



Sandija Stanke

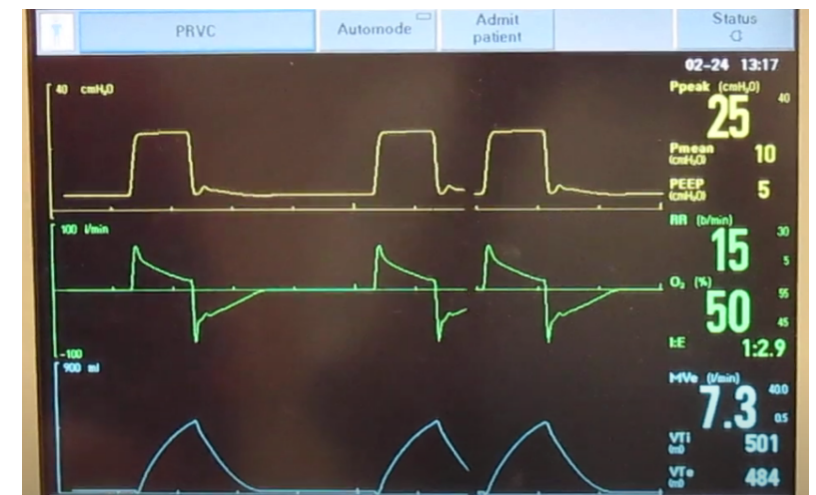
BKUS Neonatoloģijas klīnika

17.12.2024

Volume Targeted ventilācija jaundzimušajiem

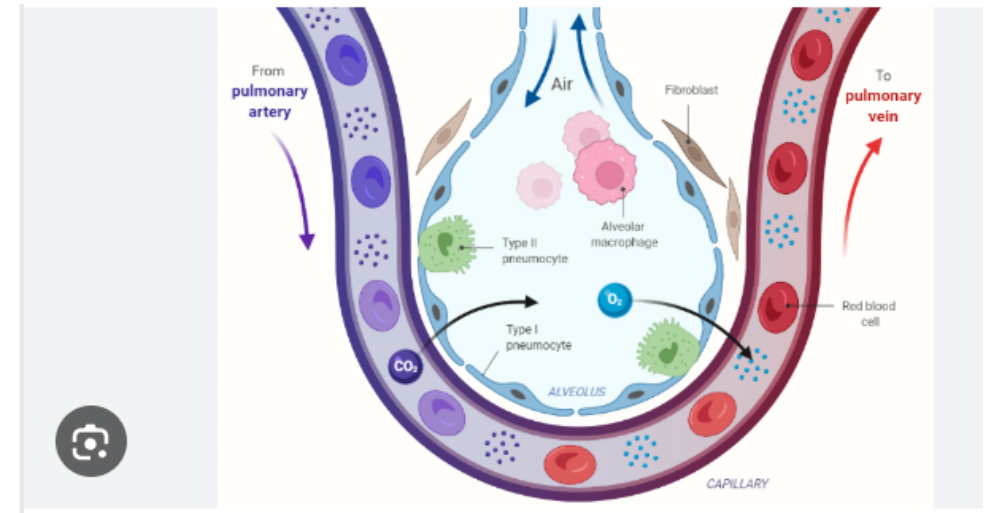
Saturs

- Konvencionālās mākslīgās plaušu ventilācijas pamati
- Termini – Volume targeted ventilācija (VTV), volume guarantee ventilācija (VG)
- Kā darbojas volume targeted (VTV) ventilācijas režīmi,
- VG uzsākšanas un atcelšanas parametri
- Kāpēc jaundzimušajiem, sevišķi priekšlaikus dzimušajiem jālieto VG ventilācija ?
- Kāpēc var neizdoties VG ventilācija?

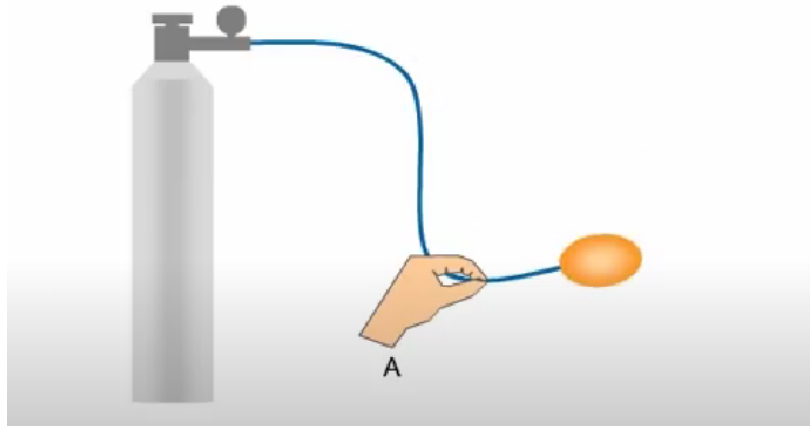


Mākslīgas plaušu ventilācijas (MPV) mērķi ir:

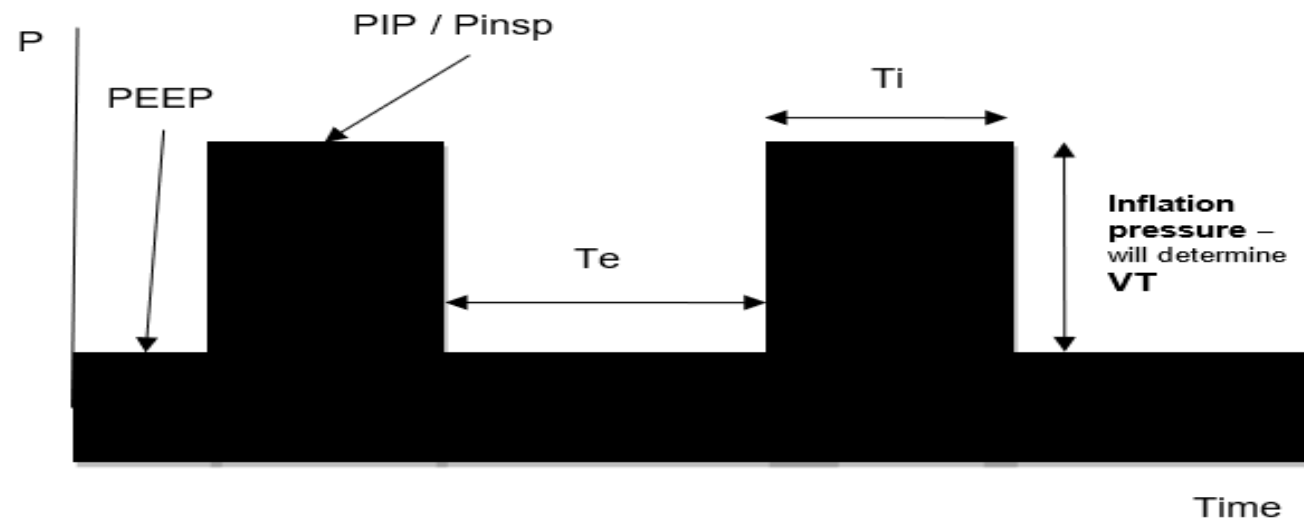
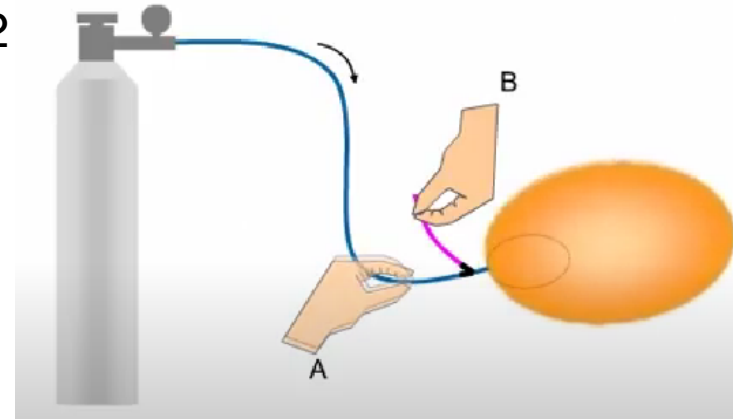
1. Oksigenācija
2. Ogļskābās gāzes izvade no organisma (ventilācija)
3. Oksigenāciju un ventilāciju nodrošināt ar pēc iespējas mazāku MPV radītu plaušu bojājumu (VILI –ventilator induced lung injury)



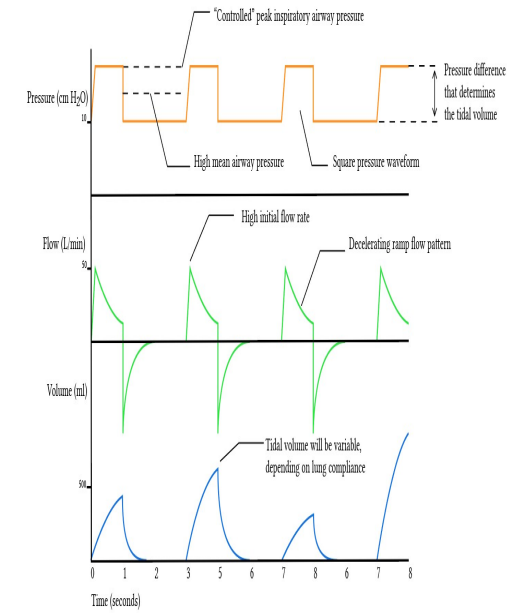
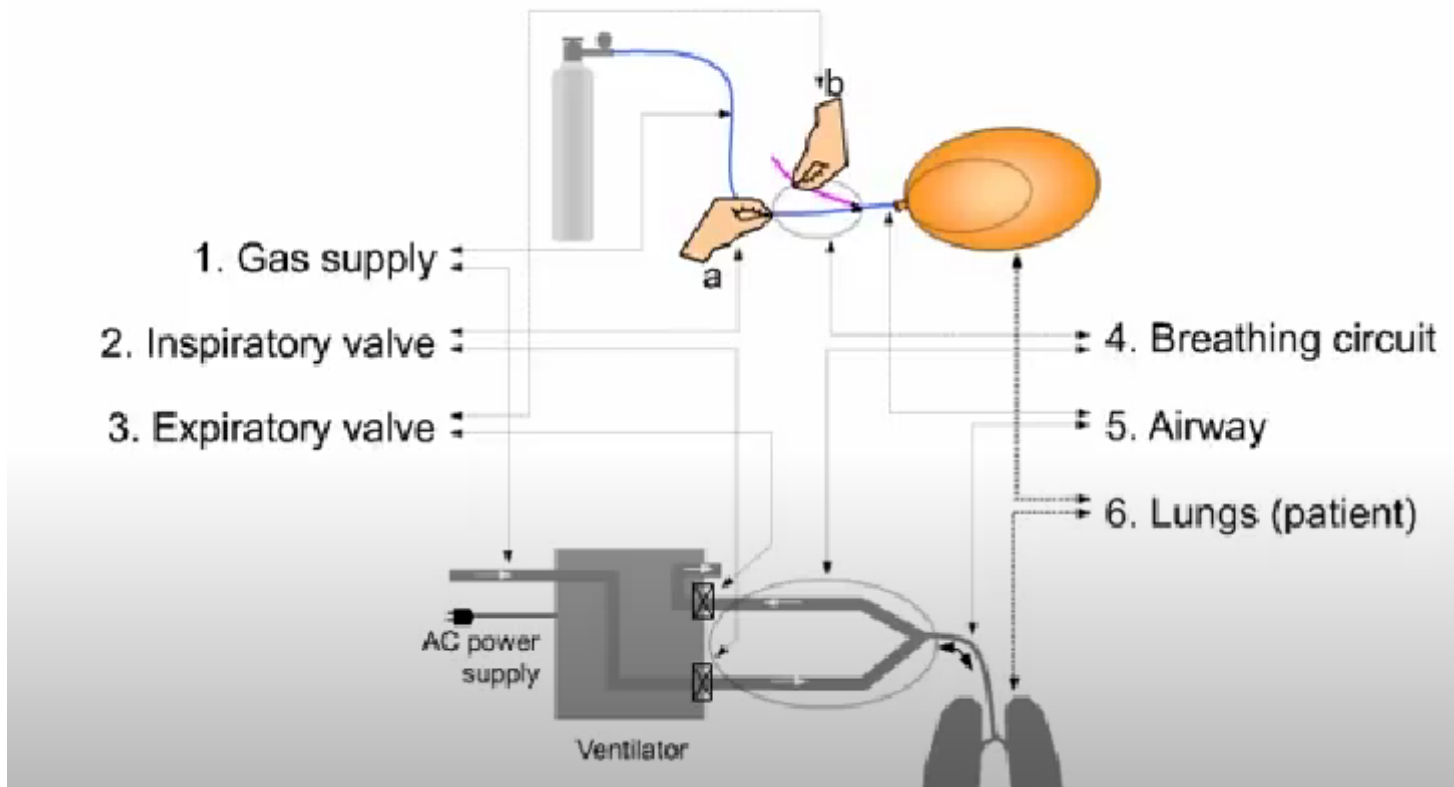
1



