

Umelá pľúcna ventilácia u detí

Nosál', S.

Klinika detskej anestéziológie a intenzívnej medicíny JLF UK a UN Martin



IV. CEEA kurz, Košice 2018





Uredba št. 111/2007
Uredba št. 111/2007
Uredba št. 111/2007



Technologický pokrok - v oblasti mechanickej ventilácie a monitorácie novorodencov a detí.

- nové ventilačné módy, ktoré umožňujú sofistikovanejšie ventilovať detského pacienta.





Základy ventilácie

- Ventilátor dodáva plyny do pľúc s využitím pozitívneho tlaku a nastavenej frekvencii dýchania.
- Množstvo dodaného plynu môžeme limitovať časom, tlakom alebo objemom.
- Ak nastavujeme objem (V_t), tak tlak je variabilný, ak nastavujeme tlak (PIP), varíruje objem – v závislosti od compliance pľúc.

Čo by mal spĺňať ventilátor?

1. Ventilátor musí spoznať pacientovu snahu dýchať (trigger)
2. Ventilátor musí byť schopný uspokojiť ventilačné požiadavky pacienta (response)
3. Ventilátor musí vedieť interferovať s pacientovou dychovou potrebou (synchrony).

Základná rovnica pre pohyb plynov počas UPV

$$\Delta P = V_t / C + R \times \dot{V}$$

Tlakový gradient medzi vonkajším prostredím a alveolmi závisí priamo úmerne od dychového objemu (V_t) a súčinu odporu R a prietoku \dot{V} a nepriamo od compliance (C).

Tento vzťah umožňuje pochopiť dôležité vzájomné vzťahy medzi základnými regulovanými parametrami UPV: **tlakom, objemom a prietokom**.

Ventilátor pracuje so 4 základnými parametrami, ktoré sa označujú ako **kontrolované premenné**:

- tlak,
- objem,
- prietok
- čas.

Primárne pri ventilácii je riadená/kontrolovaná jedna premenná, ostatné sa stávajú závislými premennými.

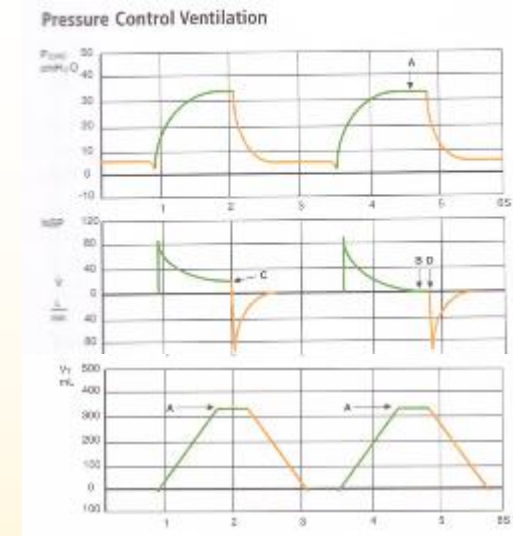
Podľa toho, ktorá premenná bola primárne riadená/nastavovaná, sa rozdeľovali ventilátory na **tlakovo, objemovo, časovo a prietokovo kontrolované**.

Modernejšie ventilátory umožňujú ovplyvniť viac premenných.

Pre pochopenie ich vzťahov je nutné rozdeliť ventilačný cyklus do **4 fáz**:

- 1. zmena expíria na inspírium,**
- 2. inspírium,**
- 3. zmena inspíria na expírium a**
- 4. expírium.**

- Ventilátor monitoruje súčasne viac kontrolovaných premenných.
- Po dosiahnutí nastavenej hodnoty je začatá zmena jednej fázy na ďalšiu.
- Tým sa **kontrolované premenné** stávajú tzv. **fázovo premennými** a vznikajú **4 kategórie fázových premenných**:
 - 1. spúšťacie premenné,**
 - 2. limitujúce premenné,**
 - 3. cyklické premenné a**
 - 4. základné premenné.**



Fáza 1

Spúšťacie premenné slúžia k iniciácii inspíria. K spusteniu inspíria môže slúžiť akákoľvek premenná. Tradične to bol čas. Ventilátory monitorujú zmenu tlaku a prietoku vo ventilačnom okruhu, čím umožňujú synchronizáciu s inspiračným úsilím pacienta. Pacient musí vytvoriť prednastavenú zmenu tlaku alebo prietoku k tomu aby ventilátor spustil inspírium.

Fáza 2

Tu sa tlak, objem i prietok zvyšujú nad základné hodnoty, ktoré boli na konci expíria. Pre jednu alebo viaceré z nich sa môže nastaviť maximálna hodnota, ktorá je označovaná ako limit. **Je to teda limitovaná premenná**. Obvykle sa limituje objem a tlak.

Fáza 3

Cyklické premenné zaznamenajú ukončenie inspíria (pokiaľ sa dosiahne ich prednastavená hodnota). Najčastejšie to býva čas. Premenná, ktorá je kontrolovaná počas expíria, sa nazýva **základná premenná**.

Spúšťacie, limitujúce a cyklické premenné môžu byť riadené ventilátorom, pacientom alebo obidvomi súčasne.

Typ dýchania	Fázová premenná		
	spúšťacia	limitujúca	cyklická
Spontánne	pacient	pacient	pacient
Riadené	ventilátor	ventilátor	ventilátor
Asistované	pacient	ventilátor	ventilátor
Podporné	pacient	ventilátor	pacient

Základné nastaviteľné parametre:

- maximálny inspiračný tlak (PIP – peak inspiratory pressure),
- dychový objem (V_t – tidal volume),
- pozitívny tlak na konci výdychu (PEEP-positive end expiratory pressure),
- inspiračný čas (T_i -inspiratory time),
- inspiro-expiračný pomer (I:E),
- frekvenciu dýchania (RR-respiratory rate/f-frequency) a
- koncentráciu/frakciu dodávaného kyslíka (F_iO_2).

Frakcia inšpirovaného kyslíka (FiO_2)

Zlepšenie oxygenácie môžeme dosiahnuť:

- zvýšením frakcie dodávaného kyslíka (FiO_2),
- zvýšením PIP,
- zvýšením inšpiro-expiračného pomeru (I:E),
- zvýšením PEEP

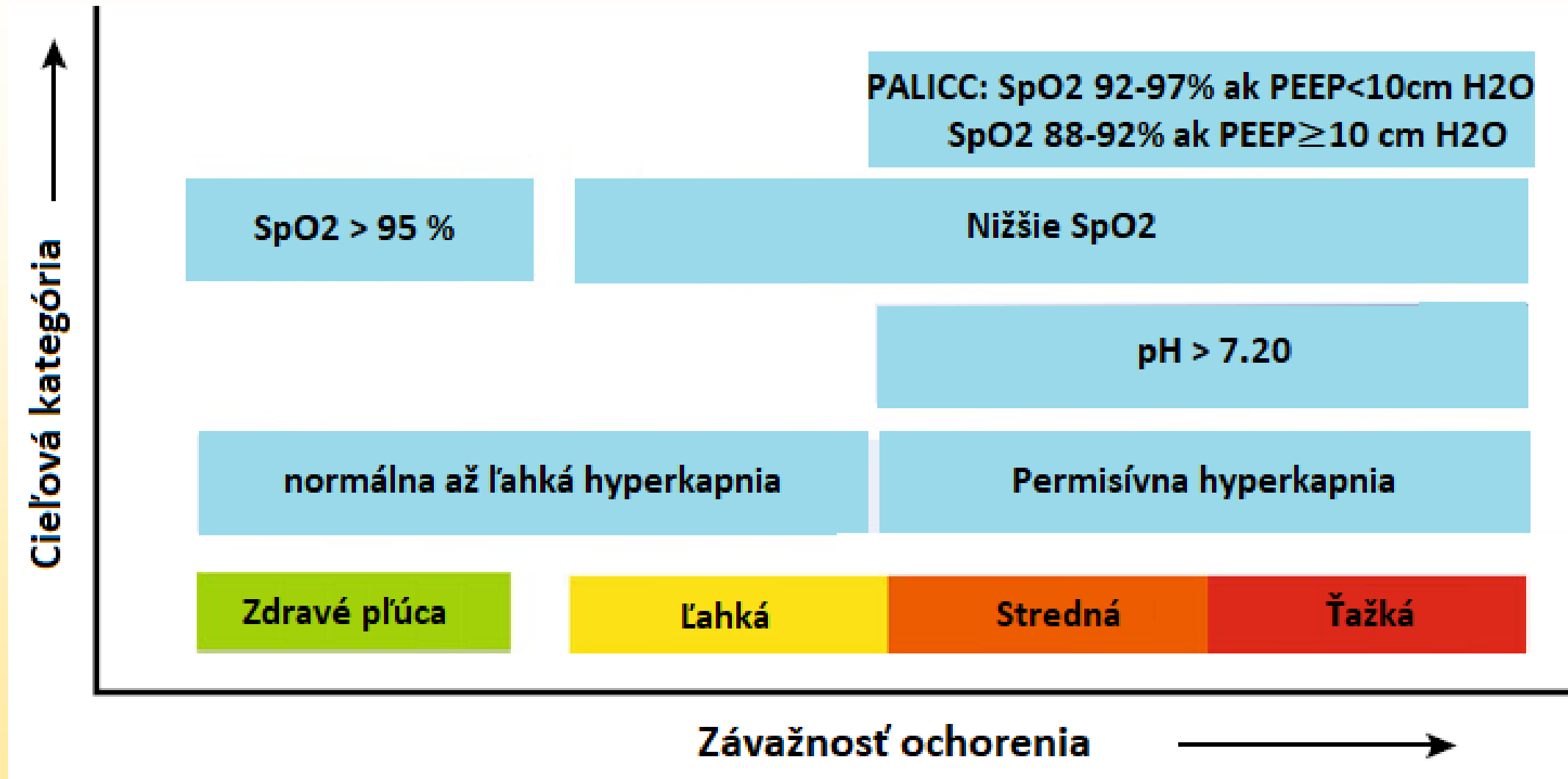
Kyslík je „dobrý sluha ale veľmi zlý pán“. Podat' pacientovi ÁNO - ale koľko, kedy a ako dlho?

Vysoká koncentrácia kyslíku môže viesť k poškodeniu pľúc.

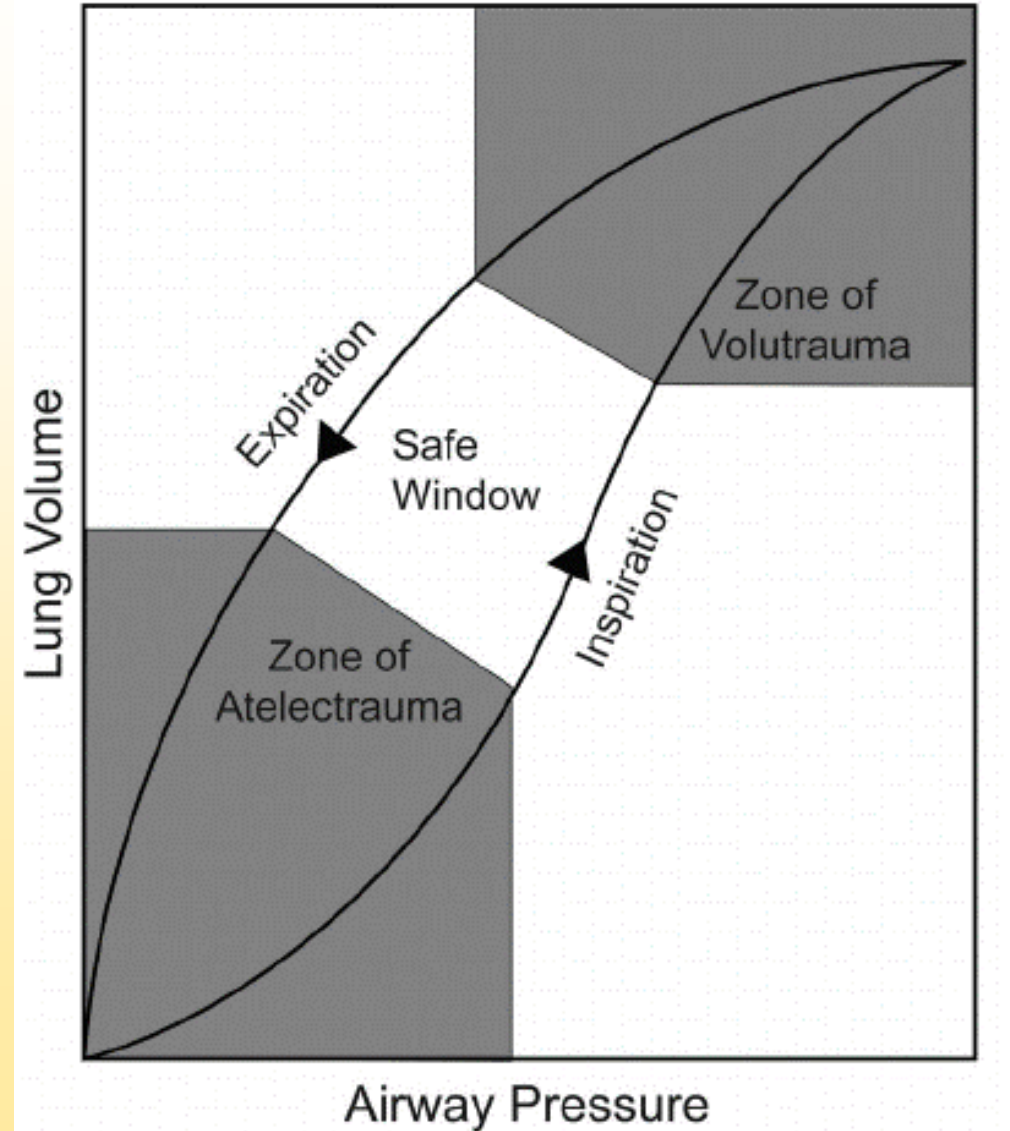
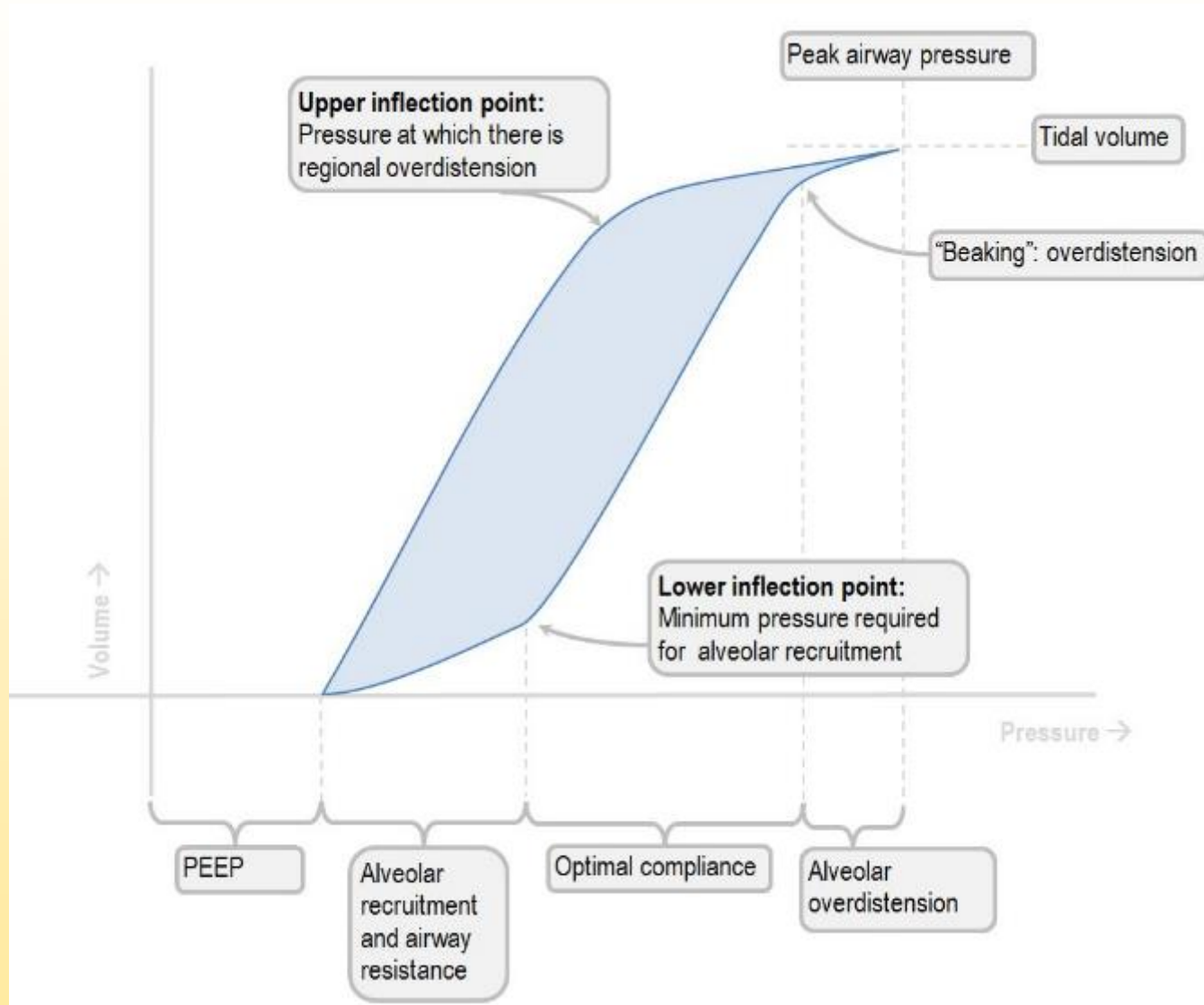
Koncentrácia pod 50% sa považuje za bezpečnú.

