Invasiivisen mekaanisen ventilaation perusteita ja uusia moodeja

Anni Pulkkinen
El anestesia ja tehohoito
Keski-Suomen Keskussairaala

Monien firmojen laitteita

Monenlaista terminologiaa

SIMV(VC)+PS SPN-PPS PS/CPAP

P-CMV PS-BIPAP SIMV(PC)+PS

Spont APVsimv APRV Bi-vent

SIMV P-SIMV PC-APRV

(S)CMV PC-AC SIMV(PRVC)+PS

VC-MMV+AutoFlow

Miksi hengitystä joudutaan avustamaan?

- Alveoleja täyttävä prosessi
  - Infektio, ödeema, verenvuoto,
- Keuhkoverenkierron sairaus (embolia)
- Hengitystieobstruktio
  - Tuumori, ödeema, stenoosi
  - Astma, COPD
- Hypoventilaatio
  - Lääkkeiden yliannos, yleisanestesia
  - Neurologiset sairaudet, lihasheikkoudet
  - Trauma, rintakehän epämuodostumat, pleuraeffuusiot, pneumothorax
- Lisääntynyt hengitystyön tarve→Sepsis

Hengitysvajaus ($CO_2\uparrow$, $O_2\downarrow$)

- Hiilidioksidiretentio
  - Keuhkotuuletus ei ole riittävää poistamaan elimistön tuottamaa hiilidioksidia (CO_2)
  - Arteriaveren CO_2 nousee
  - Hengityskeskuksen säätelyn häiriö
    - Keskushermostoa lamaavat aineet
    - Keskushermoston sairaudet
    - Muut syyt kuten metabolinen asidoosi, maksan vajaatoiminta

Hiilidioksidiretentio

- Hengityslihasten toiminnan häiriöt
  - Hermolihasliitokseen vaikuttavat taudit, aineet ja tilat kuten lihasrelaksantit, myastenia, vaikea aliravitsemus
  - Selkäytimen ja periferisen hermoston vauriot; polyradikuliitti, palleahermon halvaus, selkäydinvaurio
- Mekaaniset häiriöt
  - Ilmarinta, traumat, pleurakertymät, IAP:n nousu
- Hengitystyön lisääntyminen ylittää hengityselimistön reservit
  - Virtausvastus lisääntyy obstruktiivisissa keuhkosairauksissa.
  - Keuhkomekaniikka heikentyy alveolitason kaasujenvaihtohäiriössä.
  - CO_2-tuotanto lisääntyy hypermetaboliassa.

Hiilidioksidiretentio

- Hukkaventilaation lisääntyminen
  - Keuhkoembolia, ARDS

Happeutumishäiriö

- Alveolien happiosapaine ei ole riittävä
- Hapen siirtyminen alveoleista verenkiertoon on heikentynyt
  - kardiogeeninen keuhkoödeema
  - keuhkokuume
  - akuutti keuhkovaurio (acute lung injury, ALI)
  - ARDS
  - keuhkokontuusio
  - keuhkoembolia

Tuuletuksen ja verenkierron jakaantuminen

- V=ventilaatio , Q=perfuusio
- eivät ole jakaantuneet tasaisesti ja niiden suhde eli V/Q suhde on eri suuruinen eriosissa keuhkoja
- keuhkojen alaosassa sekä ventilaatio että perfuusio lisääntyy, perfuusio enemmän
- Sairaudet muuttavat suhdetta, aih. hypoksemiaa
- alueilla, jossa V/Q suhde on pieni tapahtuu oikovirtausta (shuntti) eli kaasut eivät vaihdu kapillaareissa (veri virtaa, kaasu ei)
  - Atelektaasit
  - Pneumonia, bronkioliitti
  - Vieraseineaspiraatio
- FiO2 nosto ei juuri auta, nosta PEEP