2



PIP or P_{insp} = Peak inspiratory pressure (pressure delivered during inspiration)
 PEEP = Positive end expiratory pressure ("baseline" pressure maintained during expiration)
 T_i = Inspiratory time
 T_e = Expiratory time
 Slope (flow rise time)



MPV veidi

Pressure limited (PC)



Volum limited

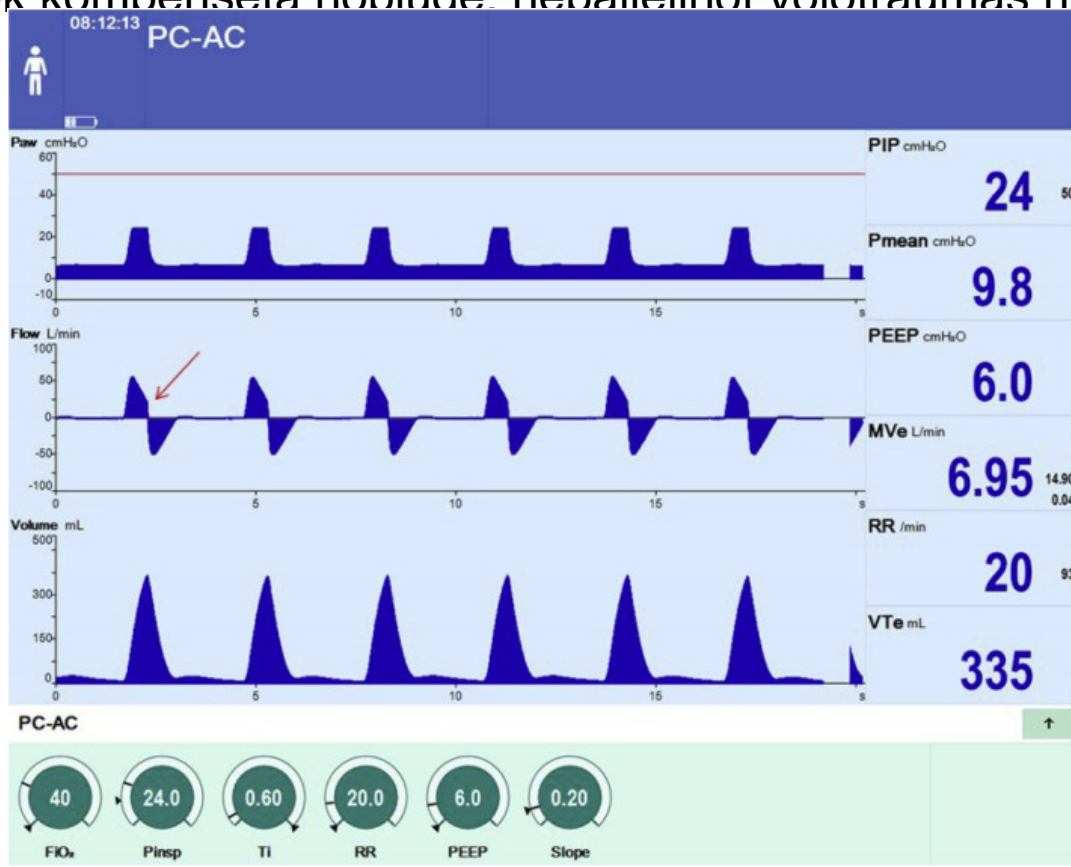


PC +VG

PCV Pressure control ventilācija (PLV Pressure limited)

Ventilators ģenerē konstantu ieelpas spiedienu, uzstādītajā ieelpastilpumū ar konstantu plūsmu uzstādītajā laikā ar uzstādīto frekvenci. Gāzes plūsma ir decelerējoša. PCV priekšrocības, salīdzinot ar VCV:

1. Vajadzīgs zemāks spiediens, lai sasniegtu vajadzīgo tilpumu
2. Alveolās labāk tiek sasniegts vajadzīgais tilpums
3. Labāka oksigenācija
4. Mazāks barotraumas risks
5. Tiek kompensēta noplūde, nepalielinot volotraumas risku



VCV Volum Control ventilācija

Ventilators ģenerē uzstādīto VT (ieelpas tilpumu) ar konstantu plūsmu uzstādītajā laikā ar uzstādīto frekvenci.

VCV priekšrocības:

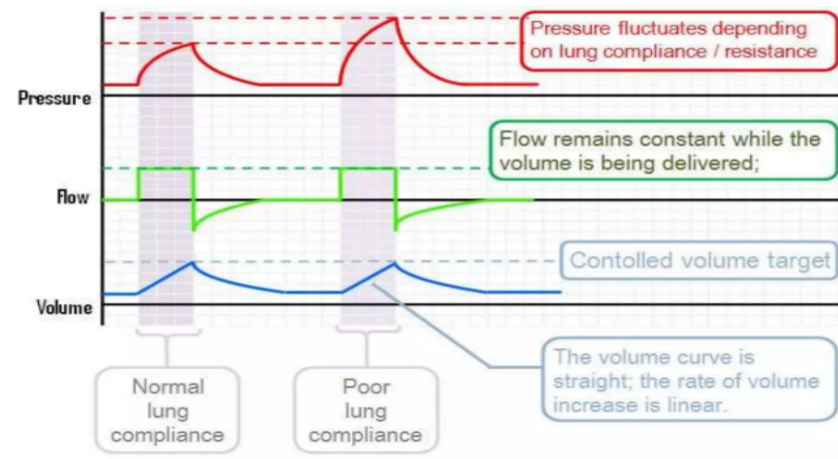
1. Gāzes tilpums, ko ievada katrā ieelpā ir kontrolēts, kas mazina volotraumas risku

VCV trūkumi –

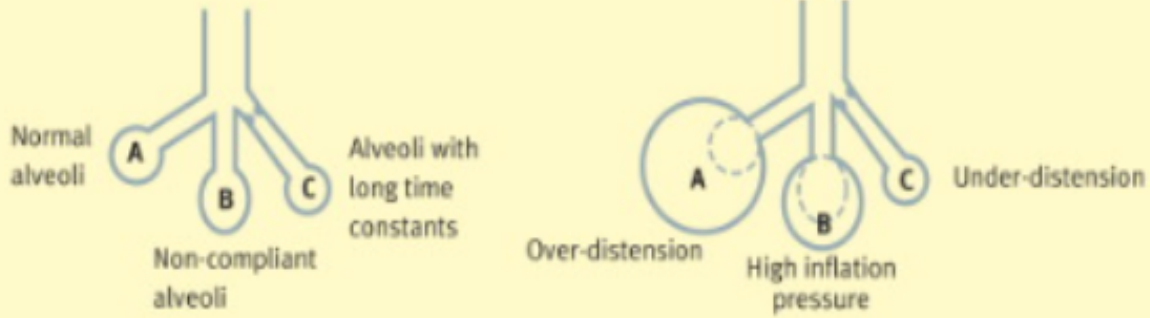
- Konstantās plūsmas dēļ alveolas var nepietiekoši un nevienmērīgi uzpildīties.
- Jo mazāks pacients, jo šaurāki elpceļi un lielāka elpceļu rezistence. Šī kombinācija rada VCV ļoti augstu inspiratoro spiedienu.

- - neizdodas ventilācija, ja ir noplūde gar

Volume Control Waveform:



Effects of volume- and pressure-controlled ventilation on lung units with different compliance and time constants



Volume-controlled, constant-flow ventilation
Gas passes into the most compliant alveoli and results in relative over-distension of compartments A and B while compartment C does not have enough time to inflate



Pressure-controlled ventilation
With better distribution of gas, A will not over-distend as before and there is sufficient time for C to inflate more completely

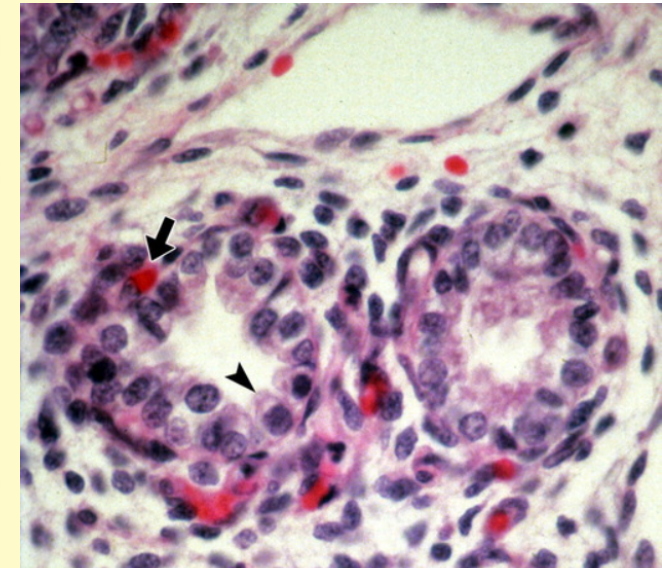
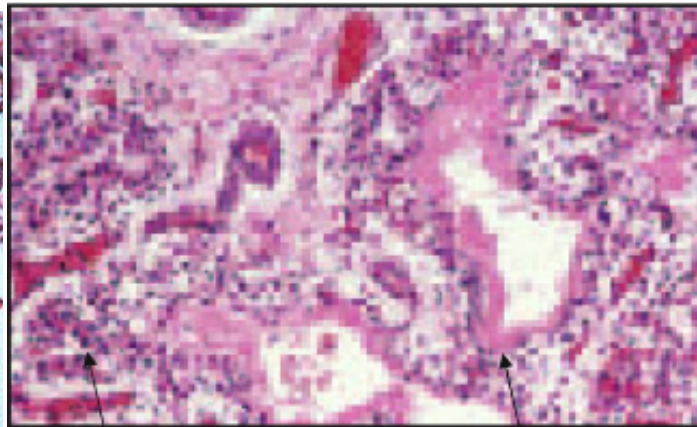
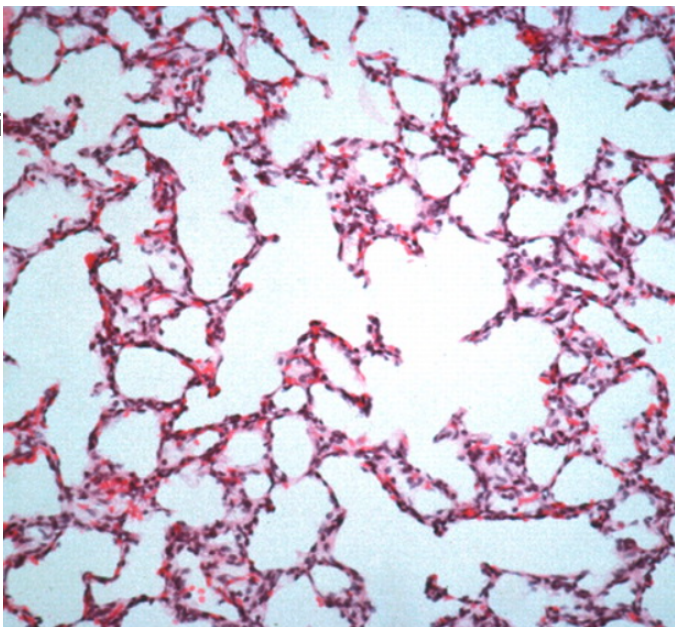