Toxicita kyslíka je problémom zvlášť u novorodencov s nízkou pôrodnou hmotnosťou (ROP, BPD)

Odporúčania pre „ciele“ oxygenácie a ventilácie



P-V krivka a čo znej môžeme vyčítať pri nastavovaní ventilačných parametrov



Maximálny inspiračný tlak (PIP) je jedným z hlavných faktorov determinujúcich **dychový objem** a to hlavne u detí ventilovaných tlakovo garantovanými režimami.

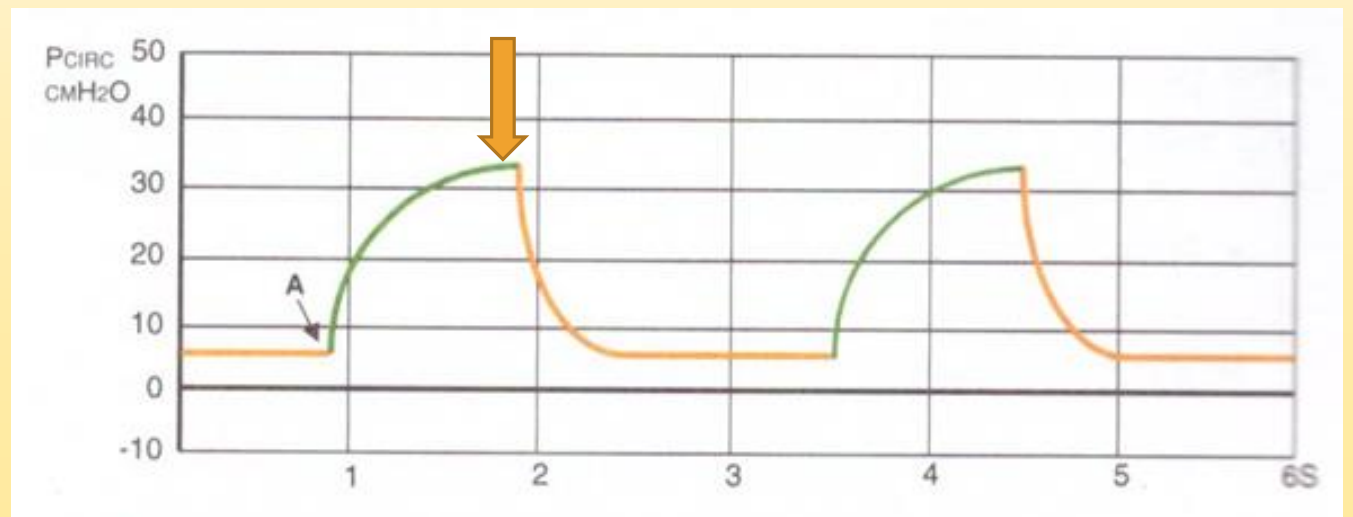
Prvotné nastavenie úrovne PIP musíme vykonať opatrne.

Berieme ohľad na hmotnosť, vek, typ a závažnosť ochorenia, aktuálny stav pľúcnej mechaniky a v súčasnosti aj na compliance pľúc a odpor dýchacích ciest.

Optimálny PIP - považujeme najnižší PIP umožňujúci primeranú ventiláciu pacienta.

Minimalizovaním hladiny PIP redukuje aj riziko barotraumy a bronchopulmonálnej dysplázie.

Vysoký PIP vedie k zvýšeniu intratorakálneho tlaku a tým k spomaleniu venózneho návratu a zníženiu kardiálneho výdaja.



Pozitívny tlak na konci výdychu (PEEP-positive end expiratory pressure)

Je to tlak aplikovaný na konci výdychu s cieľom preventívne zabrániť poklesu tlaku v dýchacích cestách na nulu.

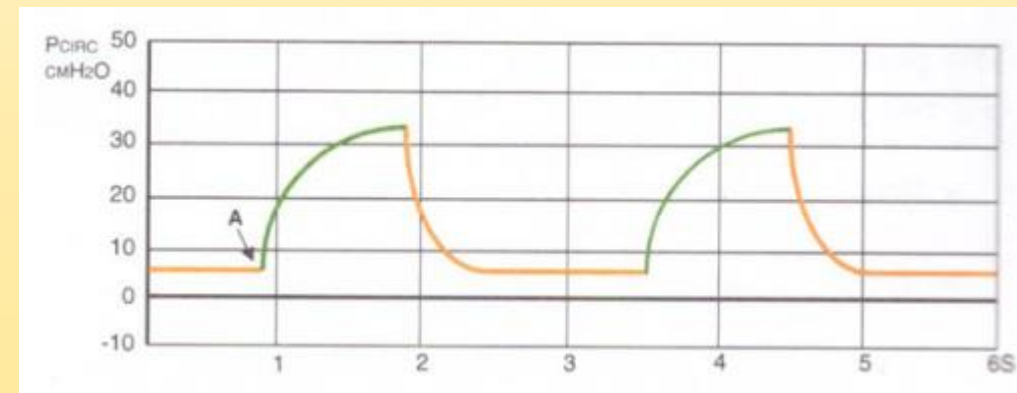
Úlohou PEEP je:

1. zvýšiť funkčnú reziduálnu kapacitu (FRC) s cieľom zabrániť kolabovaniu alveolov,
2. udržiavanie stability alveolárnych segmentov počas výdychu,
3. zlepšenie compliance,
4. zlepšenie oxygenácie, umožní znížiť FiO_2
5. redukovanie dychovej práce,
6. znížiť odpor dýchacích ciest.

Zvyšovanie PEEP vedie k zvýšeniu stredného tlaku v dýchacích cestách (MAP-mean airway pressure).

Optimálne nastavenie úrovne PEEP je individuálne, zložité a závislé od aktuálnej klinickej situácie.

Je to **vždy** balansovanie medzi požadovanými cieľmi ventilácie a nežiaducimi vedľajšími účinkami PEEP.



Nízke hladiny PEEP (2-3 cm H₂O) sa používajú vo fáze weaningu (odpájania), alebo u detí s ľahkou formou respiračnej insuficiencie.

Stredné hladiny PEEP (4-7 cm H₂O) sa najčastejšie používajú u detí so stredne závažnou formou respiračnej insuficiencie.

Vysoké hladiny PEEP (8-15 cm H₂O) sa používajú na zlepšenie oxygenácie u detí s PARDS (Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome), zvýšenie dychového objemu V_t a zvýšenie PaO₂.

Negatíva vysokého PEEP:

- zníženie tlaku krvi a kardiálneho výdaja redukovaním preloadu
- riziko hyperinflácie pľúc,
- zvýšené riziko pneumothoraxu a pneumomediastina.

Pri vysokých hladinách PEEP treba vždy redukovať hladinu PIP tak aby sme sa pohybovali dychovým objemom V_t v odporúčaných limitoch protektívnej ventilácie 4-8 ml/kg.

V súčasnosti sa neodporúča nulová hladina PEEP !!!

Frekvencia dýchania

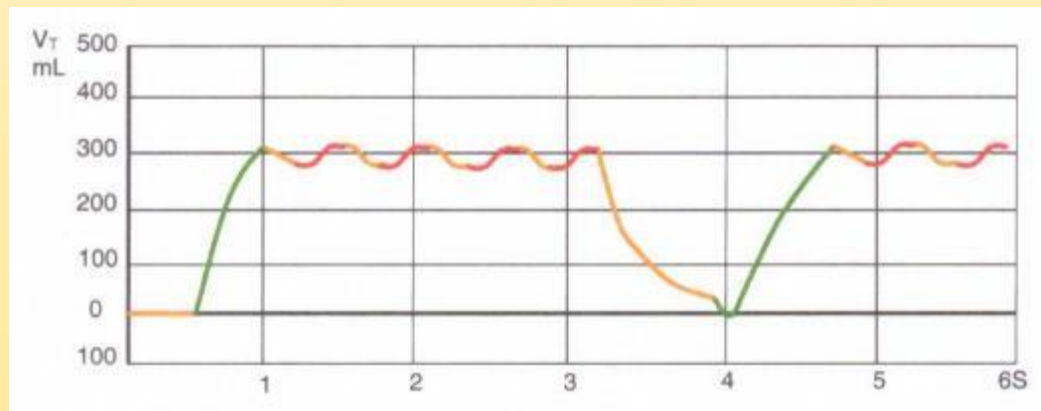
Počet dychov spolu s dychovým objemom determinujú **minútovú ventiláciu** a **úroveň eliminácie CO₂** z pľúc.

Frekvenciu dýchania nastavujeme v závislosti od veku, závažnosti a typu ochorenia, pľúcnej mechaniky (compliance pľúc a odporu dýchacích ciest).

Vek dieťaťa	Počet dychov/min
dojča	24-40
batol'a	22-34
školák	18-30
adolescent	12-16

Inspiro-expiračný pomer (I:E)

- nastavenie I:E závisí na aktuálnej patofyziológii a priebehu respiračnej insuficiencie.
- musíme rešpektovať pľúcnu mechaniku, compliance, rezistenciu a časovú konštantu.
- normálny I:E pomer u detí je 1:2 až 1:3.
- malé deti s RDS majú nízku compliance, normálu rezistenciu. Vtedy je vhodné nastaviť I:E pomer 1:1.
- reverzný I:E pomer (maximálny 4:1) využívame pri PARDS a vedie k zlepšeniu oxygenácie. Tento pomer môže viesť k air trappingu, hyperinflácii alveolov a spomaľuje venózný návrat.



Dychový objem (Vt)

V súčasnosti odporúčaný dychový objem u detí na UPV je **6-8 ml/kg**.

Niektoré práce poukazujú na šetrnosť nízkych dychový objemov (**4-7 ml/kg**) hlavne počas agresívnej ventilácie vysokým PEEP a limitovaným PIP.

Effect of a Low vs Intermediate Tidal Volume Strategy on Ventilator-Free Days in Intensive Care Unit Patients Without ARDS a Randomized Clinical Trial

CONCLUSIONS AND RELEVANCE In patients in the ICU without ARDS who were expected not to be extubated within 24 hours of randomization, a low tidal volume strategy did not result in a greater number of ventilator-free days than an intermediate tidal volume strategy.

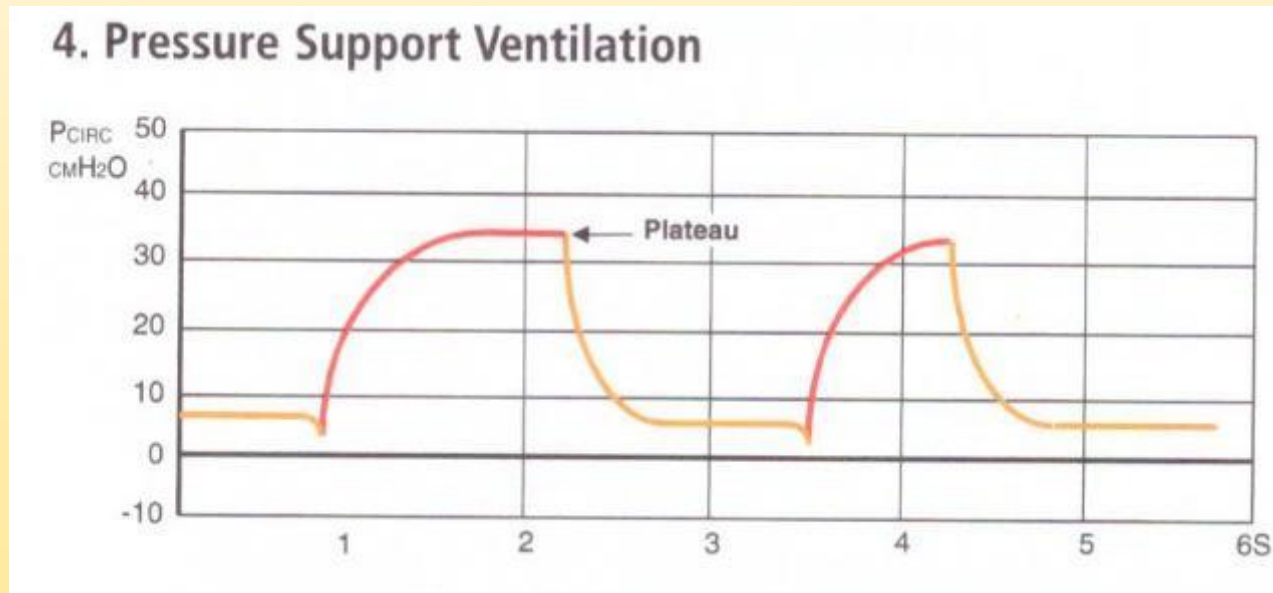
JAMA. 2018;320(18):1872-1880.