Tuuletuksen ja verenkierron jakautuminen

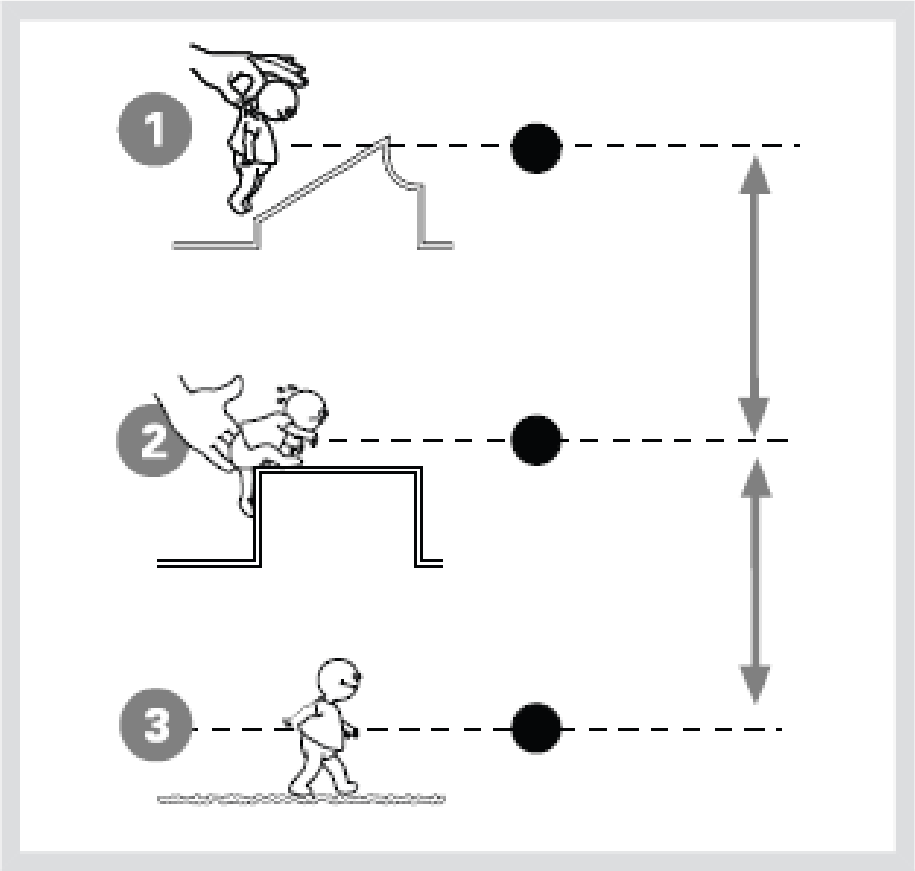
- alueilla, jossa V/Q suhde on suuri tapahtuu hukkatuuletusta eli fysiologinen kuollut tila suurenee (kaasu virtaa, veri ei).
  - Keuhkoembolia, COPD

Mekaaninen ventilaatio

- Kajoava ilmatie eli intubaatio
- Vaatii yleensä sedaation ja kipulääkityksen
- Toteutetaan teho-osastoilla
- Pyritään korjaamaan happeutumisen ja tuuletuksen ongelmat ja ostetaan aikaa perustaudin paranemiselle
- Annetaan potilaan levätä, hapenkulutuksen minimointi

Mekaaninen ventilaatio

- Positiivinen paine ilmateihin, ilma pakotetaan alveoleihin
- Potilas voi hengittää **spontaanisti** tai osin koneen tukemana (**assisted**) tai olla täysin konehengitysten varassa (**controlled**)
- Minuuttiventilaatiota säätämällä saadaan haluttu ilmavaihto aikaan



The ventilator can be used for:

1. controlled ventilation
2. supported ventilation, or
3. spontaneous breathing/CPAP