Figure 4. Immature lung in the canalicular (acinar) phase. Photomicrograph

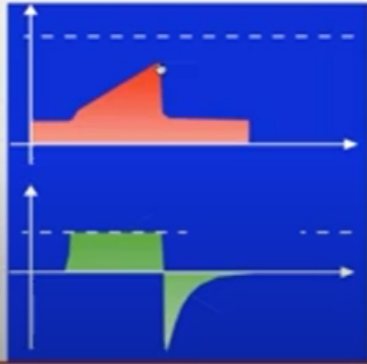
Core: clinical anaesthesia
Principles of artificial ventilation
J.M. de Beer



Volume vs. Pressure Ventilation

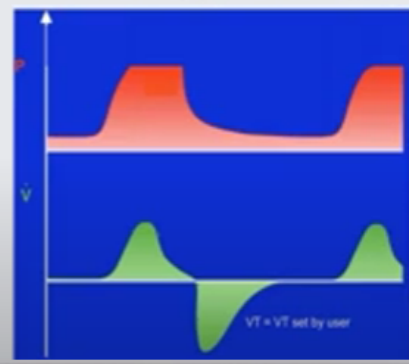
Volume Ventilation

- Controls the set flow rate
- Cycles when set volume is delivered
- Pressure rises passively

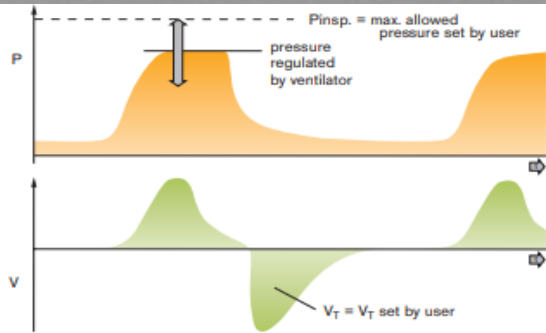


Pressure Ventilation

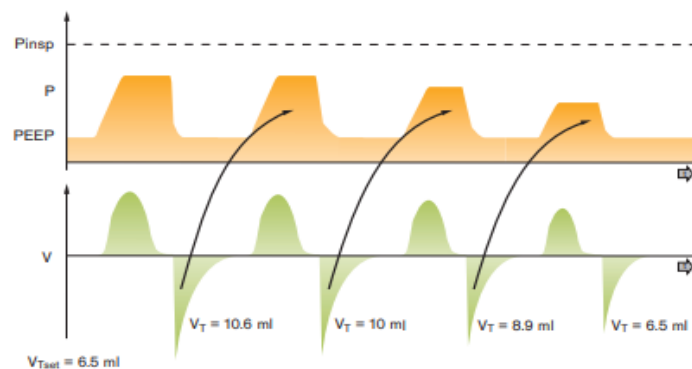
- Controls the set pressure
- Cycles when set time or flow is reached
- Volume depends on compliance



Apvienojot abu ventilācijas veidu – VCV un PCV labās īpašības tika radīta Pressure control ventilācija PCV + VTV (volum target ventilācija) *, biežāk lieto terminu PC+VG. Ventilators ģenerē uzstādīto VT ar decelerējošu plūsmu. Tādā veidā nodrošinot iespējami zemāko ieelpas spiedienu PIP uzstādītajā ieelpas laikā ar uzstādīto frekvenci.



PC+VG

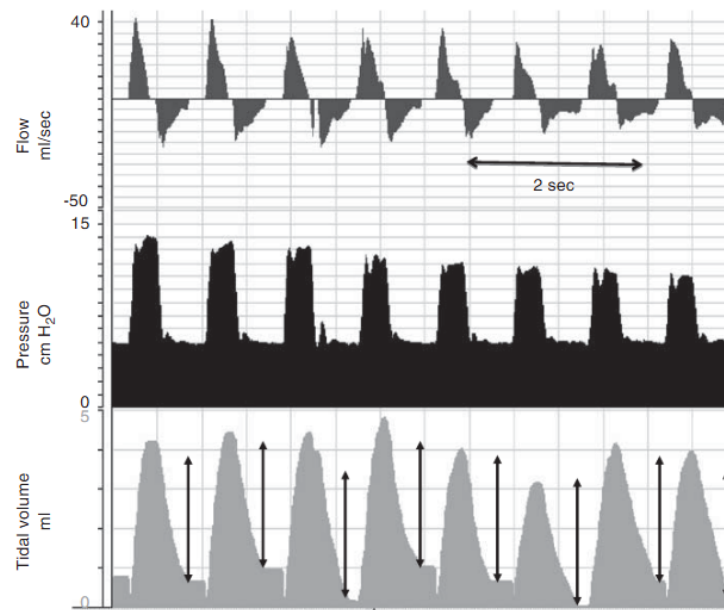


*VTV – tiek lietoti dažādi termini. Nav vienota uzskata. Visbiežāk VTV ir sinonīms VG un PRVC režīmam.

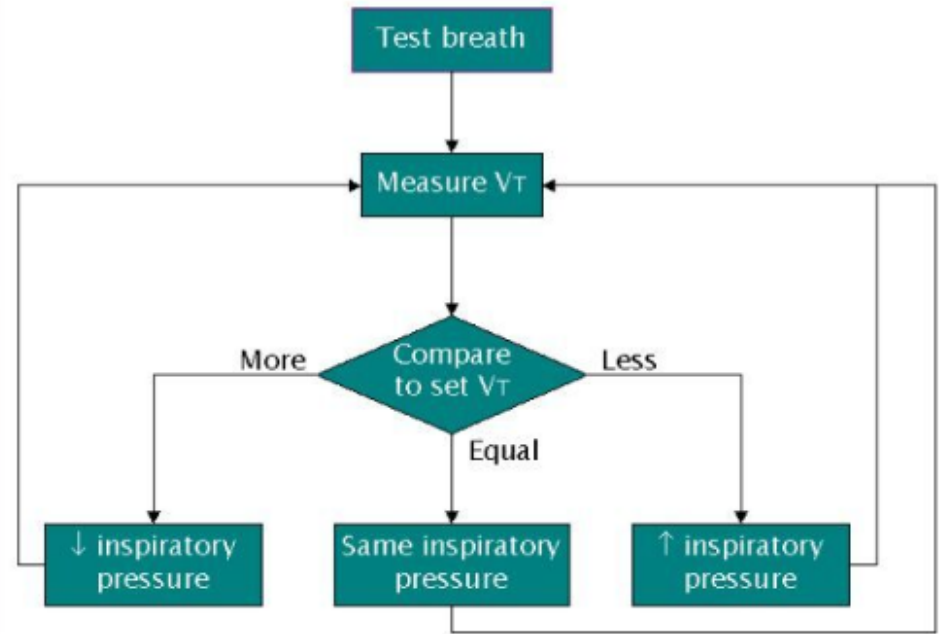
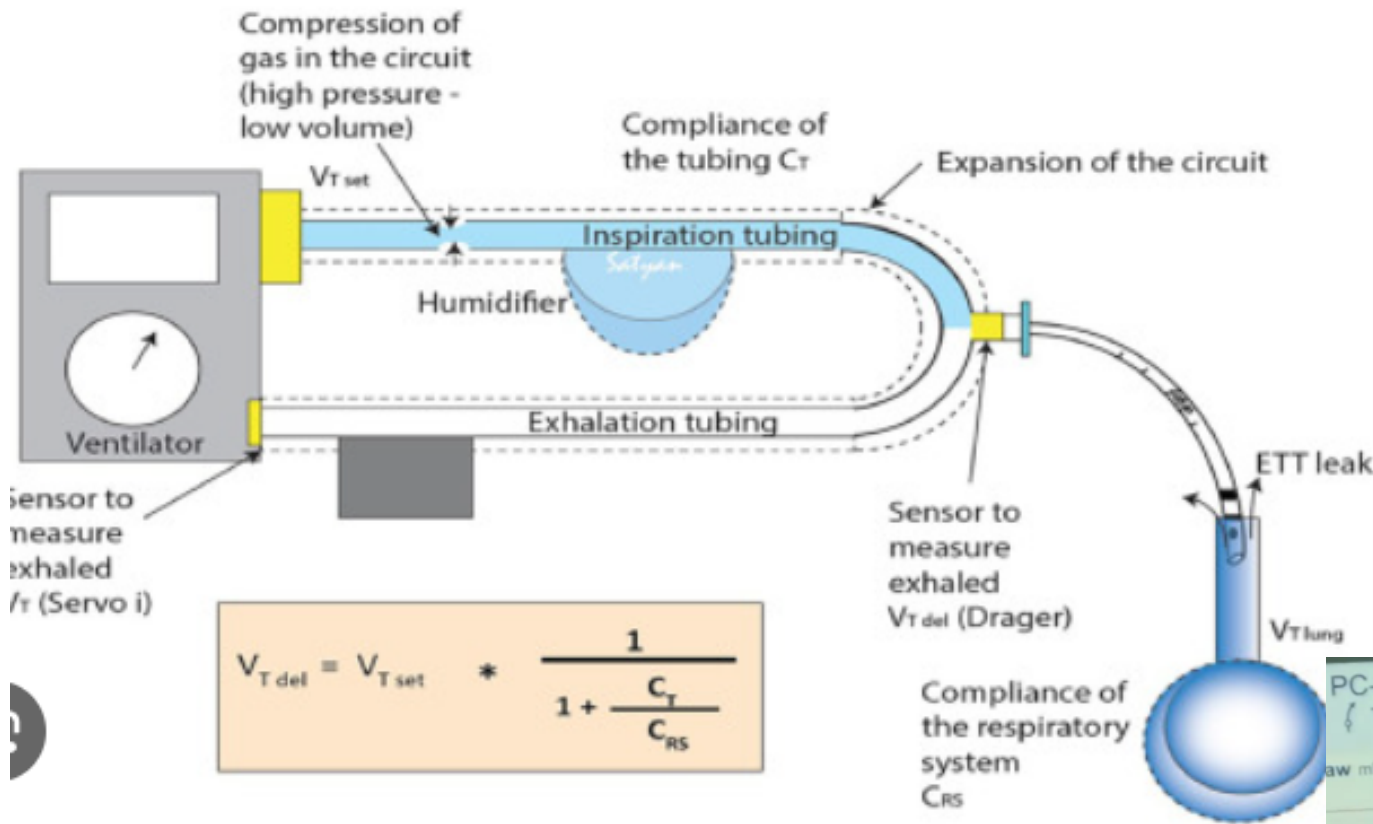
VG un PRVC efektivitātes ziņā neatšķiras. Ir nelielas atšķirības, kā ventilators mēra TV un kā regulējas PIP.