Tlaková podpora (PS - pressure support)

Ventiláciu s tlakovou podporou používame pri asistovanej ventilácii, keď ventilátor „asistuje“ pacientov spontánny dych.

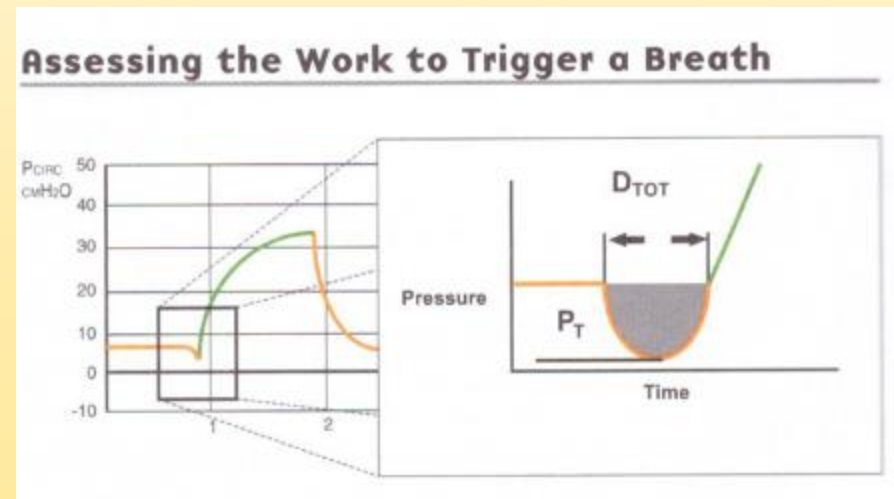
Pacientov spontánny dych vytvára negatívny tlak/prietok, ktorý trigeruje ventilátorom dodaný dych.

Dodaný dych je tlakovo limitovaný.



Triger/senzitivita

- Triger je vlastne senzitivita nastavenia ventilátora.
- ventilátor má zabudovaný **senzor negatívneho tlaku ako aj prietoku.**
- pri snahe pacienta spontánne dýchať to vie ventilátor zaznamenať a začať podporovať pacientov dych.
- senzory trigeru tlakový/prietokový je možné nastaviť na rôznu citlivosť.
- za citlivejší/jemnejší triger považujeme prietokový triger.



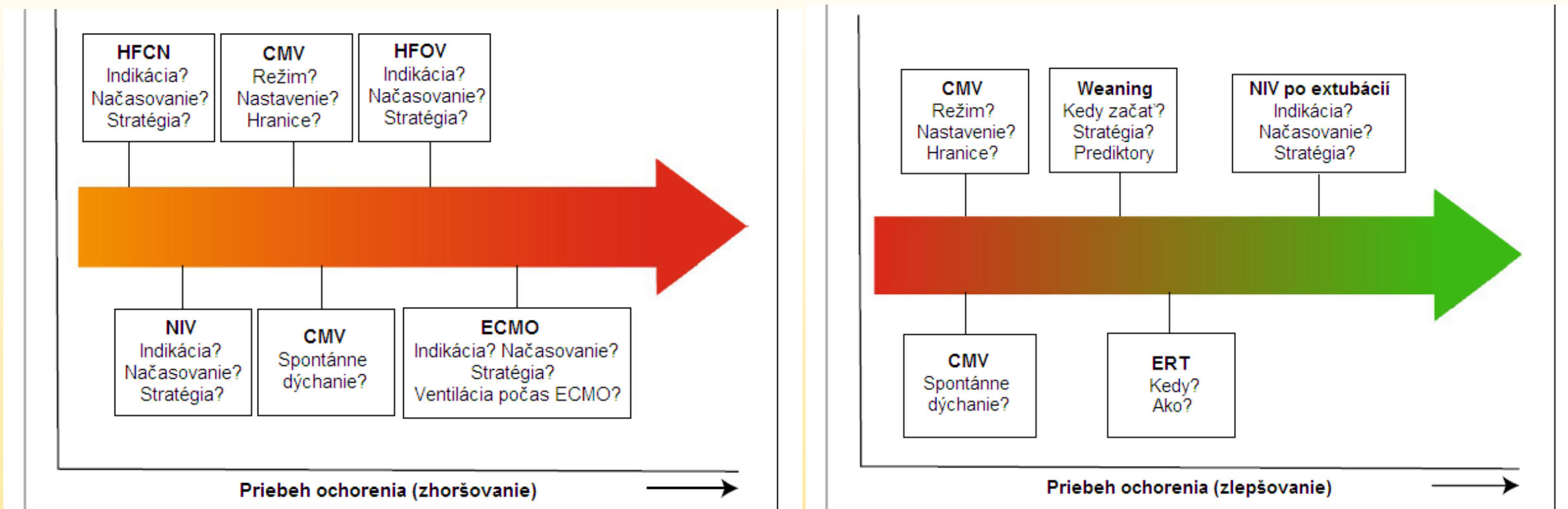
Aplikácia respiračnej fyziológie pri mechanickej ventilácii u detí

Zatiaľ čo základné fyzikálne princípy a prietok plynov sú u detí a dospelých rovnaké, **anatomické a fyziologické odlišnosti hrajú dôležitú úlohu pri výbere typu ventilačného módu a nastavení ventilačných parametrov.**

UPV detí a novorodencov je odlišná od mechanickej ventilácie dospelých.

Veľkým problémom aj v súčasnosti je správna voľba ventilačnej stratégie u detí v priebehu kritickej fázy respiračného zlyhania, ako aj v priebehu klinického zlepšovania stavu dieťaťa.

Obrovská variabilita veľkosti, zrelosti pľúc a rozsah akútnych a chronických diagnóz u detí, prispieva k nedostatku klinických údajov podporujúcich dennú prax mechanickej ventilácie u detí



Deti na rozdiel od dospelých majú:

- intenzívnejší metabolizmus a tým vyššiu spotrebu kyslíka a produkciu CO₂
- nízku „funkčnú reziduálnu kapacitu“
- tým sa redukuje rezerva kyslíka v pľúcach, čo súbežne s vysokou spotrebou kyslíka spôsobuje nízku toleranciu apnoe u detí
- deti dýchajú plytšie a rýchlejšie
- prevláda abdominálny typ dýchania
- pri respiračnej insuficiencii deti reagujú tachypnoe, čím sa znižujú ich kompenzačné schopnosti
- nízku rigiditu hrudného koša, nezrelosť dýchacích ciest (chrupaviek), menší priemer dýchacích ciest

Indikácie mechanickej ventilácie u detí

Spoločné indikačné kritériá sú:

1. Respiračné zlyhanie

- apnoe
- neadekvátna ventilácia
- neadekvátna oxygenácia
- chronická respiračná insuficiencia vedúca k zlyhaniu

2. Kardiálna insuficiencia/šok

- eliminácia dychovej práce
- redukcia spotreby kyslíka

3. Neurologická dysfunkcia

- centrálna príčina hypoventilácie/časté apnoe
- komatózny pacient ($GCS \leq 8$)
- nemožnosť udržať priechodné dýchacie cesty

- u **novorodencov a dospelých** prebehlo množstvo kvalitných klinických štúdií, na základe ktorých boli vypracované medzinárodne akceptovateľné odporúčacia pre umelú pľúcnu ventiláciu.
- v detskej populácii obrovská variabilita veľkosti, zrelosti pľúc a rozsah akútnych a chronických diagnóz u detí, prispieva k **nedostatku klinických údajov** podporujúcich dennú prax mechanickej ventilácie u detí.



Predmet	Dostupné dáta		Aplikácia pre konkrétne chorobné stavy
	RCT	observácia	
Neinvazívna podpora			
Použitie HFNC	žiadne	áno	Zdravé pľúca, všetky stavy
Použitie CPAP	žiadne	áno	Všetky chorobné stavy
Neinvazívna ventilácia	Áno (n=2)	áno	Všetky chorobné stavy
Módy ventilátora			
Konvenčné módy	žiadne	áno	Zdravé pľúca, všetky stavy
HFOV	Áno (n=2)	áno	Všetky chorobné stavy
HFJV, HFPV	nie	áno	Všetky chorobné stavy
Tekutá ventilácia	nie	nie	Všetky chorobné stavy
ECMO	nie	áno	Všetky chorobné stavy
Nastavenie ventilátora			
Synchronizácia pacient - ventilátor	nie	áno	Všetky chorobné stavy
I:E pomer/inspiračný čas	nie	nie	Všetky chorobné stavy
Zachovanie spontánnej ventilácie	nie	nie	Zdravé pľúca, všetky stavy
Tlakové plató	nie	nie	Zdravé pľúca, všetky stavy
Tlaková delta/riadiaci tlak	nie	nie	Zdravé pľúca, všetky stavy
Dychový objem	nie	áno	Zdravé pľúca, všetky stavy
PEEP	nie	áno	Zdravé pľúca, všetky stavy, ochorenia horných dých. ciest
recruitment	nie	áno	Zdravé pľúca, všetky stavy
Monitoring			
Ventilácia	Nie	Áno	Zdravé pľúca, všetky stavy
Oxygenácia	Nie	Áno	Zdravé pľúca, všetky stavy
Dychový objem	Nie	Áno	Zdravé pľúca, všetky stavy
Pľúcna mechanika	Nie	Áno	Zdravé pľúca, všetky stavy
Ultrazvuk pľúc	Nie	Áno	Všetky chorobné stavy
Ciele oxygenácie a ventilácie			
Oxygenácia	Nie	Nie	Zdravé pľúca, všetky stavy
Ventilácia	Nie	Nie	Zdravé pľúca, všetky stavy
Weaning a testy pripravenosti na extubáciu			
Weaning	Áno (n=2)	Áno	Zdravé pľúca, všetky stavy
NIV po extubácii	Nie	Áno	Všetky chorobné stavy
Použitie kortikoidov	Áno	Áno	Zdravé pľúca, všetky stavy
Podporné opatrenia			
Zvlhčovanie	Nie	Áno	Zdravé pľúca, všetky stavy
Endotracheálne odsávanie	Nie	Áno	Zdravé pľúca, všetky stavy
Fyzioterapia hrudníka	Nie	Áno	Všetky chorobné stavy
Elevácia postele	Nie	Nie	Zdravé pľúca, všetky stavy
ETT a patientský okruh	Nie	Áno	Zdravé pľúca, všetky stavy
Redukcia mŕtveho priestoru zariadení	Nie	Áno	Zdravé pľúca, všetky stavy
Heliox	Nie	Áno	Všetky chorobné stavy
Použitie manuálnej ventilácie	Nie	Nie	Zdravé pľúca, všetky stavy

„Pediatric mechanical ventilation consensus conference“

- odporúčania pre mechanickú ventiláciu kriticky chorých detí (2017)

- **vydanie 152 odporúčaní !!!!**

- pretrváva „obdobie temna“. Prečo?

- väčšinou sa jedná o odporúčania typu – „nemožno odporučiť pre nedostatok validných dát“

- niektoré odporúčania napr. dychový objem 10 ml/kg nemožno považovať za seriózne uplatniteľné v pediatrickej klinickej praxi.

- aj preto musíme zatiaľ využívať medzinárodné odporúčania pre protektívnu ventilačnú stratégiu u dospelých.

Publikované odporúčania

Neinvazívna podpora	
High-flow nazálna kanyla	Bez odporúčania
CPAP	Zvážiť pri kombinovaných ochoreniach Zvážiť pri ľahkom až stredne ťažkom kardiorespiračnom zlyhaní Bez odporúčania na optimálne prepojenie
Neinvazívna ventilácia	Zvážiť pri ľahkých až stredne ťažkých ochoreniach, nie pri závažných ochoreniach Zvážiť pri ľahkom až stredne ťažkom kardiorespiračnom zlyhaní Nemá oddialiť intubáciu Bez odporúčania na optimálne prepojenie

Invazívna ventilácia	
Režim	Bez odporúčania
Vysokofrekvenčná oscilačná ventilácia	Zvážiť pri zlyhaní konvenčnej ventilácií Môže byť použitá pri kardiologických pacientoch
Vysokofrekvenčná jet/percussive ventilácia	Bez odporúčania Nepoužívať vysokofrekvenčnú jet ventiláciu pri obštrukčných ochoreniach
Parcial liquid ventilation	nepoužívať
Mimotelová podpora	Zvážiť pri reverzibilných ochoreniach ak konvenčná ventilácia a/alebo HFOV zlyhá
Triggering	Cielená synchronizácia pacient-ventilátor
Inspiračný čas/I:E pomer	Nastav inspiračný čas podľa mechaniky respiračného systému a základného ochorenia (použi časovú mieru a sleduj časovo-prietokovú krivku, použi vyššie hodnoty pri reštrikčných ochoreniach)
Zachovanie spontánneho dýchania	Bez odporúčania
Tlakové plató	Udržuj ≤ 28 alebo $\leq 29-32$ cmH ₂ O so stúpajúcou elasticitou hrudnej steny, ≤ 30 cmH ₂ O pri obštrukčných ochoreniach
Tlaková delta	Udržuj ≤ 10 cmH ₂ O pre zdravé pľúca, neznáme pre akékoľvek chorobné stavy
Dychový objem	Udržuj ≤ 10 ml/kg ideálnej telesnej hmotnosti, možné nižšie pri syndróme pľúcnej hypoplázie
PEEP	5 – 8 cmH ₂ O, vyššie PEEP nutné podľa závažnosti prebiehajúceho ochorenia (taktiež pri kardiologických pacientoch) Použi tritráciu PEEP, zväž recruitment pľúc (taktiež pri kardiologických pacientoch) Pridaj PEEP pri obštrukčných ochoreniach kde je prítomný air-trapping na facilitáciu triggerovania

