | 20 |

Alacsony SatO₂ érték nem megbízható, mérési tartományom kívül esik!



**Köszönöm
a
figyelmet!**

A white handwritten signature or initials on an orange background.