Kā darbojas PC+VTV

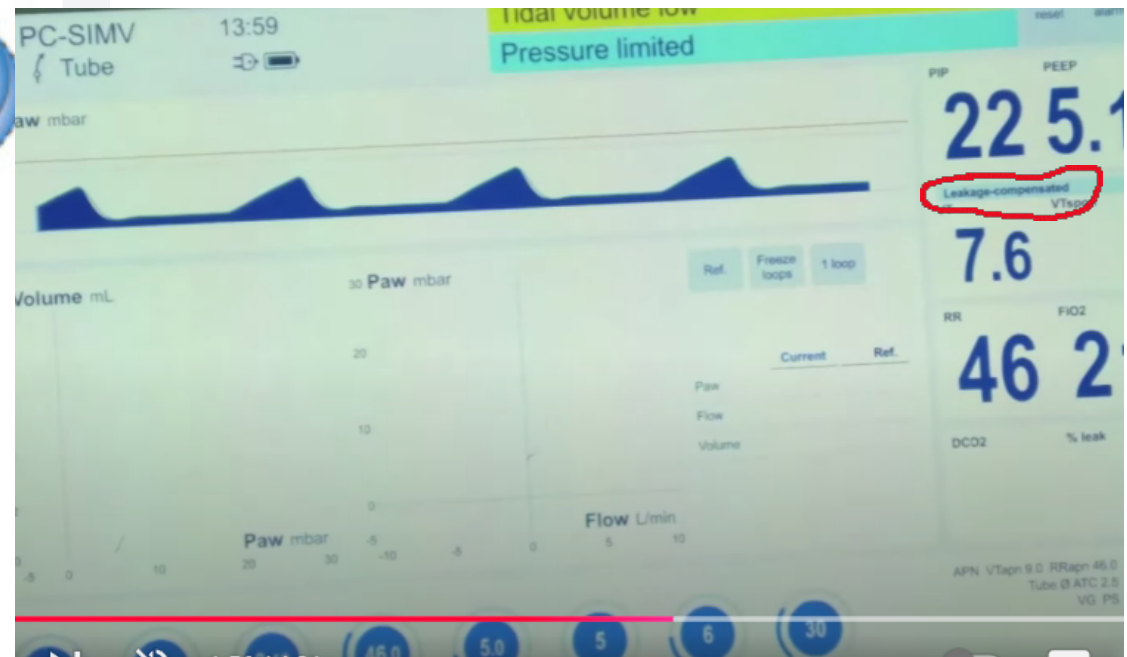
- Ventilātorā tiek uzstādīts mērķa izelpas tilpums (Vte)
- Plūsmas sensors mēra katras izelpas tilpumu (VTe) un ventilators ģenerē tādu ieelpas spiedienu PIP, lai vairāku nākošo ieelpu laikā sasniegtu uzstādīto Vte
- Jāuzstāda PIP limits, lai nebūtu barotrauma. Ventilatori neļauj paaugstināt PIP 3-5 mmHg zem Alarm robežas.
- Plūsmas sensors mēra ieelpas VTi un izelpas Vte. Ventilators aprēķina noplūdi gar intubācijas trubiņu, un var kompensēt noplūdi, kas <par 50%



STATE-OF-THE-ART
A practical guide to neonatal volume guarantee ventilation
C Klingenberg



Volume-targeted ventilation
Martin Keszler



PC+VC un PRVC režīmu atšķirības

Ventilatory mode	Mechanism of action
Volume-controlled ventilation (VCV)	<ul style="list-style-type: none">• Inspiratory volume set by clinician• Flow rate set by clinician to provide continuous inspiratory flow• PIP and maximum inspiratory volume increase during, and peak at the end of, inspiration• Inspiratory time depends on the set inspiratory volume and flow• PIP varies automatically according to lung compliance
Volume guarantee (VG) ventilation	<ul style="list-style-type: none">• Inspiratory volume, inspiratory time and maximum PIP limit set by clinician• Inspiratory flow rate is variable and determined by the ventilator• Peak inspiratory flow occurs early in inspiration, then decelerates throughout the remainder of inspiration• PIP and maximum inspiratory volume peak early in inspiration• The ventilator adjusts PIP on a breath-by-breath basis to target the set volume• The ventilator uses the VTe of the previous breath as a reference for adjustment of PIP• The working PIP will not exceed the maximum PIP limit
Pressure-regulated volume controlled (PRVC) ventilation	<ul style="list-style-type: none">• Inspiratory volume and maximum PIP limit set by clinician• Inspiratory flow rate is variable and determined by the ventilator• Peak inspiratory flow occurs early in inspiration, then decelerates throughout the remainder of inspiration• Initial PIP is delivered at 10cmH₂O above the set PEEP – this is used as a reference to calculate the pressure needed to achieve the set inspiratory volume during further breaths• Next three breaths delivered using a PIP of 75% of the calculated PIP• Further adjustments in PIP are made in 3cmH₂O increments or decrements• The working PIP will not exceed a threshold higher than 5cmH₂O below the maximum PIP limit

Volume-targeted ventilation in newborn infants

Helen Chitty , Sunil Sinha

VG uzsākšanas parametri

- Jaundzimušajiem ar RDS vidēji VT iesaka 5-7 ml/kg VT>8 ml/kg var izraisīt volotraumu. Jāņem vērā, bērniem ar dzimšanas svaru <1 kg iesaka sākuma VT 5 ml/kg, jo proporcionāli lielāka ir mirusī telpa. Bērniem ar svaru > 1 kg, sākuma VT ir 4-4.5 ml/kg.
- Sākuma VT koriģē, atkarībā no gāzu analīzes, solis ir 0.5 ml/kg.
- PIP robeža (limits), jābūt samērā augstai, virs «darba» PIP. Rekomendē PIP limitu likt uz 25-30 mmHg. Rekomendē PIP limitu likt 5-10 mmHg virs darba PIP, tā ļaujot ventilatoram nodrošināt vajadzīgo VT, arī ja ir noplūde gar intubācijas trubiņu vai ir pacienta netriggerēta ieelpa (pacienta netriggerēta ieelpa PIP ir apm. par 4 mmHg augstāka par triggerētu ieelpu PIP.)
- *European Consensus Guidelines on the Management of Respiratory Distress Syndrome: 2022 Update* [David G Sweet](#) ^{a,*}, [Virgilio P Carnielli](#)

VG- Initiating ventilation

- Option 1: Start immediately upon initiation of ventilation.
- Set appropriate V_T
 - 4 - 5 mL/kg during the acute phase of RDS
 - 5-6 mL/kg tiny infants <700 g
 - 6 mL/kg infants with MAS
 - 6 mL/kg by 3 wk, 8-10 mL/kg by 3 mo older infants with chronic lung disease
- Adjust PIP limit 25% above the PIP currently needed to deliver target V_T
- Option 2: When changing from PC to VG, observe current V_T and set target V_T at same value, increase PIP by ~25%
- AC or PSV is preferred over SIMV (V_T ~1mL/kg larger may be needed for SIMV)
- Set T_i , rate and PEEP according to patient's disease
- Monitor patient's response and adjust settings as indicated.

volume Guarantee Webinar with Professor Dr. Martin Keszler, Alpert Medical School of Brown University in Providence

Ekstubācija no VG ventilācijas

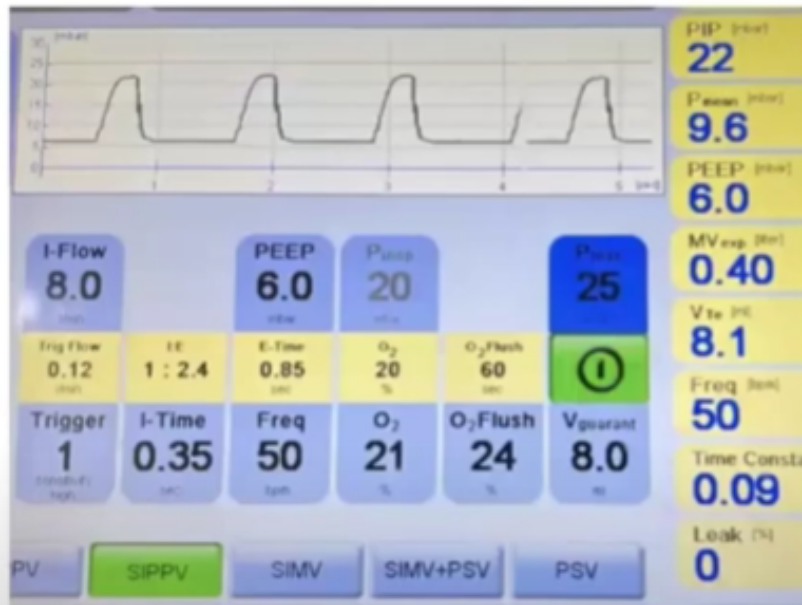
- Ekstubāciju parasti plāno, ja var nodošināt adekvātu gāzu apmaiņu un oksigenāciju ar mērķa VT 4ml/kg
- Vairumā gadījumu ekstubācija izdodas, ja reālais VT pārsvarā ir vienāds vai lielāks par uzstādīto mērķa VT 4 ml/kg ar «darba» PIP mazāku par 10-12 cm H₂O,
- bērniem ar sv.<1kg PIP < 12-15 cm H₂O
- Fio₂ <0.35 un ir adekvāta spontānas elpošanas aktivitāte
- Ja plaušu stāvoklim uzlabojoties netiek mazināts mērķa VT, nenotiek spontāna PIP samazināšanās un pacientam var samazināties spontānas elpošanas aktivitāte

spontāni elpojošam veseram
jaundzimušajam VT ir ap 4 ml/kg.
Parasti VT nemazina zem 4 ml/kg

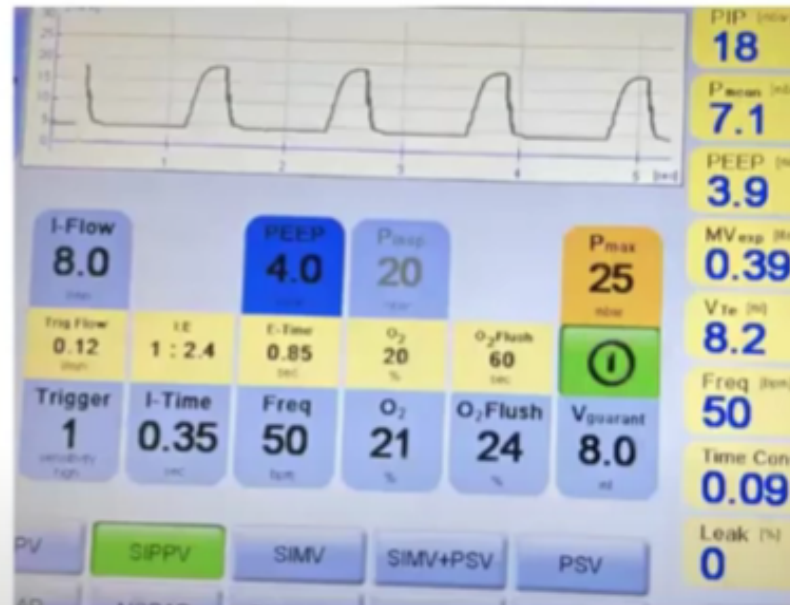
⇓ PEEP → Double weaning

Fares Chedid

PEEP 6



PEEP 4



Double weaning:

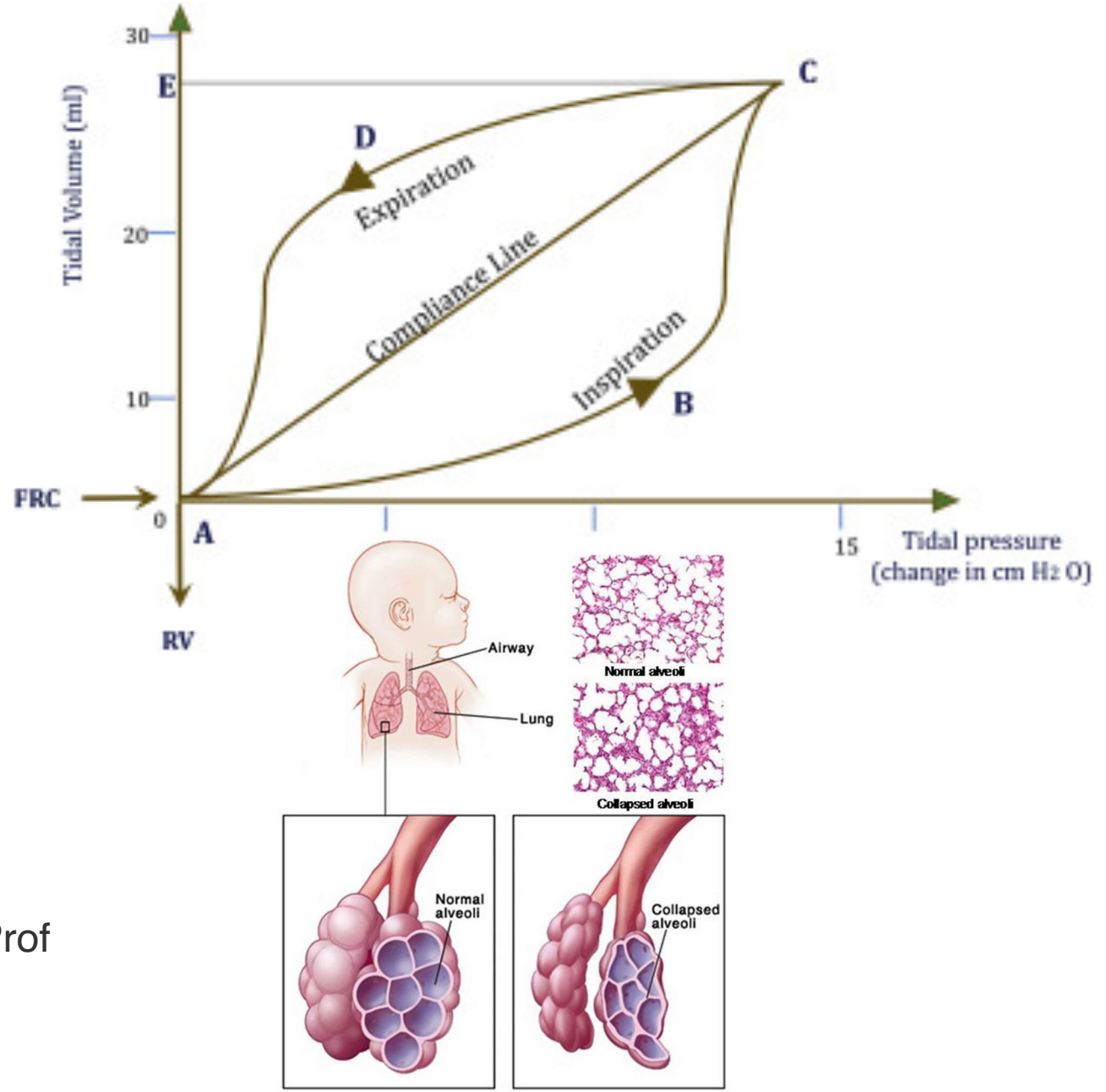
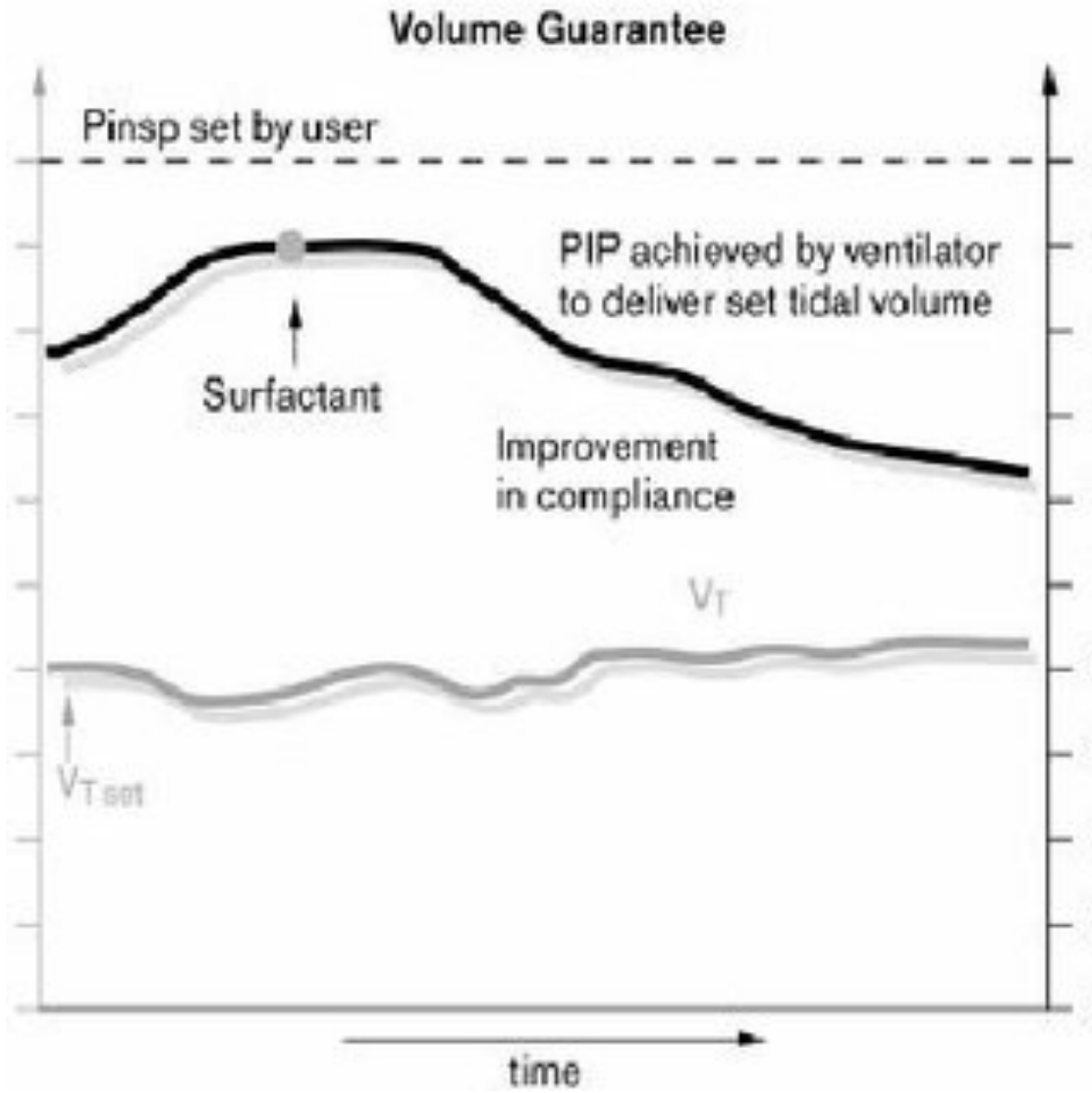
⇓ PEEP → ↑↑ ΔP & ↑↑ V_e → Spontaneous ⇓ of PIP

Kāpēc jālieto VG (volume guarantee), VTV-volume target ventilācija ?

- VTV ir atzīta par drošu un efektīvu ventilācijas režīmu jaundzimušajiem
- VTV salīdzinot ar PC ventilāciju samazina VTe (izelpas tilpuma) fluktuāciju, tādējādi nodrošinot stabilāku PCO₂ līmeni asinīs, un mazina respiratoras alkalozes risku, kā arī stabils PCO₂ mazina smadzeņu asinsrites traucējumus, tā mazinot CNS bojājuma risku sevišķi priekšlaikus dzimušiem bērniem pirmajās dzīves dienās.
- Priekšlaikus dzimušiem bērniem ar RDS, kuriem nepieciešama MPV, VTV ventilācijas režīms ir pirmā izvēle
- VTV ir plaušas saudzējoša ventilācija, jo uzlabojoties plaušu compliancei, ventilators automātiski samazina ieelpas spiedienu, tādējādi ātrāk ir iespējama ekstubācija
- VTV samazina pneimotoraksa un BPD biežumu.
- VTV samazina ventilatora radītus plaušu bojājumus.

STATE-OF-THE-ART A practical guide to neonatal volume guarantee ventilation .C Klingenberg

European Consensus Guidelines on the Management of Respiratory Distress Syndrome: 2022 Update David G. Sweet



Practical aspects of volume guaranteed ventilation. Prof Ramanathan , webinar you tube

VTV ventilācija samazina hiperventilācijas un plaušu
 audu bojājuma risku, kuru var radīt plaušu audu
 pārstiepums

Director of the Neonatal Intensive Care Unit Women and Infants Hospital in
 Providence, Rhode Island, USA and has been shown to reduce the total duration of
 mechanical ventilation." Dr. Martin Keszle