Monitoring	
Ventilácia	<p>Monitoruj PCO₂ v arteriálnych alebo kapilárnych vzorkách krvi</p> <p>Zváž transkutánný CO₂ monitoring</p> <p>Monitoruj expirovaný CO₂ u všetkých ventilovaných detí</p>
Oxygenácia	<p>Monitoruj SpO₂ u všetkých ventilovaných detí</p> <p>Monitoruj arteriálne PO₂ pri stredne ťažkých a ťažkých ochoreniach</p> <p>Monitoruj pH, laktát a centrálnu venóznú saturáciu pri stredne ťažkých a ťažkých ochoreniach</p> <p>Monitoruj centrálnu venóznú saturáciu ako marker srdcového výdaja</p>
Dychový objem	Monitoruj v blízkosti Y-spojky patientskeho okruhu u detí <10 kg
Pľúcna mechanika	<p>Monitoruj špičkový inspiračný tlak a/alebo tlakové plató, stredný tlak, PEEP.</p> <p>Zváž monitorovanie transpulmonálneho tlaku, (dynamickú) poddajnosť, vnútorný PEEP</p> <p>Monitoruj tlakovo-časovú a prietokovo-časovú krivku</p>
Ultrazvuk pľúc	Zváž v adekvátne trénovaných rukách
Ciele	
Oxygenácia	<p>SpO₂ ≥ 95% pri ventilácií vzduchom pre zdravé pľúca</p> <p>Žiadne hranice pre akékoľvek chorobné stavy alebo kardiologických pacientov, ale udržiuj SpO₂ ≤ 97%</p> <p>Pre PARDS: SpO₂ 92 – 97% pri PEEP < 10cmH₂O a 88 – 92% pri PEEP ≥ 10cmH₂O</p>
Ventilácia	<p>PCO₂ 35-45 mmHg pre zdravé pľúca</p> <p>Vyššie PCO₂ akceptované u akútnych (ne)pulmonálnych pacientov okrem špecifických ochorení s odlišnými odporúčaniami</p> <p>Cielové pH > 7,2</p> <p>Normálne pH pre pacientov s pulmonálnou hypertenziou</p>

Weaning a a pripravenosť na extubáciu	
Weaning	Začni weaning tak skoro, ako je to možné Denne vykonávaj testy na pripravenosť na extubáciu
Neinvazívna ventilácia po extubácií	Zváž neinvazívnu ventiláciu u pacientov s neuromuskulárnymi ochoreniami
Kortikosteroidy	Použi u pacientov s vyšším rizikom pre po-extubačný stridor
Podporné opatrenia	
Zvlhčovanie	Použi zvlhčovanie
Endotracheálne odsávanie	Nepoužívaj rutinne, iba pri indikácií Nepoužívať rutinnú instiláciu fyziol. roztoku pred odsávaním
Fyzioterapia hrudníka	Nepoužívať rutinne Zváž použitie kašlového asistenta u pacientov s neuromuskulárnym ochorením
Polohovanie	Udržuj elevovanú hornú polovicu postele 30-45°
Endotracheálna kanyla a patientský okruh	Používaj balónikové kanyly, udržuj tlak v balóniku $\leq 20\text{cmH}_2\text{O}$ Minimalizuj mŕtvy priestor pridaním komponentov Použi double-limb okruhy na invazívnu ventiláciu Nepoužívaj domáce ventilátory v akútnej fáze na ICU
Iné	
Manuálna ventilácia	Vyhni sa manuálnej ventilácii okrem špecifických situácií riadiacich sa inými odporúčaniami

Hlavným cieľom ventilácie je adekvátna ventilácia a oxygenácia pacienta

Tá sa dá dosiahnuť aj tlakovou aj objemovou ventiláciou.

Na zjednodušenom praktickom príklade je možné ventilátory rozdeliť na:

1. objemovo limitované, časovo cyklované (tzv. objemové ventilátory) s/bez kontinuálneho prietoku.

Ventilátor ukončí inšpírium po dosiahnutí nastaveného dychového objemu. Tu sa mení veľkosť jednotlivých inspiračných tlakov (PIP) v závislosti od aktuálnej compliance pľúc a odporu dýchacích ciest.

2. tlakovo limitované, časovo cyklované (tzv. tlakové ventilátory) s/bez kontinuálneho prietoku.

Ventilátor ukončí inšpírium po dosiahnutí nastaveného PIP. Tu sa mení veľkosť jednotlivých dychových objemom v závislosti od aktuálnej compliance pľúc.

3. kombinované.

Všetky skupiny ventilátorov môžu mať pridanú jednu alebo všetky nasledovné schopnosti:

- a) **asistovanú formu dýchania** (synchronizovanú s dychovým úsilím pacienta) s jednou alebo dvomi spúšťacími premennými (tlak, prietok) s/bez možnosti regulácie ich citlivosti,
- b) **podpornú formu dýchania** (označovanú ako tlaková podpora, objemová podpora, CPAP, BiPAP),
- c) systém umožňujúci **spontánne dýchanie**,
- d) systém umožňujúci **neinvazívnu ventiláciu**.

Typy ventilácie

1. Riadená ventilácia

Riadené dýchanie je spustené, limitované a cyklované ventilátorom. Pacient nemá žiadne dychové úsilie.

2. Asistovaná ventilácia

Asistované dýchanie je spustené pacientom, limitované a cyklované ventilátorom. Pacient musí vyvinúť spontánne dychové úsilie k spusteniu nádychu v závislosti od typu a nastavenia spúšťacej premennej.

3. Podporná ventilácia

Podporné dýchanie je spustené a cyklované pacientom. Limitované je ventilátorom. Pacient zaháji a ukončí nádych a ventilátor dodá nastavené limitujúce premenné.

Typ dýchania	Fázová premenná		
	spúšťacia	limitujúca	cyklická
Spontánne	pacient	pacient	pacient
Riadené	ventilátor	ventilátor	ventilátor
Asistované	pacient	ventilátor	ventilátor
Podporné	pacient	ventilátor	pacient

Najnovšie generácie ventilátorov môžu kontinuálne monitorovať všetky kontrolované a fázové premenné.

Taktiež ich môžu aktuálne meniť od jedného dychového cyklu ku druhému.

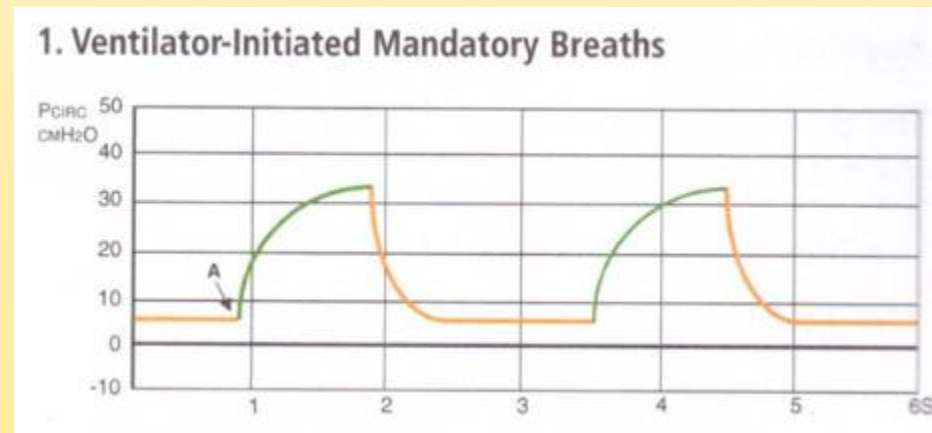
Dokážu súčasne kontinuálne počítat' compliance a odpor a to nielen číselne ale aj zobrazit' príslušné krivky.

Tým sa kontrolované a fázové premenné stávajú **tzv. podmienenými premennými**, pretože sa môže pred každým dychom meniť vzájomné nastavenie kontrolovaných a fázových premenných podľa aktuálnych podmienok a stavu pacienta.

Typ dýchania	Fázová premenná		
	spúšťacia	limitujúca	cyklická
Spontánne	pacient	pacient	pacient
Riadené	ventilátor	ventilátor	ventilátor
Asistované	pacient	ventilátor	ventilátor
Podporné	pacient	ventilátor	pacient

I. Riadená (kontrolovaná) ventilácia

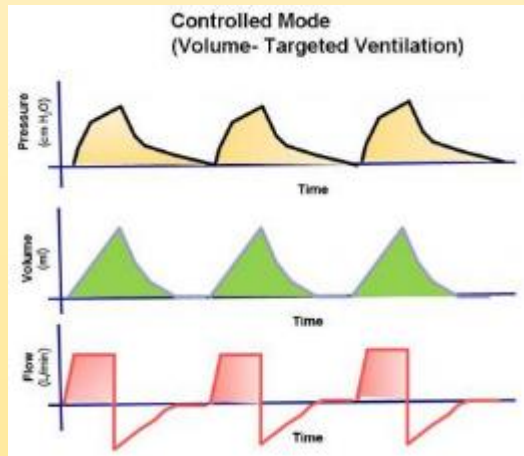
- každý dych je plne generovaný a podporovaný ventilátorom, bez ohľadu či pacient dýcha lebo nedýcha.
- v klasickom kontrolovanom móde pacient nie je schopný dýchať.
- pri konvenčnom kontrolovanom móde nie je možné doceliť weaning znižovaním počtu dychov.
- pri prebúdzaní často vzniká asynchrónia ventilátor-pacient.
- pacienti vyžadujú sedáciu a/alebo myorelaxanciá.
- novšie prístroje už umožňujú typy kontrolovaných módov s asistovanou ventiláciou, kde každý pacientov dych je plne podporovaný prístrojom.



I. Riadená (kontrolovaná) ventilácia

Objemová ventilácia (VCV - volume control ventilation)

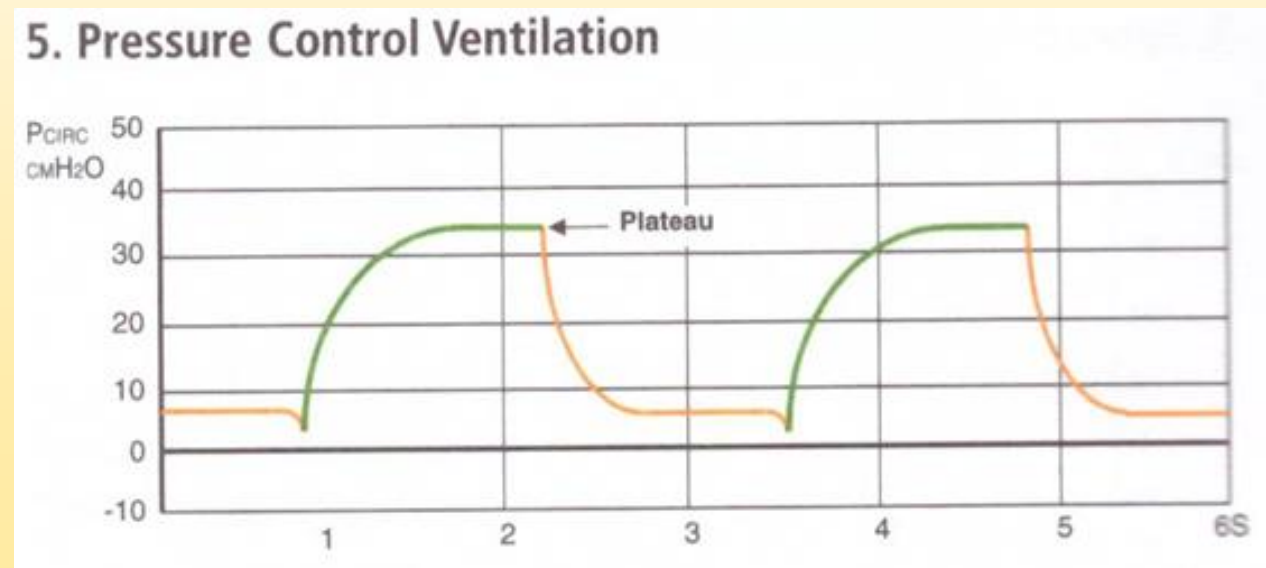
- ventilátor dodá nastavený V_t počas nastaveného T_i v zvolenej frekvencii.
- obvykle sa používa konštantný prietok.
- cyklickou premennou je čas.
- výhodou je dodávanie konštantných dychových objemov a minútovej ventilácie (MV)
- väčšina ventilátorov umožňuje použiť tzv. inspiračnú pauzu vyjadrenú v % z T_i .
- ak ju použijeme ventilátor po dodaní príslušného V_t predĺži inspírium ponechaním uzavretého ventilu, čím sa udržiava pretlak v dýchacích cestách bez prietoku. Inspiračná pauza umožňuje lepšiu redistribúciu vzduchu v pľúcach a na tlakovej krivke sa zobrazí ako tzv. palteau (Pplat-plateau pressure).



I. Riadená (kontrolovaná) ventilácia

Tlaková ventilácia (PCV - pressure control ventilation)

- ventilátor dodá pozitívny tlak do úrovne nastavenej hodnoty počas zvoleného T_i a frekvencie.
- prietok má deceleračný charakter. V_t a MV nie sú konštantné a závisia na odpore a compliance pľúc.
- výhodou je presná tlaková regulácia ventilácie.



II. Asistovaná ventilácia (A-assist alebo S-synchronized)

- v podstate je totožná s riadenou ventiláciou.
- ventilátor má však možnosť niektorej z foriem asistovaného dýchania so spúšťajúcou premennou.
- ventilátor čaká na dychové úsilie pacienta a po jeho rozpoznaní dodá mechanický dych podľa dopredu nastavených parametrov v objemovom alebo tlakovom režime.
- Ak pacient prestane dýchať ventilátor sa automaticky prepne do riadeného režimu.
- Výhodou je synchronizácia mechanického dychu s dychom pacienta (zníženie dychovej práce, stresu a traumatizácie pacienta).

II. Asistovaná ventilácia

Asistovaná/kontrolovaná ventilácia (A/C) - assist/control)

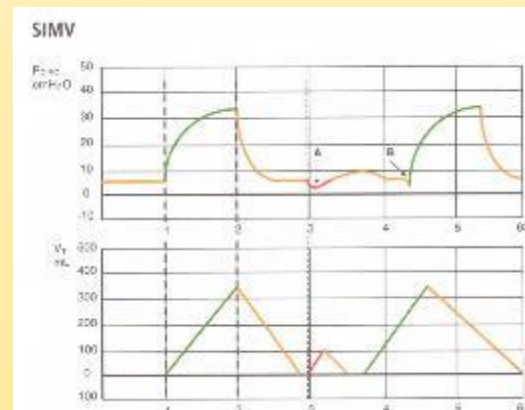
- ventilátor dodá nastavený objemový alebo tlakový dych pri každom spontánnom dychu pacienta.
- každý pacientov dych je asistovaný ventilátorom, bez ohľadu na nastavenú frekvenciu.
- pokiaľ je nastavená frekvencia nižšia ako pacientova, riadi sa ventilátor pacientovou frekvenciou.
- ak pacient presáva dýchať, ventilátor dodá počet dychov podľa nastavenej frekvencie.
- môže vzniknúť hypoventilácia a weaning nemusí byť bezproblémový.

II. Asistovaná ventilácia

Intermitentná a synchronizovaná intermitentná ventilácia

(IMV -intermitent mandatory ventilation, SIMV - synchronized IMV)

- pri IMV režime ventilátor dodá dopredu nastavený počet mechanických dychov.
- medzi jednotlivými dychmi pacient dýcha spontánne.
- pri režime SIMV sú mechanické dychy synchronizované s dychovým úsilím pacienta.
- predurčený počet dychov je synchronizovaný.
- ostatné spontánne dychy nad tento nastavený počet nie sú asistované.
- ak pacient prestane dýchať, ventilátor dodá počet nastavených dychov.
- tieto režimy umožňujú postupné znižovanie mechanickej podpory a súčasnú synchronizáciu s pacientom.



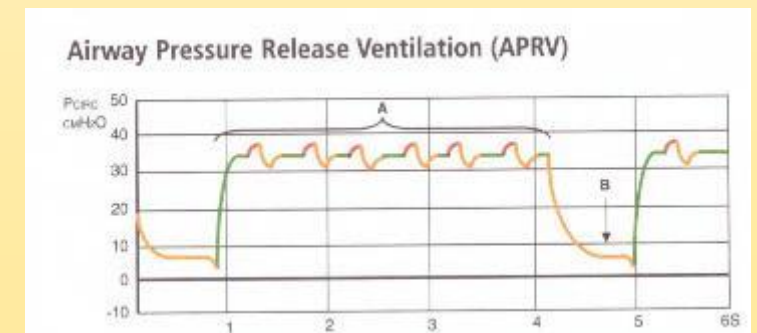
II. Asistovaná ventilácia

Regulovaná minútová ventilácia (MMV - mandatory minute ventilation)

- pacient dýcha spontánne a ventilátor meria dychové objemy v určitých intervaloch.
- ak pacient nedosiahne požadovanú hodnotu, ventilátor dodá dych v objemovom/tlakovom režime, tak aby kompenzoval chýbajúci V_t a aby zabezpečil prednastavenú MV.
- ak pacient prestane dýchať ventilátor sa prepne do zvoleného riadeného režimu.

Dvojúrovňová ventilácia (APRV- airway pressure release ventilation)

- pacient dýcha spontánne na dvoch úrovniach pozitívneho tlaku (vyššej a nižšej - P_{high} , P_{low}), ktoré ventilátor mení v nastavených intervaloch (T_{high} a T_{low}) a hodnotách.
- Používa sa kontinuálny prietok (CPAP).



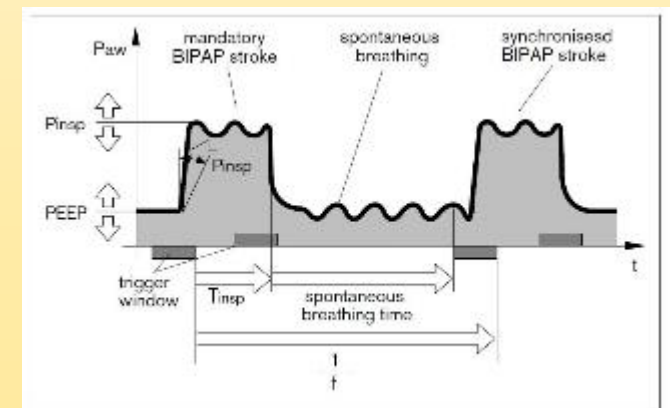
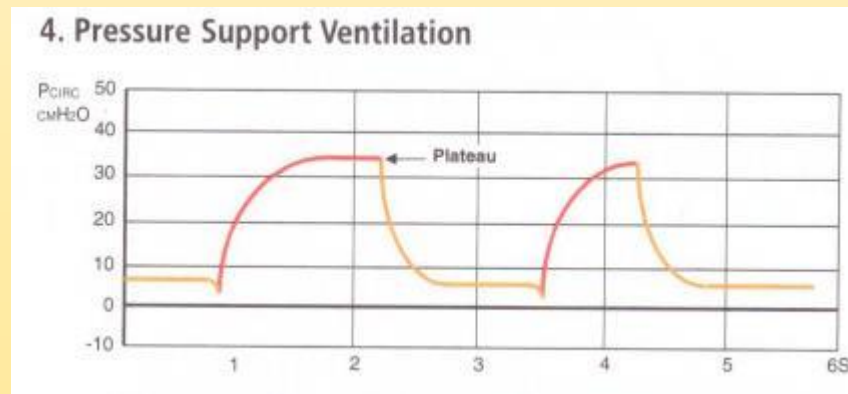
III. Podporná ventilácia

- jej primárnou úlohou je zlepšiť koordináciu pacienta s ventilátorom.
- pacient však musí spontánne dýchať.
- môže sa použiť ako samostatný režim, v spojení s iným režimom alebo pri odpájaní.

III. Podporná ventilácia

Tlaková podpora (PS - pressure support alebo i BiPAP)

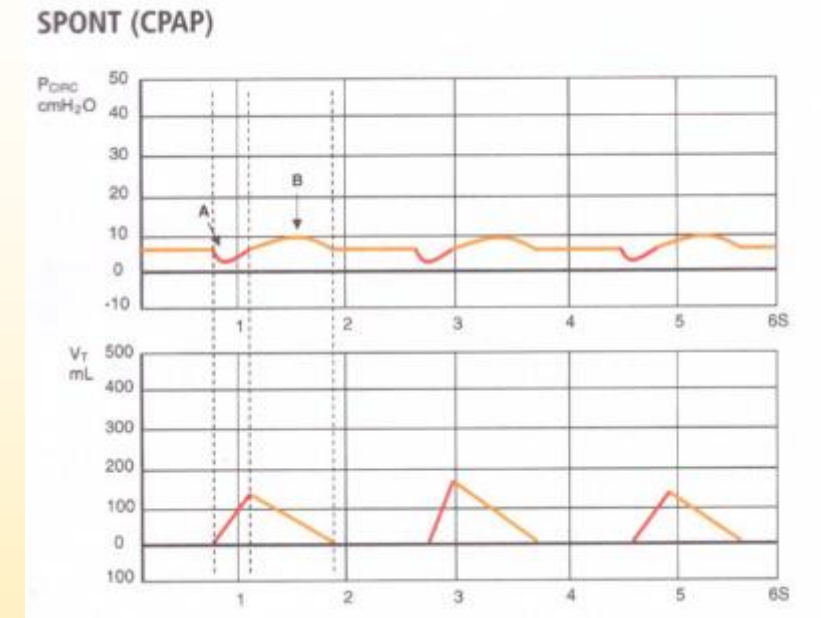
- pacient dýcha spontánne a každý jeho dych je podporovaný ventilátorom do výšky dopredu nastaveného pozitívneho tlaku, vo forme tlakovo limitovanej prietokom cyklovanej ventilácie.
- podpora ventilátorom je synchronizovaná s inspiračným úsilím.
- ventilátor otvorí výdychový ventil vtedy, keď sa rýchlosť inspiračného prietoku zníži na vopred nastavenú hodnotu. Obvykle 5-20% iniciálnej rýchlosti. Pacient tak reguluje začiatok aj koniec inšpiria, hĺbku vdychu a prietok.
- dodaný V_t závisí na nastavenom tlaku, pacientovom úsilí, odporu DC a compliance.



III. Podporná ventilácia

Kontinuálny pozitívny tlak (CPAP - continuous positive airway pressure)

- ventilátor udržiava stály nastavený pretlak v dýchacích cestách.
- pacient dýcha spontánne.
- prietok je kontinuálny alebo separátny - podľa typu prístroja.



Objemová podpora (VSV - volume support ventilation)

- tlakovo limitovaná, prietokom cyklovaná ventilácia s zaistením nastaveného V_t alebo MV.
- ventilátor sleduje V_t jednotlivých dychov a pokiaľ sa nedosiahne nastavená hodnota, doplní ju zvýšením tlakovej podpory.

Novšie typy ventilačných módov

Neinvazívna ventilácia (NIV - noninvasive ventilation)

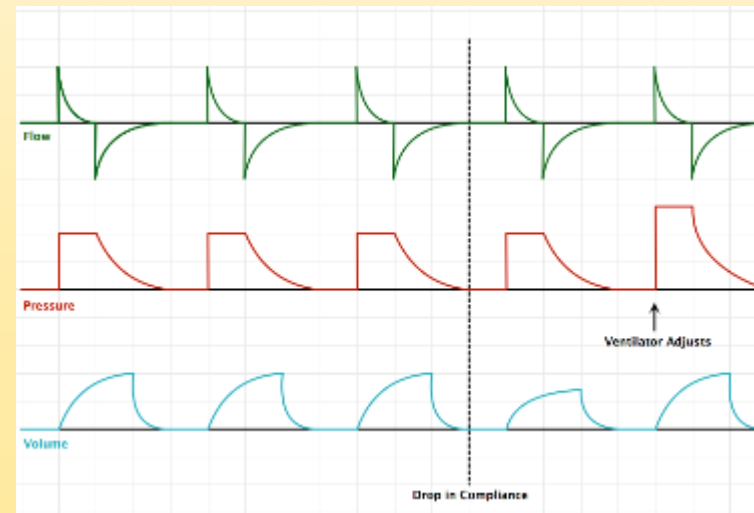
- ventilačný mód, kde je podporovaný dych pacienta dodaním mechanického asistovaného dychu a to bez potreby intubácie pacienta.
- je to pre pacienta komfortná metóda, nie je potrebná analgosedácia resp. minimálna analgosedácia.

NIV rozdeľujeme na:

1. ventiláciu negatívnym tlakom (NPV - negative pressure ventilation)
2. neinvazívnu ventiláciu pozitívnym tlakom (NIPPV - noninvasive positive pressure ventilation).

PRVC (Pressure-regulated volume control)

- predstavuje dvojito kontrolovaný (hybridný) ventilačný mód, pri ktorom sú dychy mandatórne, dychová frekvencia fixná a inspiračné tlaky varujú na dosiahnutie prednastaveného dychového objemu.
- ventilátor dosahuje predvolené dychové objemy tlakovo riadenou dodávkou plynov, za čo najnižších inspiračných tlakov.
- využíva sa pri protektívnej ventilácii pľúc, nakoľko variabilné špičkové inspiračné prietoky redukujú dychovú prácu pacienta viac ako fixné prietoky.



ASV (Adaptive support ventilation)

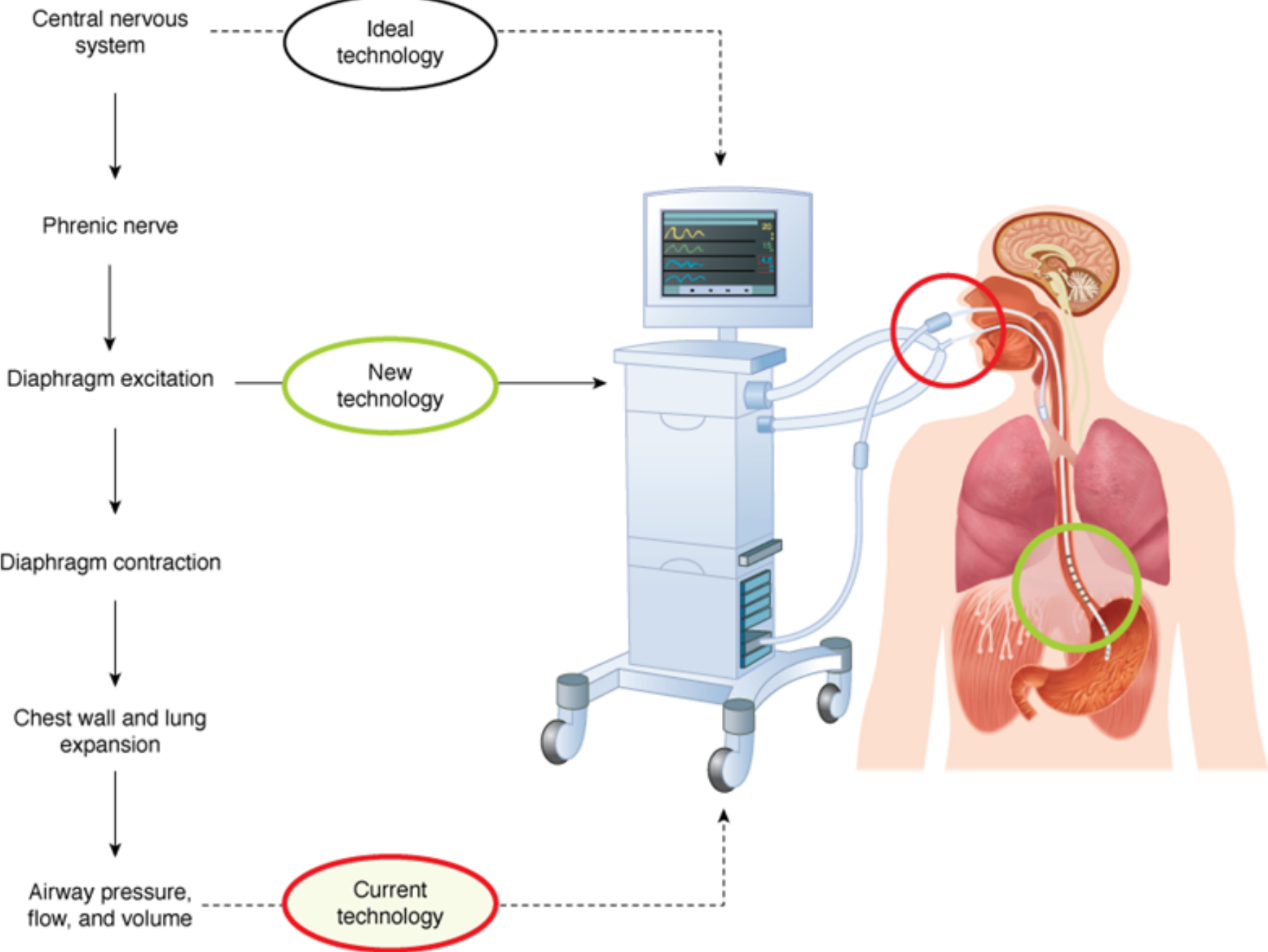
- tlakovo riadený ventilačný režim optimalizujúci vzťah medzi dychovým objemom a dychovou frekvenciou prispôbovaný mechanike pľúc, na dosiahnutie adekvátnej minútovej ventilácie.
- na ventilátore sa nastaví maximálny tlak a požadovaná minútová ventilácia
- ventilátor si automaticky určí cieľové vzorce podľa zadaných nastavení a zároveň monitoruje respiračné dáta (rezistenciu, compliance, auto-PEEP).