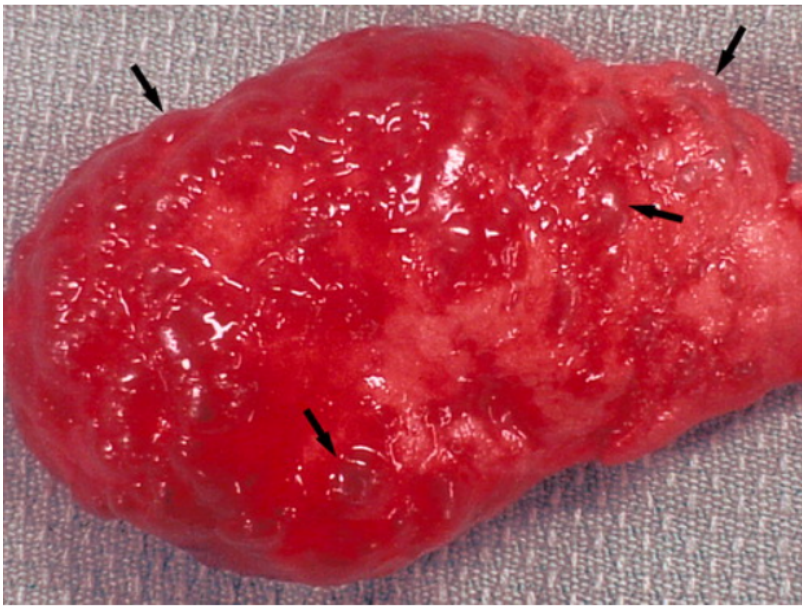
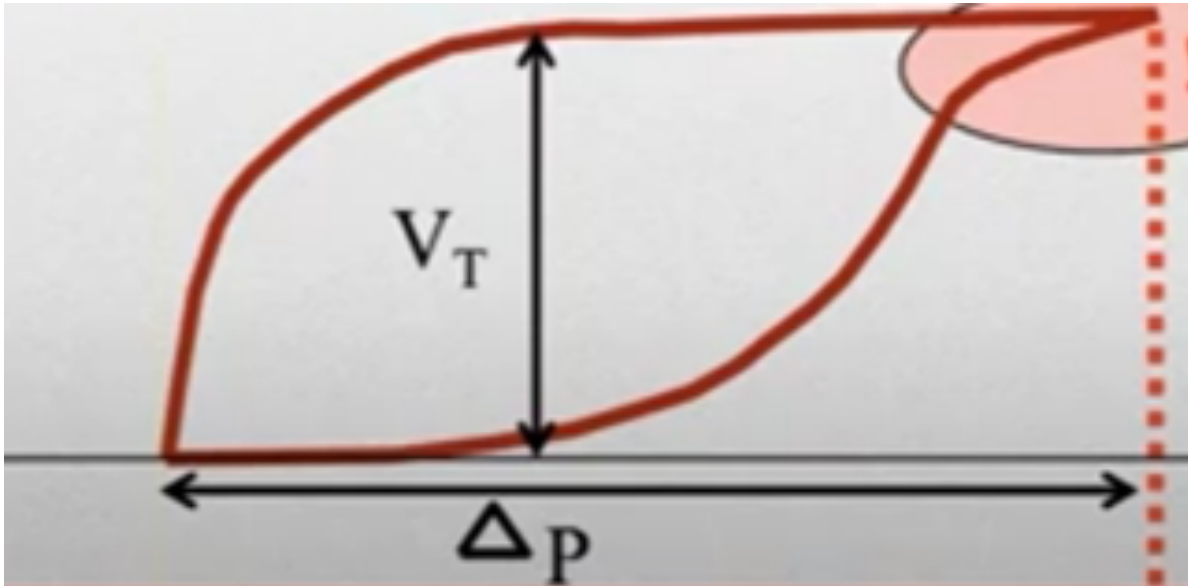
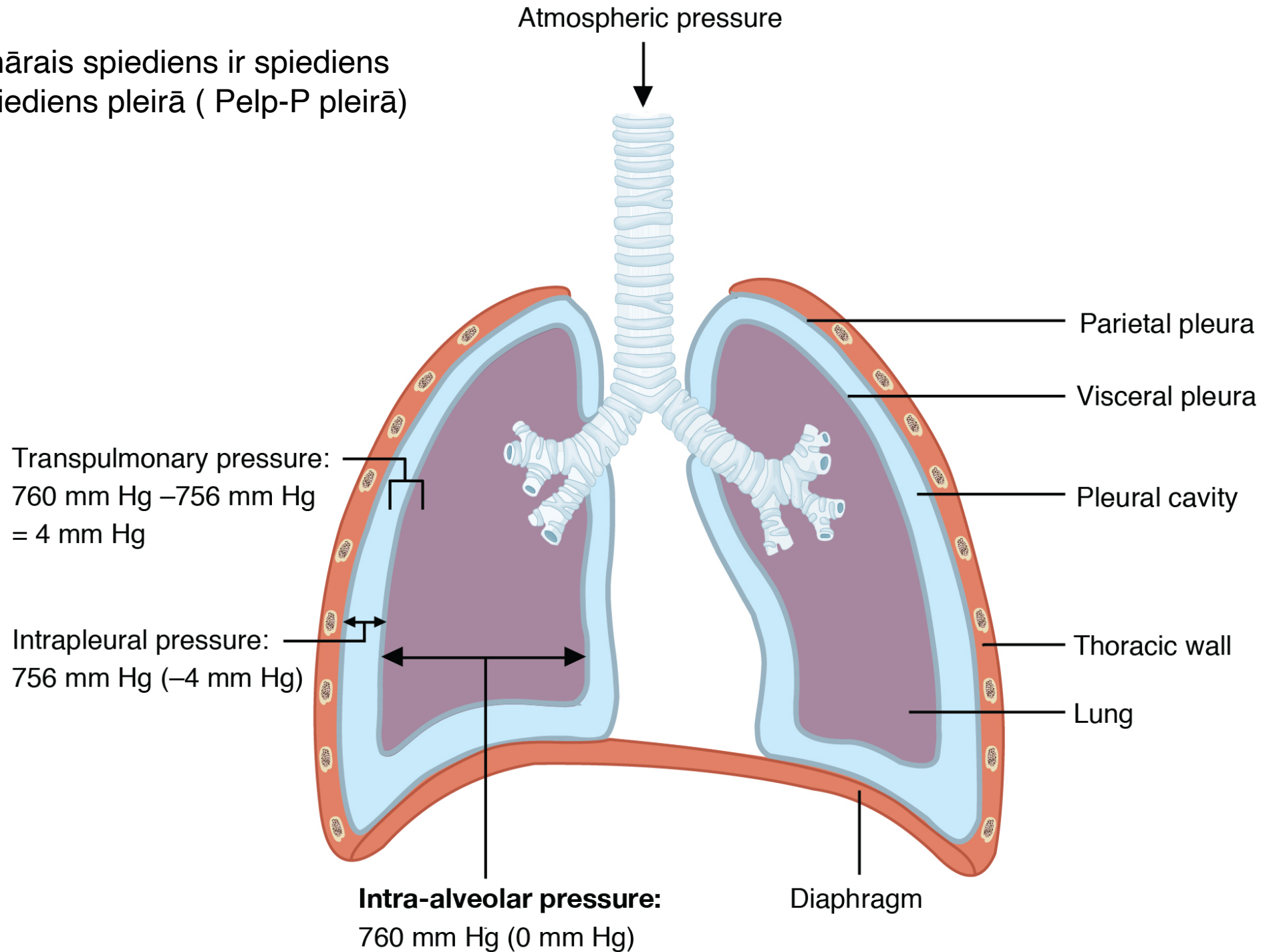


Figure 30c. Diffuse persistent PIE in a 3-week-old girl with a history of positive-pressure mechanical ventilation. (a) Frontal chest radiograph shows overexpansion of most of the left lung by multiple cystic

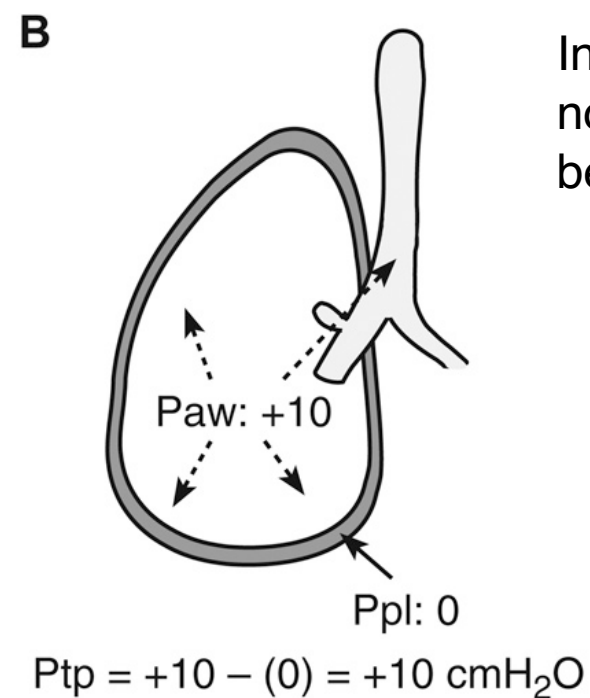
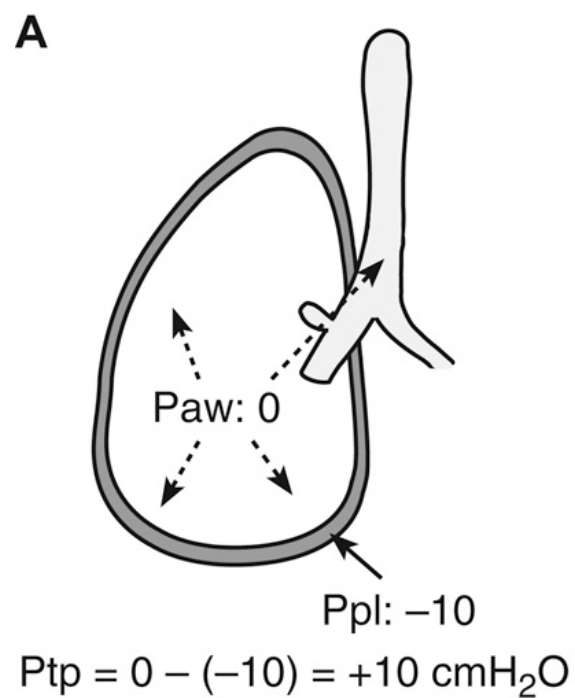


umomediastinum, gross pathologic features. Photograph of an autc
 shows multiple collections of gas (arrow) within loose mediastinal c

Transpulmonārais spiediens ir spiediens elpcelos –spiediens pleirā (Pelp-P pleirā)



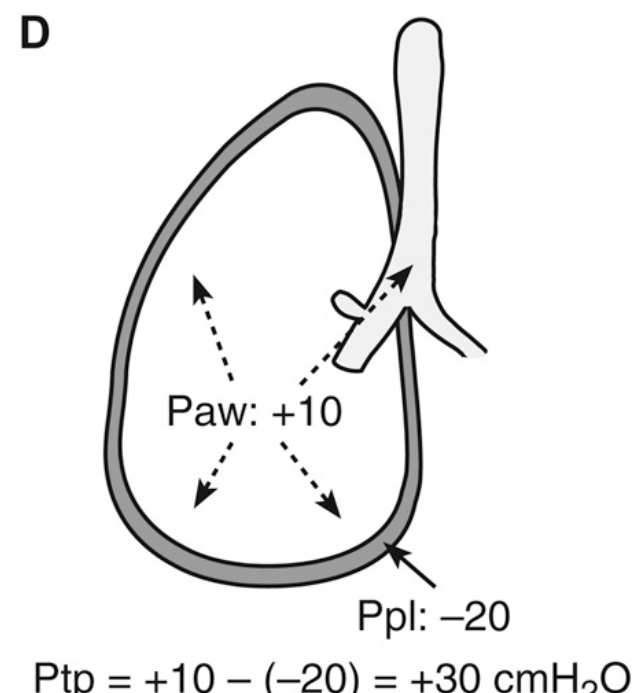
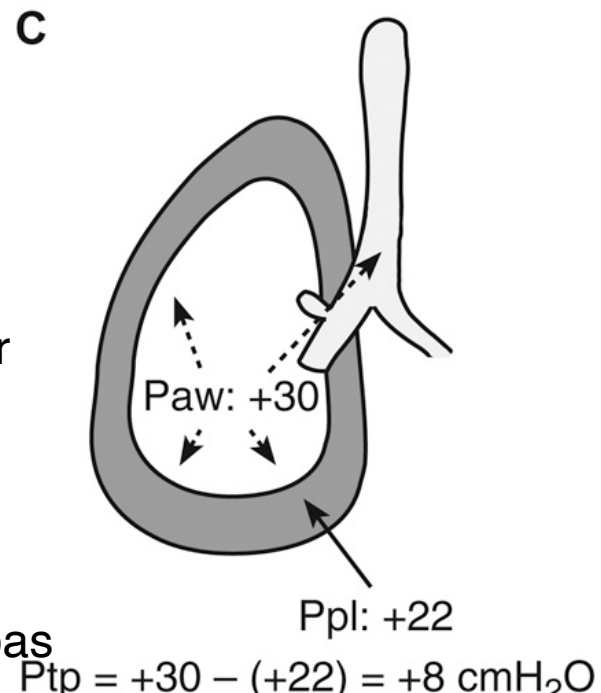
Spontāni elpojot izelpas beigās



Intubēts pacients ar normālām plaušām izelpas beigās

Ventilator-induced Lung Injury.
*Beitler JR*¹,
Clinics in Chest Medicine, 14
Oct 2016, 37(4):633-646
<https://doi.org/10.1016/j.ccm.2016.07.004>

Intubēts pacients ar neelastīgu krūšu kurvi, piemēram, tūskas, ir liels spiediens elpceļos, bet zems transpulmonālais spiediens un mazs tilpums plaušās izelpas beigās