NAVA (neurally adjusted ventilatory assist)

- nový revolučný prístup k ventilácii pacientov.
- metóda mechanickej ventilácie, riadená mozgovými signálmi (t.j. stimuláciou brušnej nervovej membrány), ktorá zlepšuje interakciu medzi pacientom a ventilátorom.
- pomocou NAVA NGS sondy vieme merať elektrickú aktivitu bránice (Edi signál).
- vieme zmerať jeho intenzitu a kvalitu. Edi signál je vlastne elektrickým triggerom pacientovi vlastným, ktorý okamžite spustí dychový cyklus.
- priame meranie Edi signálu a jeho kvality a intenzity je pacientovi vlastné, zaznamenáva jeho stimuláciu z dychového centra, je rýchle a priamo odzrkadľuje aktuálny stav spontánnej dychovej aktivity pacienta.

Neuroventilatory coupling



Zásady protektívnej ventilácie pľúc

- považujeme ju za štandard pri UPV.
- naďalej sme odkázaní na poznatky od dospelých intenzivistov.
- UPV síce nahrádza jednu zlyhanú vitálnu funkciu, ale stále je to „nefyziologická ventilácia“.
- UPV môže viesť k ventilátorom indukovanému poškodeniu pľúc (VILI syndróm).
- UPV je nástroj na obnovu vitálnej funkcie, ale v rukách neskúseného intenzivistu sa stáva „zbraňou“ závažne poškodzujúcou už aj tak kriticky chorého pacienta.

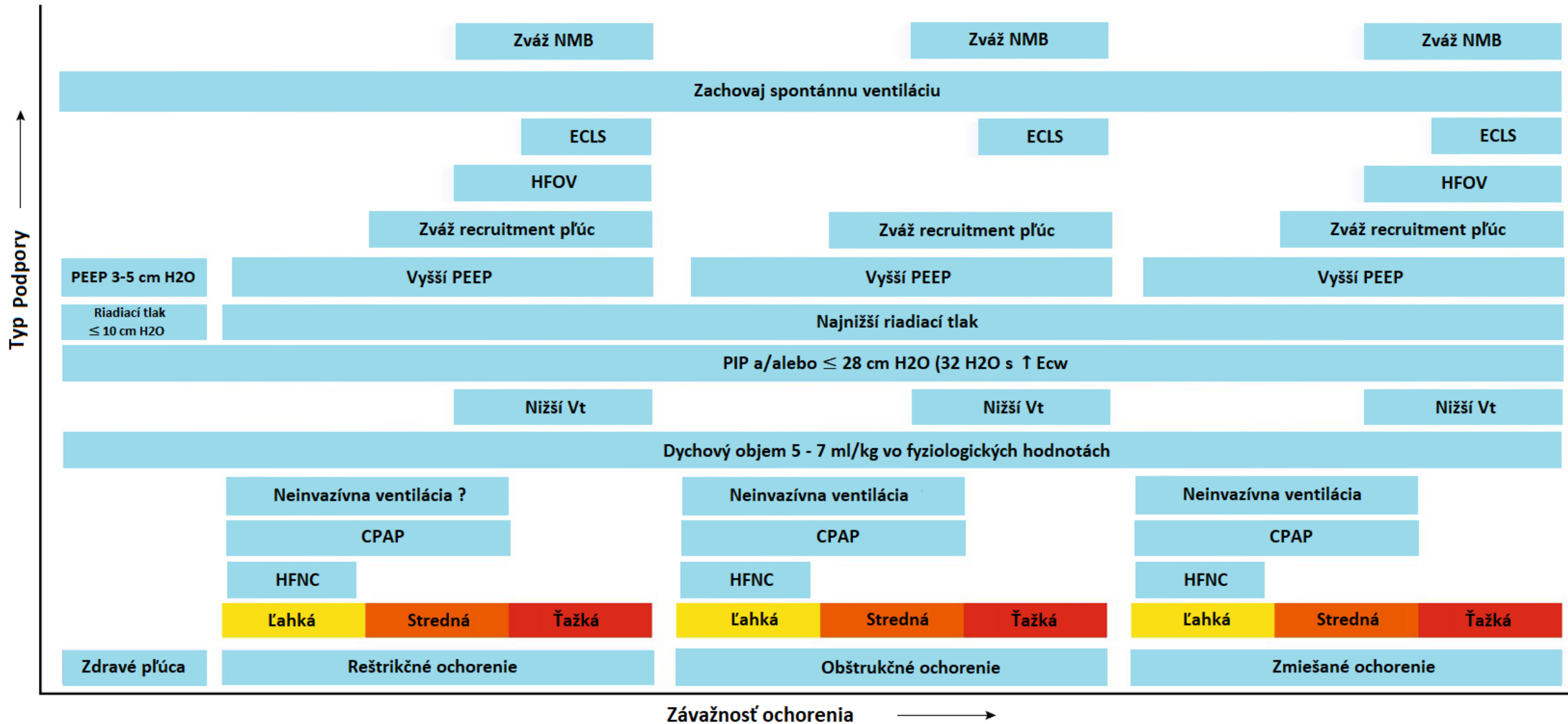
Zásady sú jednoduché - **nízkoobjemová tlakovo limitovaná ventilácia:**

- nastaviť dychový objem V_t 4-8 ml/kg prediktívnej telesnej hmotnosti,
- limitácia inspiračného tlaku P plateau < 30 cmH₂O
- navodenie permissívnej hyperkapnie
- stratégia „open lung tool“ - otvoriť a nenechať skolabovať atelektatické časti pľúc správnym nastavením PEEP.

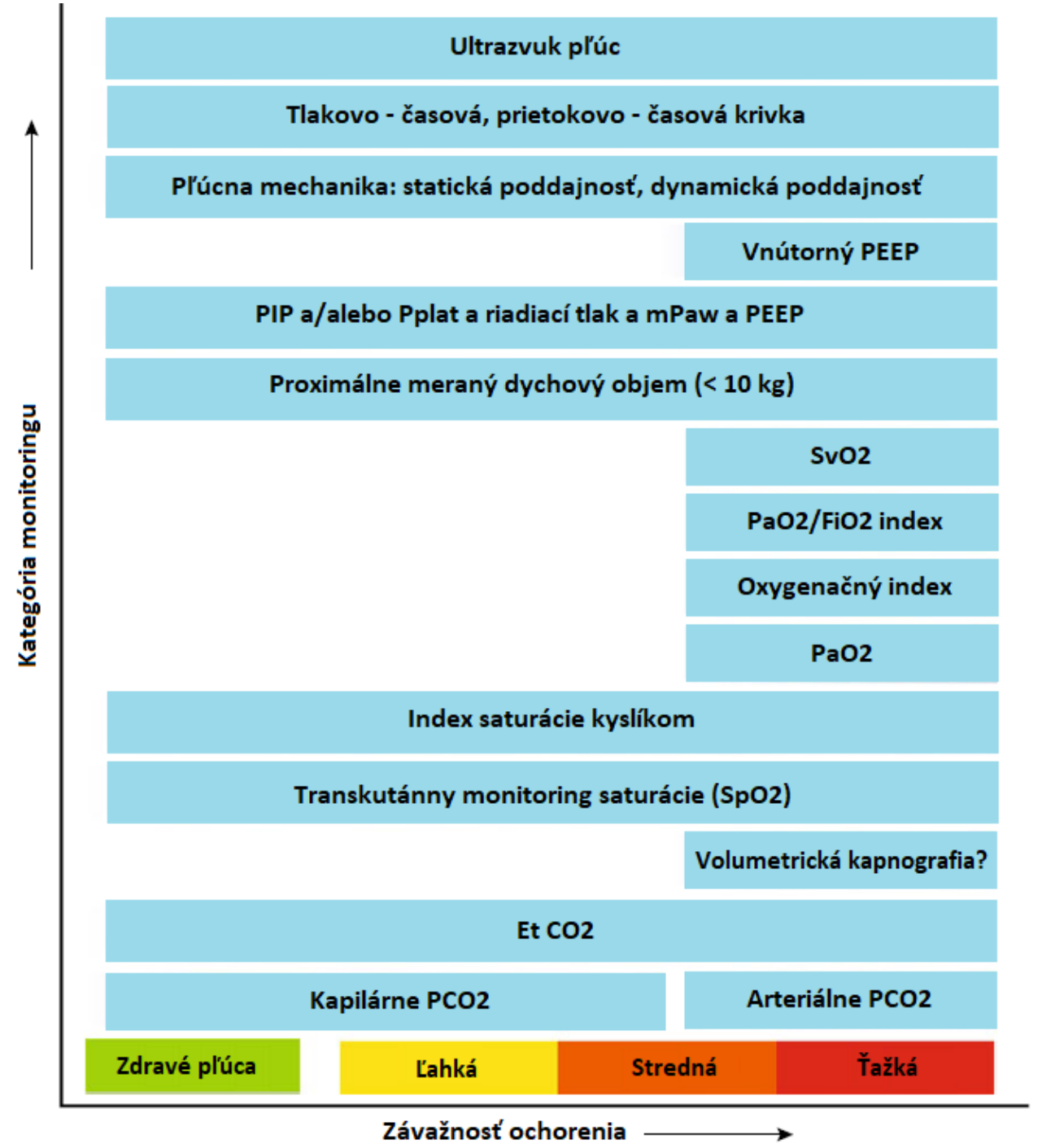
Výber najvhodnejšej ventilačnej stratégie

- ventilačných módov a stratégií je relatívne veľký počet a stále nám pribúdajú nové.
- neexistuje jednoznačné odporúčanie pri akej chorobe, jej intenzite, klinickom stave pacienta, ktorý ventilačný mód použiť, ako najvhodnejšie iníciaľne nastaviť ventilačné parametre, kedy a ako ich meniť.
- odporúčania „Paediatric Mechanical Ventilation Consensus Conference 2017“ sú relatívnej jasné.
- **ALE** - skúsený intenzivista **v tom nájde množstvo prekážok a nejasností**, na ktoré doteraz nie sú známe odpovede.
- v konečnom dôsledku naozaj záleží len na tom, aké bohaté skúsenosti lekár má a ako ich vie pri zmene klinického stavu (počas umelej pľúcnej ventilácie) využiť.

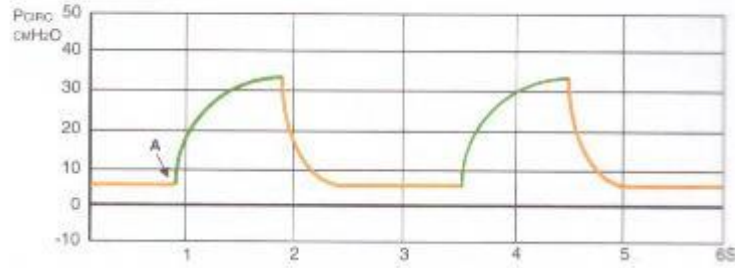
Odporúčania „ventilačných režimov“, „nastavenia ventilátora“ a „podporných meraní“



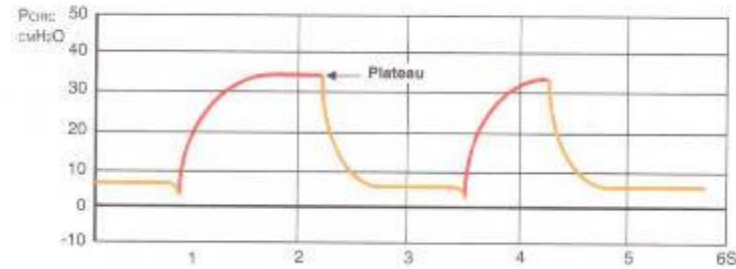
Odporúčania pre monitoring ventilovaných pacientov



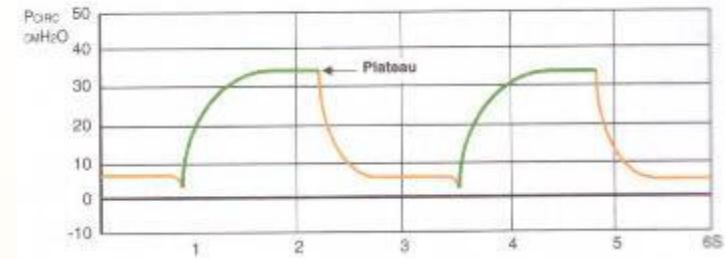
1. Ventilator-Initiated Mandatory Breaths



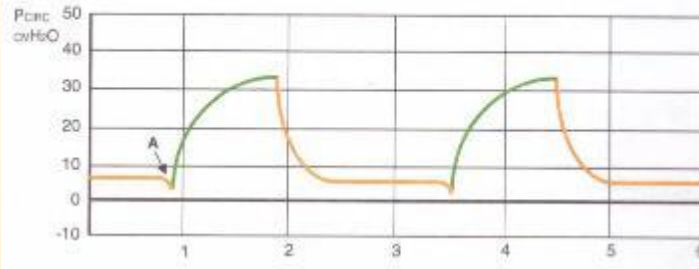
4. Pressure Support Ventilation



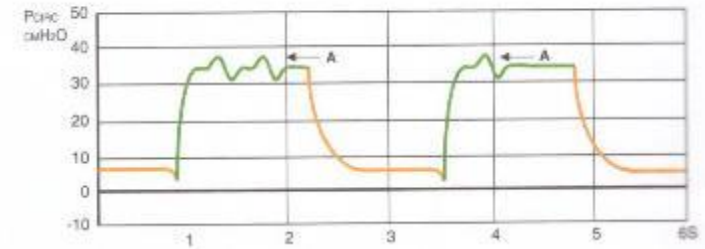
5. Pressure Control Ventilation



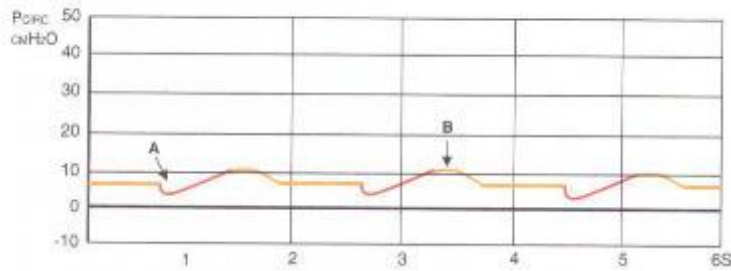
2. Patient-Initiated Mandatory Breaths



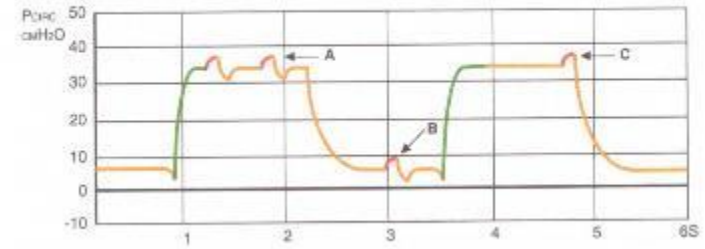
Pressure Control With Active Exhalation Valve



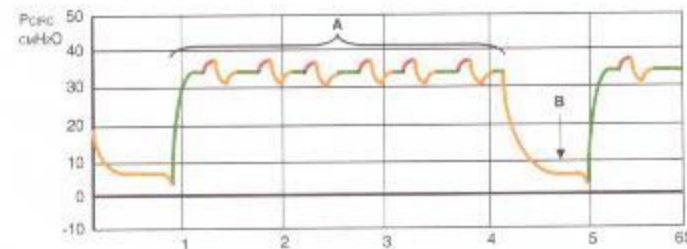
3. Spontaneous Breaths



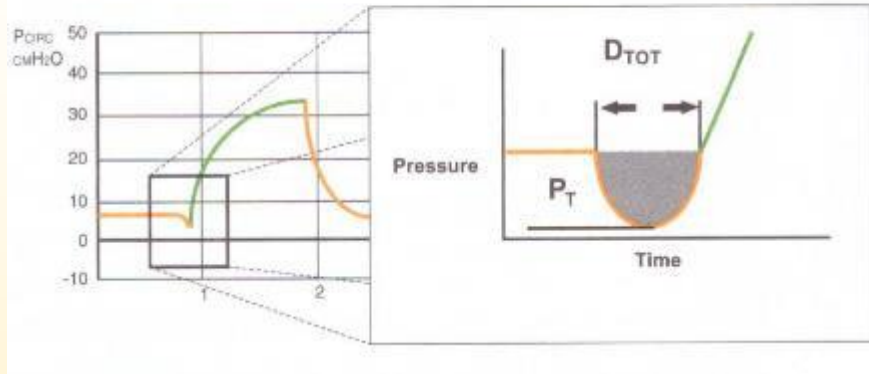
BiLevel Ventilation



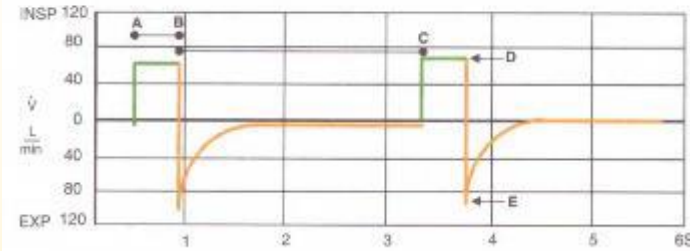
Airway Pressure Release Ventilation (APRV)



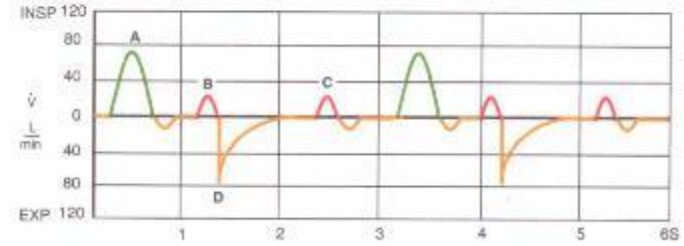
Assessing the Work to Trigger a Breath



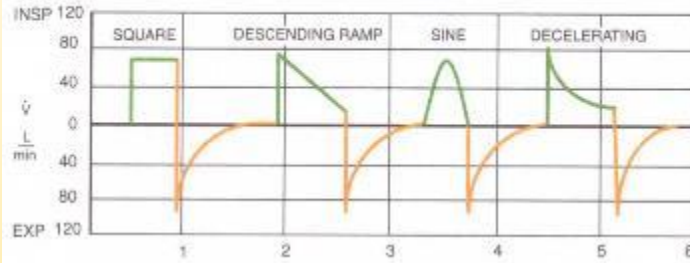
FLOW-TIME CURVES



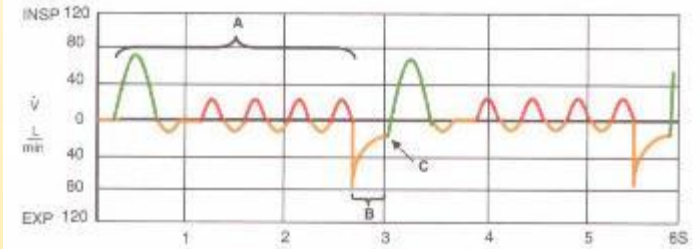
BiLevel Ventilation



Verifying Flow Waveform Shapes



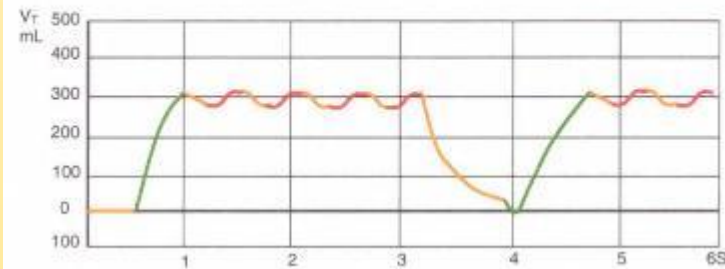
APRV in BiLevel Mode



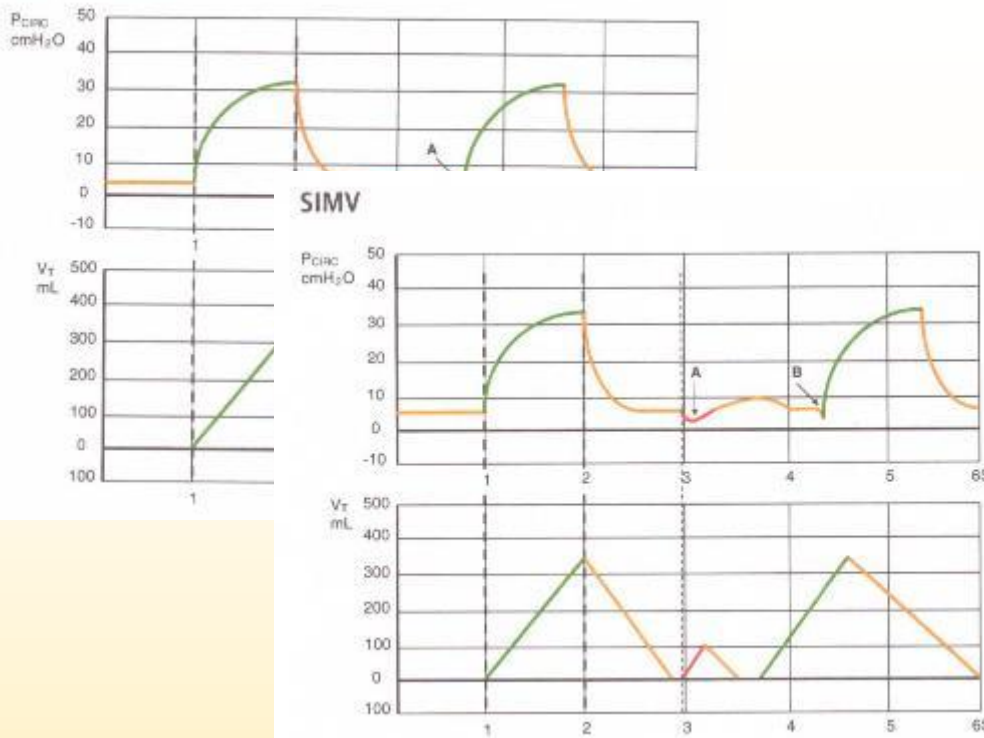
Detecting the Type of Breathing



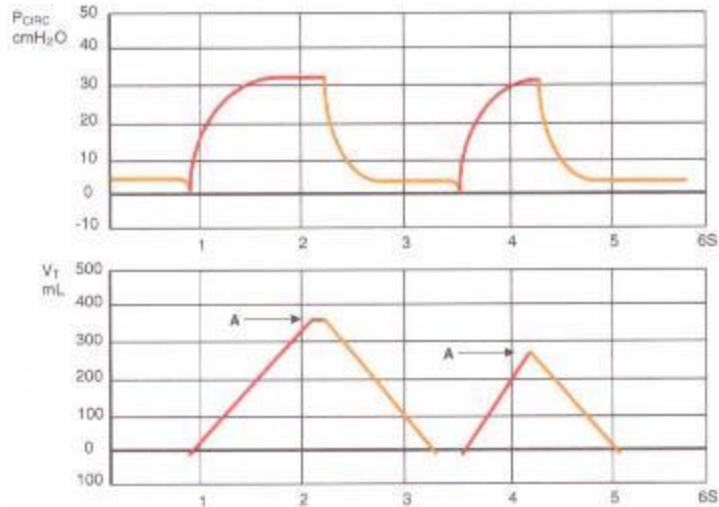
APRV in BiLevel Mode



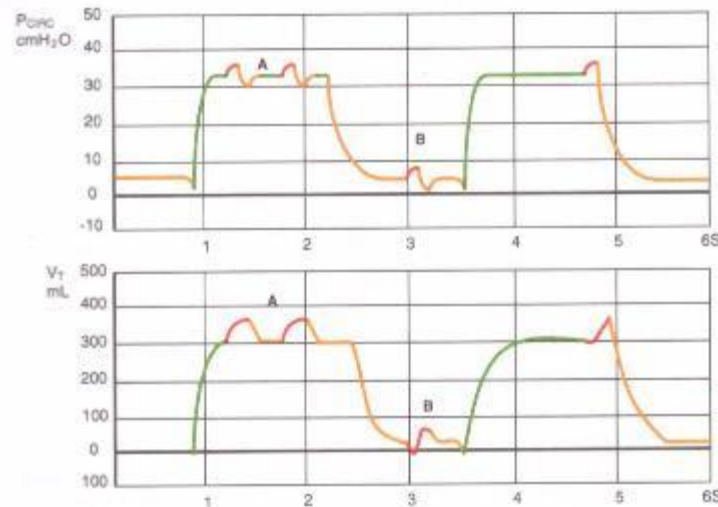
Assist Control



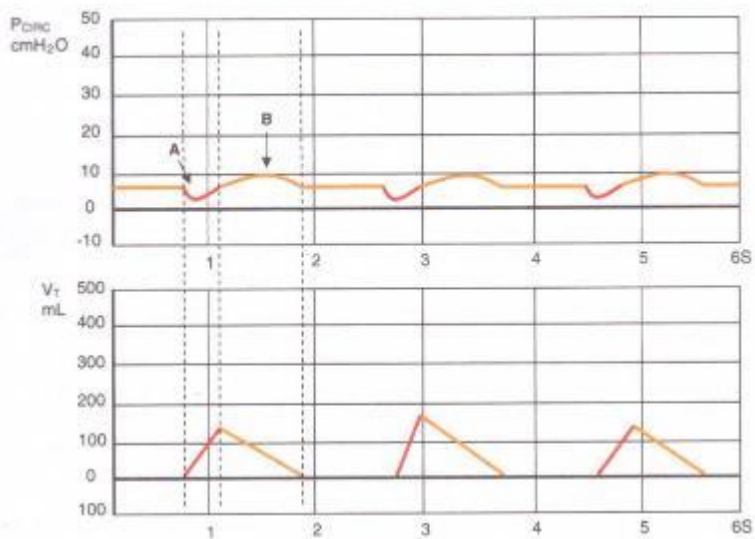
Pressure Support



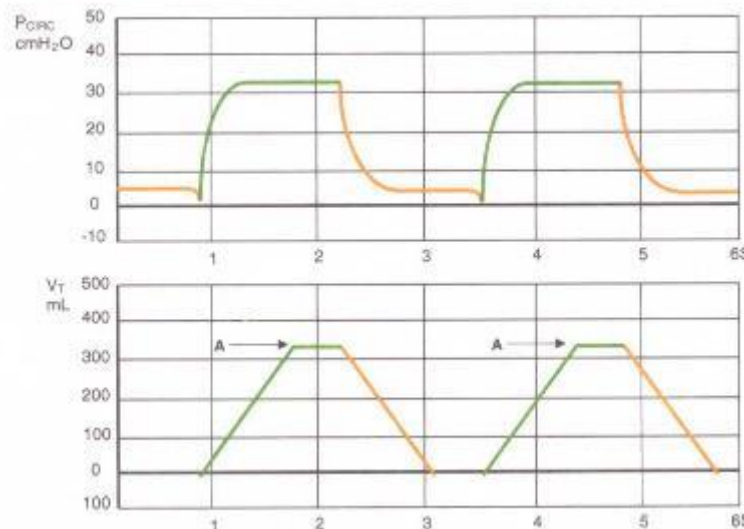
BiLevel Ventilation



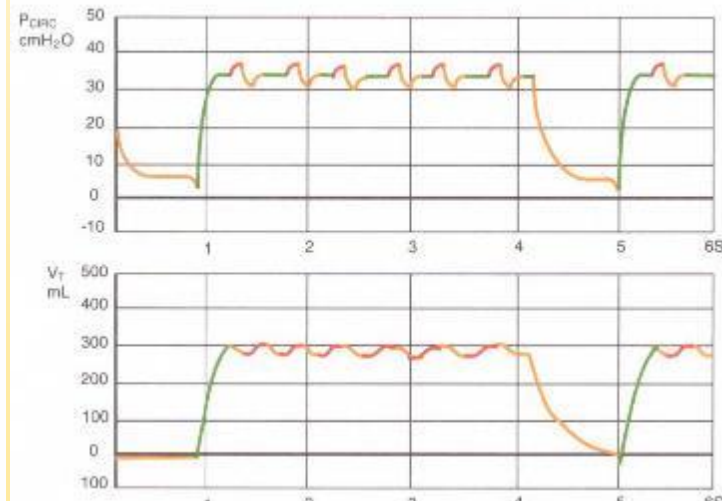
SPONT (CPAP)