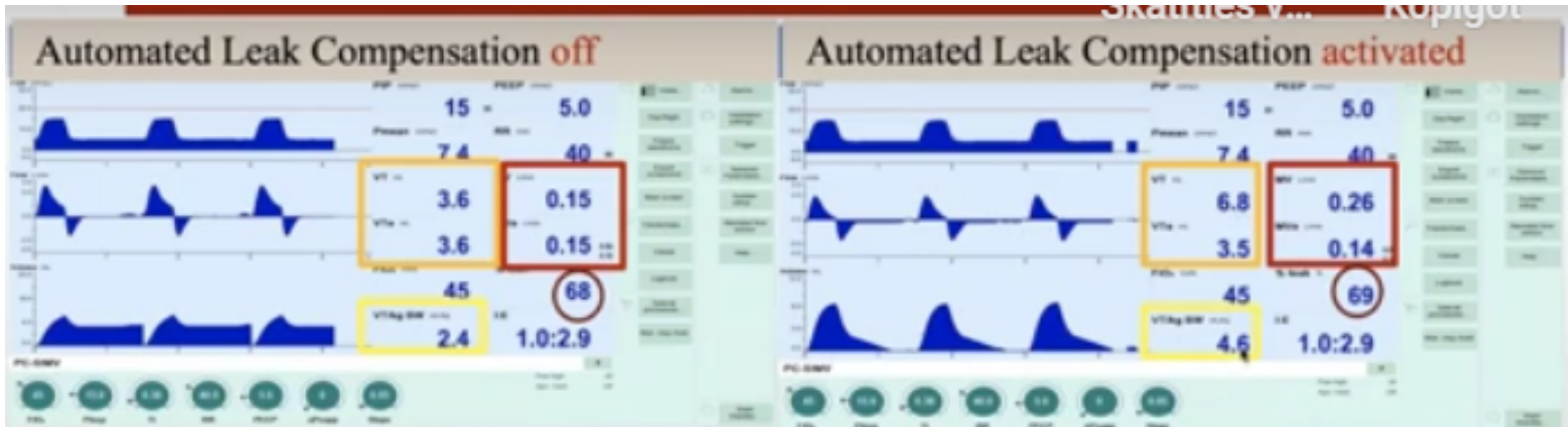
Intubēts pacients, kuram ir liels elpošanas muskuļu darbs, piemēram, ātri spontāni elpo, varbūt zems spiediens elpceļos, bet liels transpulmonālais spiediens un liels tilpums plaušās izelpas beigās

Kāpēc var neizdoties VG ventilācija?

- ventilators generē lielus PIP
- ir trauksme, ka nevar sasniegt uzstādīto VT
- asins gāzēs ir augsts pCO₂

1. Liela noplūde gar intubācijas trubiņu- plūsmas sensors mēra izelpoto V_{te}, kas ir zems, jo pacients daudz izelpo garām gar intubācijas trubiņu, MPV aparāts, domā, ka pacienta plaušās neiekļūst uzstādītais VT un tāpēc paaugstina PIP .

- MPV aparātā jāieslēdz plūsmas kompensācija (leak compensation)- Ventilators aprēķina noplūdi gar intubācijas trubiņu, un var kompensēt noplūdi, kas < par 50%
- Var būt nepieciešama lielāka izmēra intubācijas trubiņa



VT is a measured exhaled volume

MV is based on measured exhaled volume

% Leak is V_{Te}/V_{Ti}

VT/kg BW uses measured VT

Flow and Volume graphics are unaltered

Danger of overventilation

VT is a calculation

MV is a calculation

% Leak is V_{Te}/V_{Ti}

VT/kg BW uses the calculated VT

Flow and Volume graphics based on calculated VT

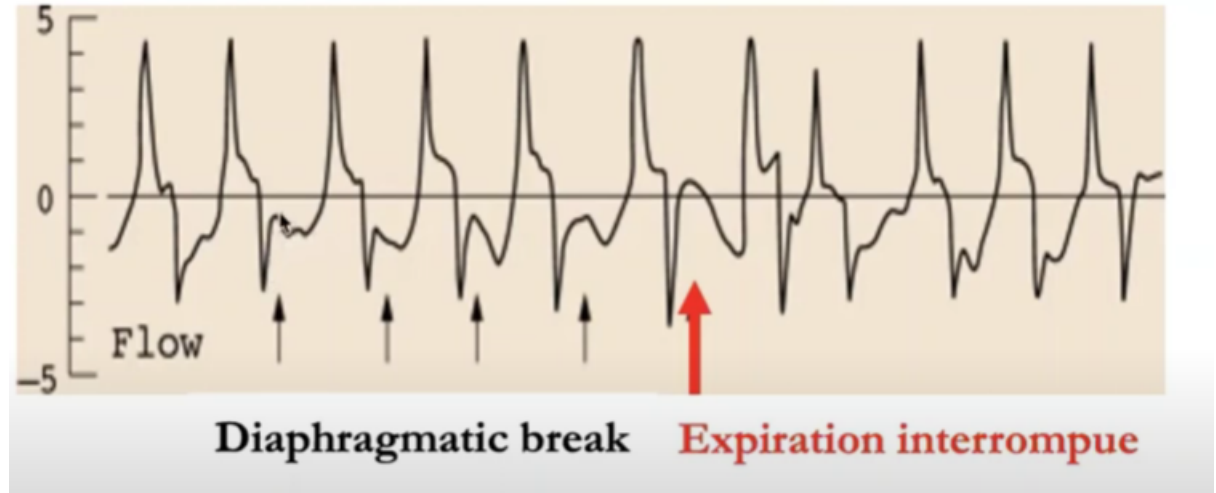
*Volume Guarantee Webinar with Professor Dr. Martin Keszler,
Alpert Medical School of Brown University in Providence*

Problēmas VTV ventilācijas laikā: nesasniedz uzstādīto VT (alarm VT is low)

- Ja pacienta elpošana sinhronizējas ar ventilatoru, nav lielas noplūdes gar intubācijas trūbinu, iespējams, ka nav uzstādīta pietiekoši liela PIP robeža, jo plaušās ir zema compliance
- Bērna elpošana nesinhronizējas ar ventilatoru, viņš izelpo ventilatora ieelpas laikā. (diaphragmatic braking) Tas rada atkārtoti VT pazemināšanos, neskatoties uz augstiem PIP.

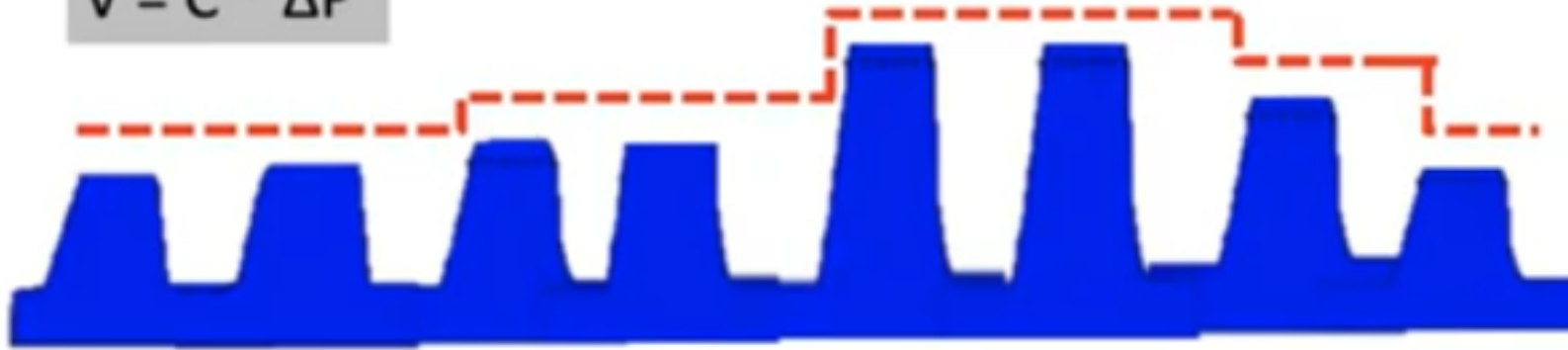
Iemesls var būt pārāk garš ieelpas laiks, optimāli $iT < 0.4-0.45$

-



PIP max 3 – 5 above PIP measured

$$V = C * \Delta P$$



Poor compliance (0.2 ml/cm H₂O)

❖ 5 cm H₂O results in a volume of 1 ml

Normal compliance (2 ml/cm H₂O)

❖ 5 cm H₂O results in a volume of 10 ml

<https://www.youtube.com/watch?v=73SS3W-8Des>

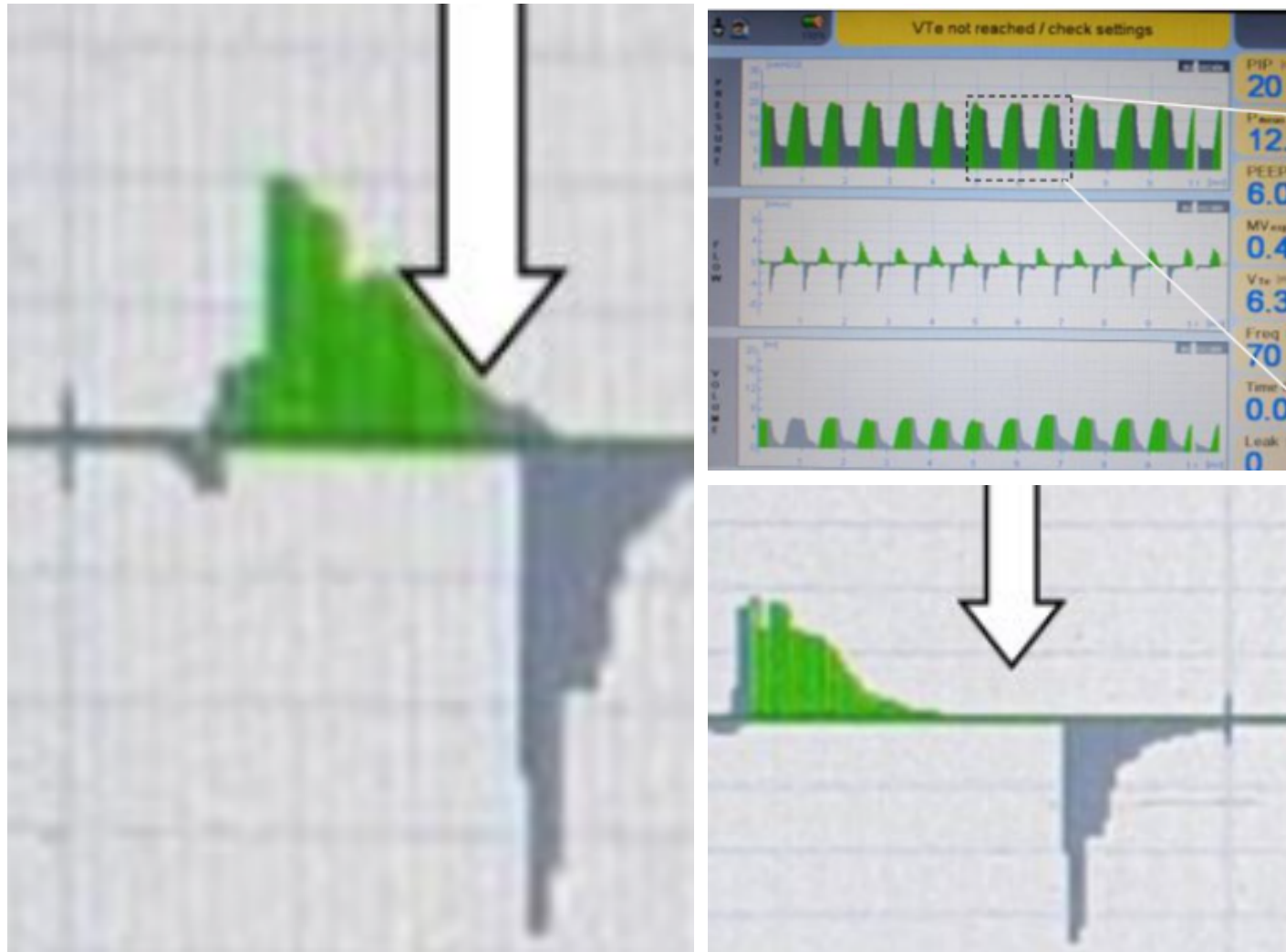
Patient ventilator interaction in Volume Guarantee

Fares Chedid,

Problēmas VTV ventilācijas laikā: nesasniedz uzstādīto VT (alarm VT is low)

- Pārāk īss ieelpas laiks
- Pārāk garš ieelpas laiks

https://perinatalnetwork.scot/wp-content/uploads/2023/01/Volume-Targeted-Ventilation_WoS.pdf

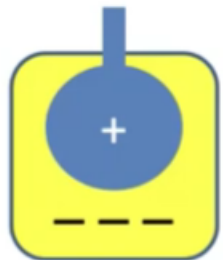


Kāpēc var neizdoties VG ventilācija?

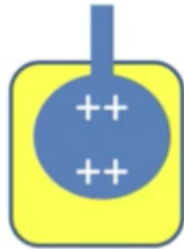
Problēmas ar pacienta elpošanas sinhronizāciju ar ventilācijas aparātu.

- Jābūt pietiekošiem ieelpas un izelpas laikiem.
- Pacienta trigerētām ieelpām PIP ir apm par 3-4 mmHg zemāks, kā ventilatora trigerētām ieelpām, bet VT ir vienāds.
- A/C uzstādītajai frekvencei ir jābūt apmēram par 10 ieelpām zemākai, kā pacienta spontānās elpošanas frekvencei.
- Pacientam jāmazina stress un sāpes.
- Izvairīties no autotrigeria, piemēram, ja mitrums elpošanas kontūtā trigerē elpošanu vai ir uzlikts pārāk zems plūsmas trigers.

Non-triggered breaths: ↑↑ PIP



Triggered

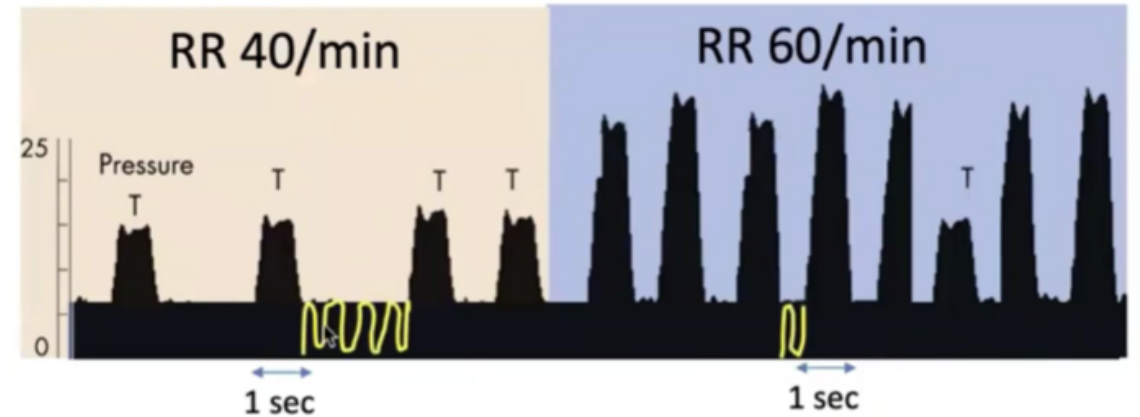


Mandatory



~~PIP ↓ 4 cm en cas de respiration spontanée~~

High Backup RR Causes higher PIP



RR of ventilator < patient's spontaneous RR:

✓ Enough time to trigger: PIP 2-4 cm less

RR of ventilator > patient's spontaneous RR:

✓ No time to trigger → PIP 2-4 cmH₂O more

<https://www.youtube.com/watch?v=73SS3W-8Des>

Patient ventilator interaction in Volume Guarantee

Fares Chedid,

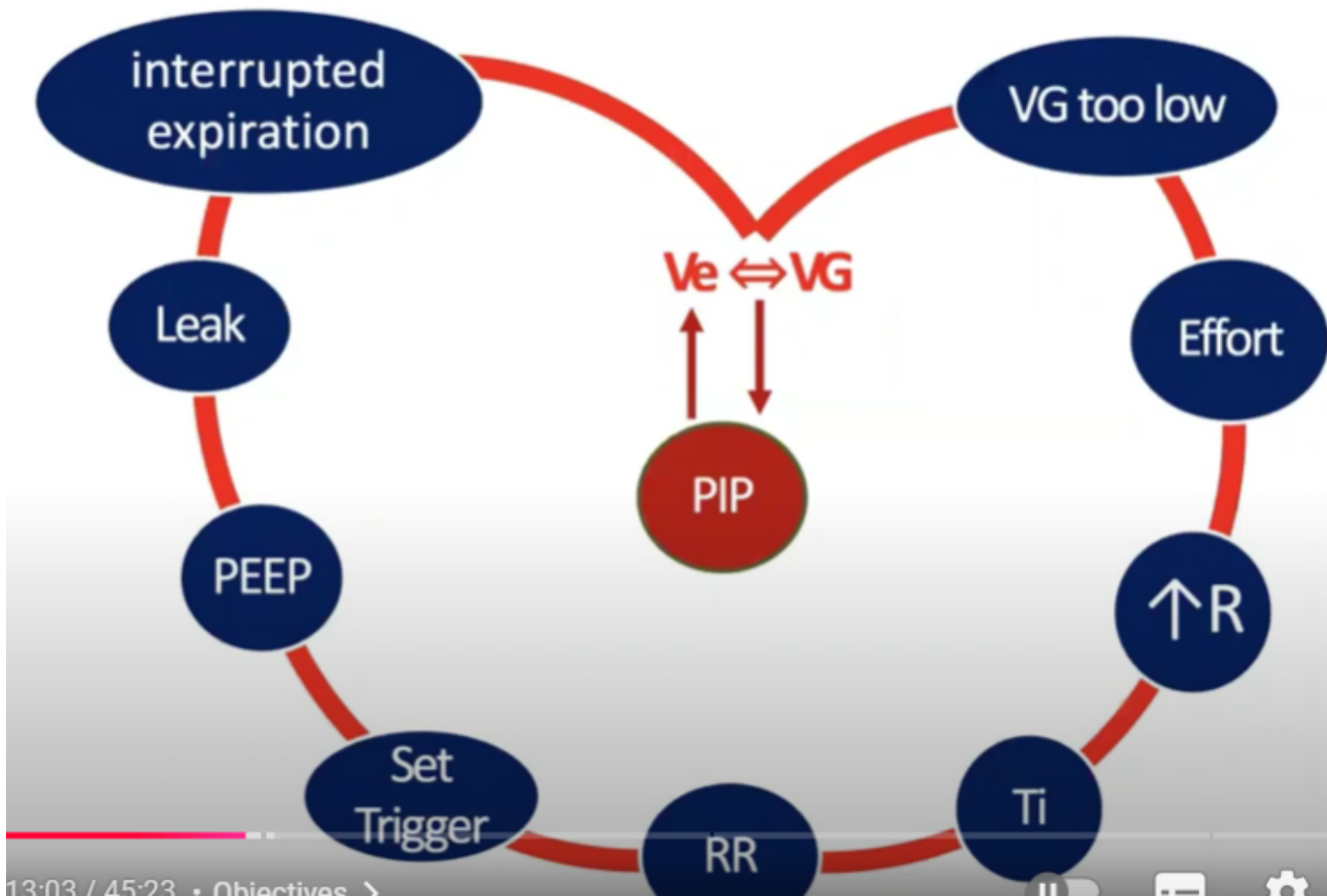
Kāpēc var neizdoties VG ventilācija?

- ventilators ģenerē lielus PIP
- ir trauksme, ka nevar sasniegt uzstādīto VT
- asins gāzēs ir augsts pCO₂

2. Tūlīt pēc surfaktanta ievades var īslaicīgi pieaugt elpceļu rezistence un intubācijas trubiņas obstrukcija- tāpēc nepieciešams uzlikt PIP robežu par 10 mmHg augstāk, kā pirms surfaktanta ievades. Pēc tam, kad surfaktants uzlabos plaušas compliānci, PIP pats samazināsies.

3. Ja pacients ir ļoti nemierīgs, aktīvi izelpo, tad vēdera muskulatūra, var būt ļoti sasprindzināta un neļaut gāzei iekļūt plaušās ieelpas laikā. Tas rezultējas ar zemu ieelpas (VT_i) un izelpas (VT_e) tilpumu un SpO₂ krišanās epizodēm. Aparāts rāda trausmes –zems VT, intubācijas trubiņas obstrukcija. Iesaka šādos gadījumos kāpināt PIP robežu, piemēram līdz 35 mmHg.

Patient-ventilator interactions



Klīniskais gadījums. 25 gn, 7 dzīves diena VTV-PRVC ventilācija



Ārstēšanas rezultāti priekšlaikus dzimušajiem, kuri saņēma volume target ventilāciju (VTV)

- MPV ilgums samazinās vairāk kā par 2.36 dienām, salīdzinot ar spiediena kontrolētu ventilāciju
- Mirstība vai Bronhopulmonāla displāzija (BPD) samazinās par 11 %
- Pneimotoraksu biežums samazinās par 6 %
- Periventrikulāru leikomalāciju vai smagas pakāpes Intraventrikulāru hemorāģiju biežums samazinās par 8 %

Klingenberg C, Wheeler KI, McCallion N, Morley CJ, Davis PG: Volume-targeted versus pressure-limited ventilation in Neonates. Cochrane Database of Systematic Reviews 2017, Issue 10. Art. No.: CD003666.-



- **Invasive ventilation techniques in the neonatal unit**

- 1.2.7

- **Specialist neonatal respiratory care for babies born preterm**

- NICE guideline [NG124] Published: 03 April 2019

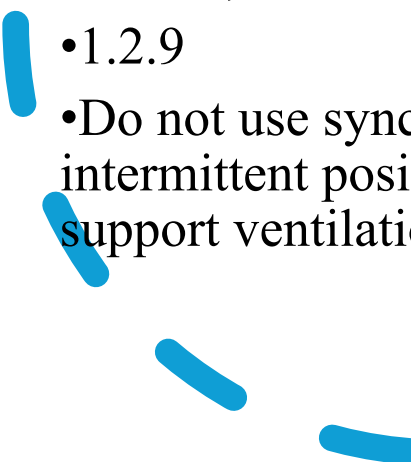
- For preterm babies who need invasive ventilation, use volume-targeted ventilation (VTV) in combination with synchronised ventilation as the primary mode of respiratory support. If this is not effective, consider high-frequency oscillatory ventilation (HFOV).

- 1.2.8

- For preterm babies who need invasive ventilation but VTV and HFOV are not available or not suitable, consider synchronised intermittent mandatory ventilation (SIMV).

- 1.2.9

- Do not use synchronised pressure-limited ventilation such as assist control (AC), synchronised intermittent positive pressure ventilation (SIPPV), patient-triggered ventilation (PTV), pressure support ventilation (PSV) or synchronised time-cycled pressure-limited ventilation (STCPLV).



Paldies
par
uzmanīb
u