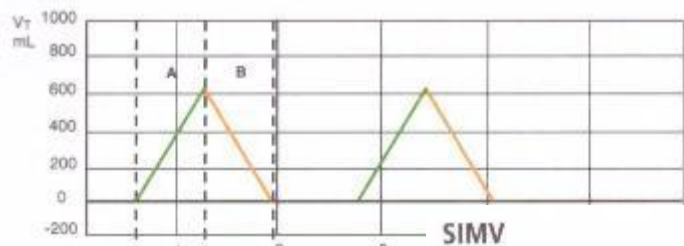
Pressure Control



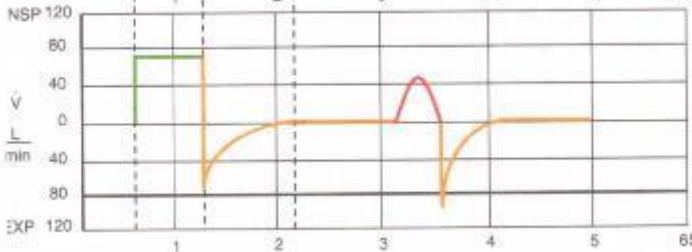
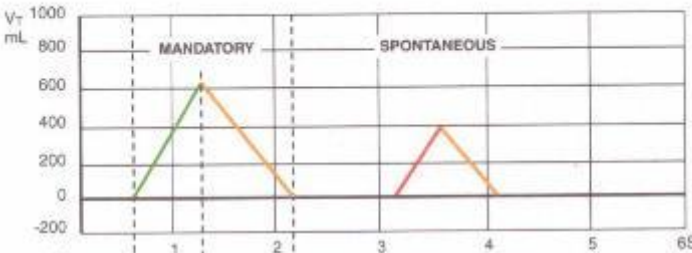
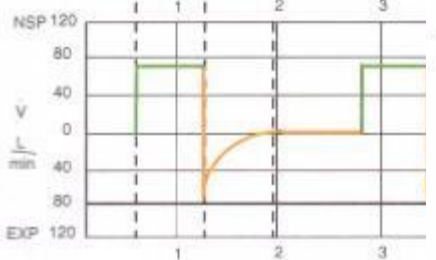
APRV



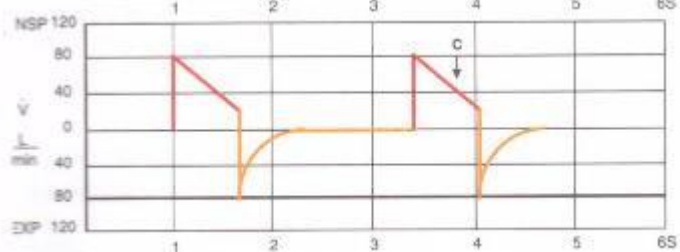
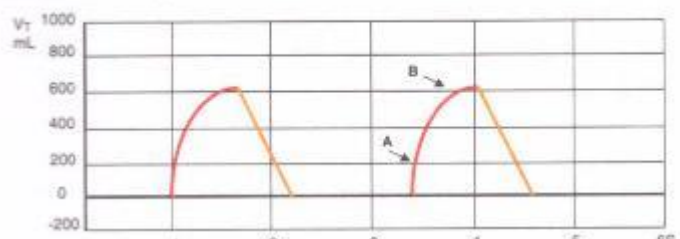
Assist Control



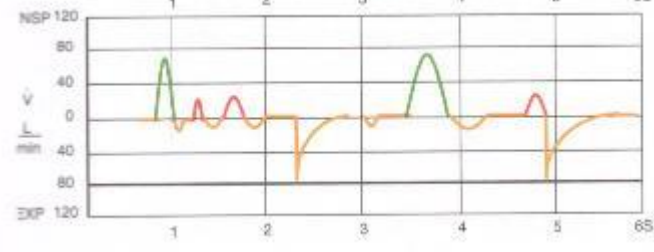
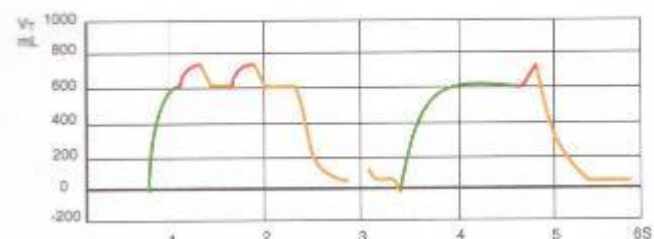
SIMV



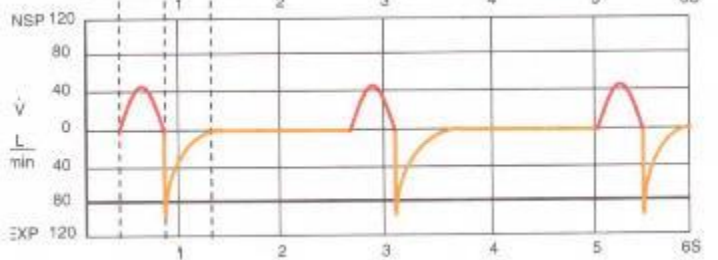
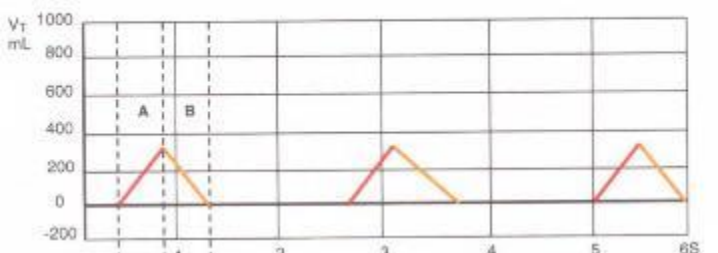
Pressure Support Ventilation



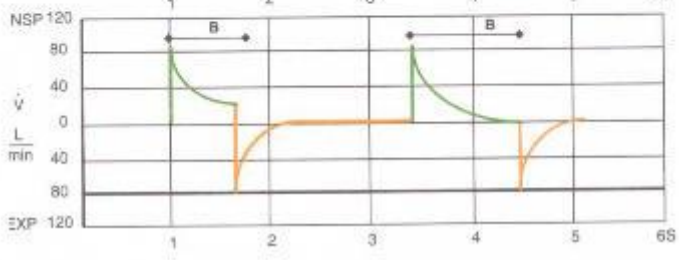
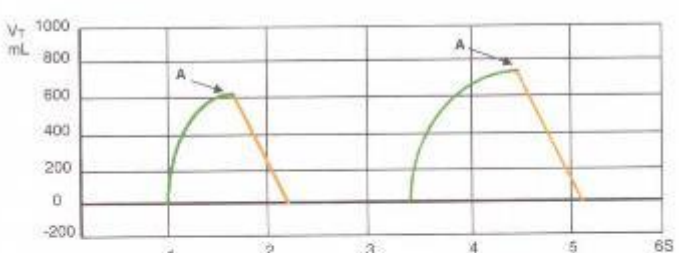
BiLevel



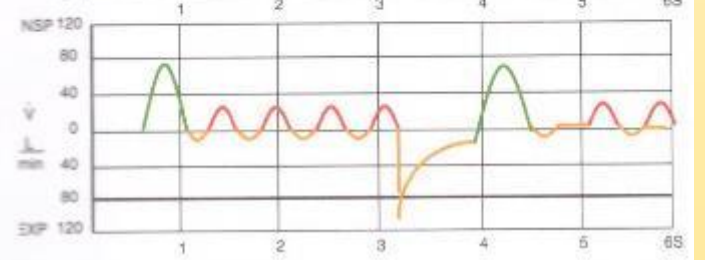
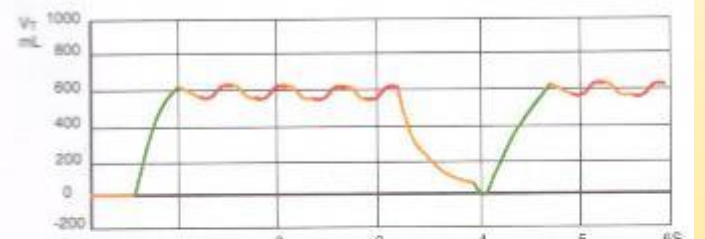
SPONT



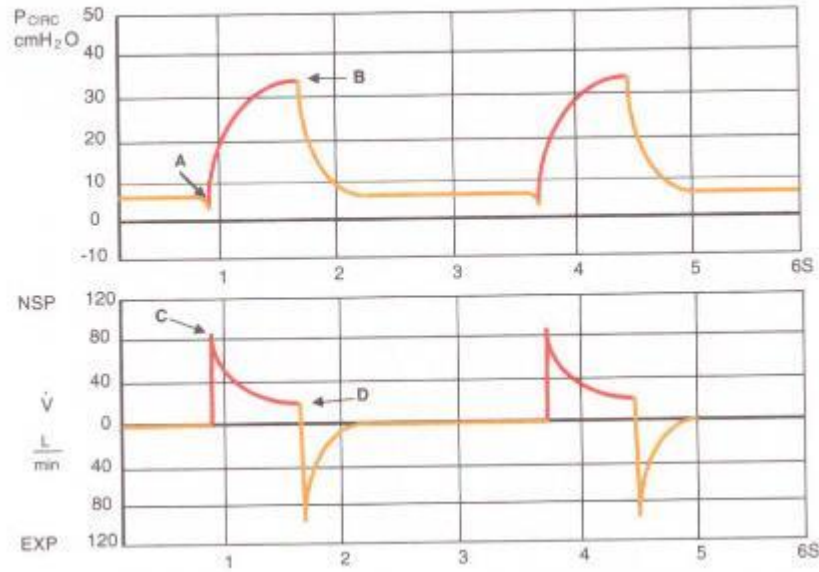
Pressure Control Ventilation



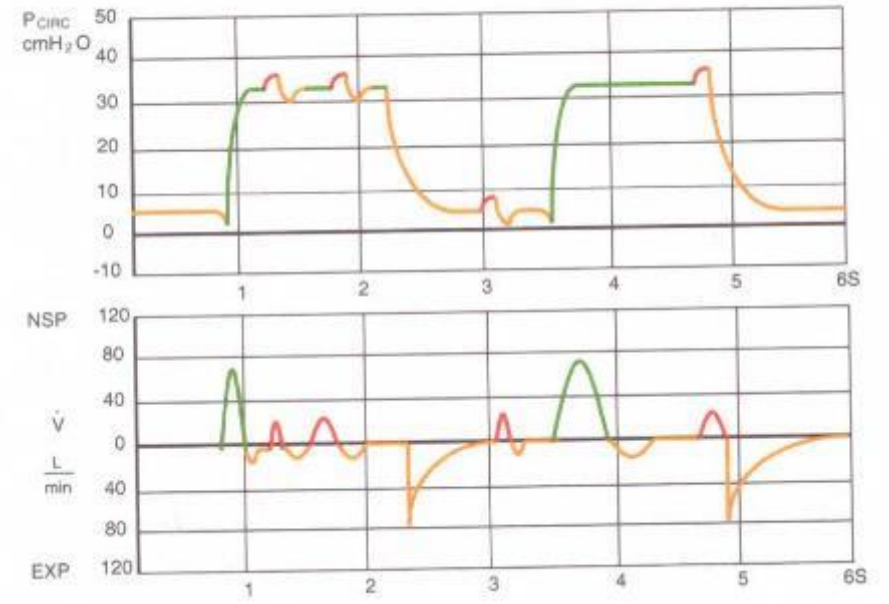
APRV



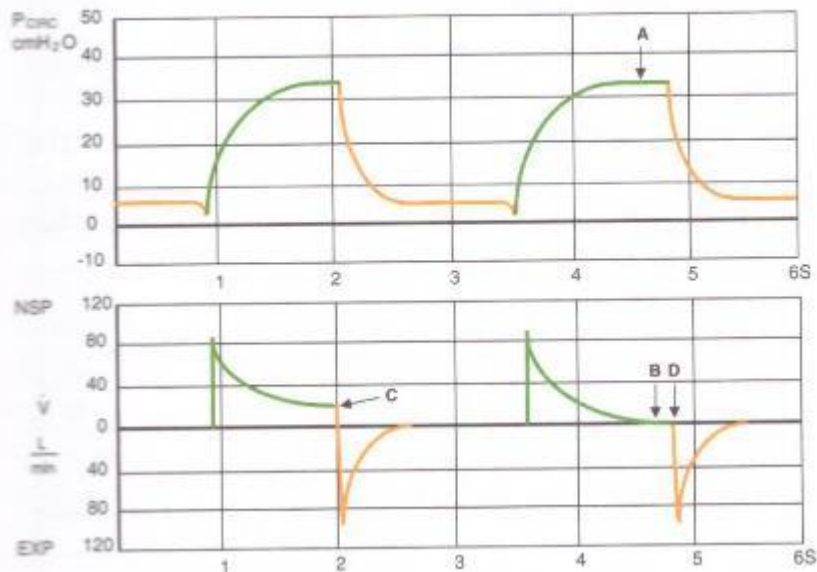
Pressure Support



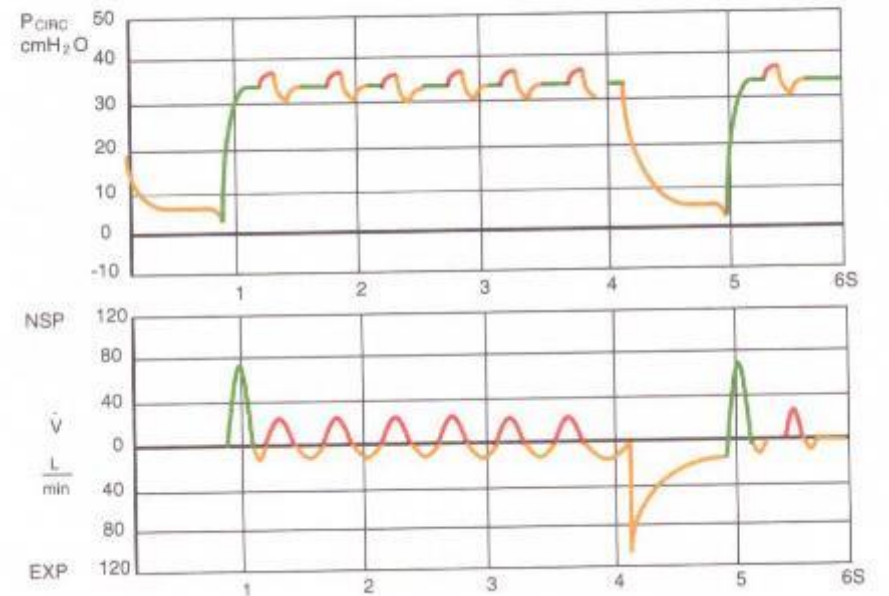
BiLevel



Pressure Control Ventilation



APRV






„**Ventilátor**“ - je automatický mechanický prístroj slúžiaci na výmenu plynov do a z pľúc.

Dýchanie (ventilácia) - dej výmeny plynov do a z pľúc.

Je nevyhnutné aby zmes inspirovaných plynov bola najprv **zvlhčená a ohriata**.





• **ĎAKUJEM ZA POZORNOST**