Mekaaninen ventilaatio

- FiO2 (sisäänmenevän kaasun happipitoisuus), pienin riittävä arvo 21-100%
- Kerta-volyymi n.6 ml/kg ihannepainosta
- Hengitysfrekvenssi /min
- Vol x hf = Min Vol
- Uloshengityksen loppupaine PEEP
  - Alveolit eivät pääse painumaan kasaan uloshengityksen lopussa, parantaa happeutumista, enemmän keuhkopinta-alaa osallistuu hengitystyöhön

ORIGINAL ARTICLE

Ventilation with Lower Tidal Volumes as Compared with Traditional Tidal Volumes for Acute Lung Injury and the Acute Respiratory Distress Syndrome

The Acute Respiratory Distress Syndrome Network

N Engl J Med 2000; 342:1301-1308 | May 4, 2000 | DOI: 10.1056/NEJM200005043421801

- Vertailtiin hengitystilavuuksia 12ml/kg ja 6ml/kg (ihannepaino)
- low-tidal ryhmässä kuolleisuus merkittävästi alempi 31% vs 39% (180 vrk kohdalla) ja vähemmän päiviä ventilaattorissa

Higher vs Lower Positive End-Expiratory Pressure in Patients With Acute Lung Injury and Acute Respiratory Distress Syndrome

Systematic Review and Meta-analysis FREE

Matthias Briel, MD, MSc; Maureen Meade, MD, MSc; Alain Mercat, MD; Roy G. Brower, MD; Daniel Talmor, MD, MPH; Stephen D. Walter, PhD; Arthur S. Slutsky, MD; Eleanor Pullenayegum, PhD; Qi Zhou, PhD; Deborah Cook, MD, MSc; Laurent Brochard, MD; Jean-Christophe M. Richard, MD; Francois Lamontagne, MD; Neera Bhatnagar, MLIS; Thomas E. Stewart, MD; Gordon Guyatt, MD, MSc

[+] Author Affiliations

JAMA. 2010;303(9):865-873. doi:10.1001/jama.2010.218.

Text Size: A A A

- Korkeammat PEEP-tasot hyödyllisiä erityisesti ARDS-potilaille ($PaO_2/FiO_2<200$mmHg)

Kontrolloidut ventilaatiomuodot

- Valitaan tapa jolla kertatilavuus määritetään:
- **Volyymikontrolloitu (VC)**
  - Määritetään kertahengitystilavuus ml
  - Tehopotilailla max 6ml/kg (ihannepaino)
  - Sisäänhengitys loppuu kun haluttu tilavuus on toimitettu
  - Hengitystiepaine voi nousta korkeaksi
  - Virtaus (flow) on tasainen
  - Sopii nukutetuille/tajuttomille

Kontrolloidut ventilaatiomuodot

- **Painekontrolloitu (PC)**
- hengitystiepaine ei ylitä määrättyä painetta
- Antaa vaihtelevia kertahengityksiä riippuen komplianssista, ilmateiden vastuksesta (lima) ym.
- Hälytyksiä seurattava, min volyymi jää helposti saavuttamatta ongelmatilanteissa
- Huippuhengitystiepaineet jäävät alhaisemmiksi, keuhkoille edullinen
- Virtaus (flow) hidastuva, ilma jakautuu huonoillekin keuhkoalueille paremmin

Original Research: Critical Care | August 2015

Pressure-Controlled vs Volume-Controlled Ventilation in Acute Respiratory Failure:

A Physiology-Based Narrative and Systematic Review

Nuttapol Rittayamai, MD; Christina M. Katsios, MD; François Beloncle, MD; Jan O. Friedrich, MD, PhD; Jordi Mancebo, MD; Laurent Brochard, MD

Author and Funding Information

Chest. 2015;148(2):340-355. doi:10.1378/chest.14-3169

Text Size: A A A

- Ei näyttöä kummankaan (PC tai VC) paremmuudesta
- Ei eroja fysiologiassa eikä kliinisissä päätetapahtumissa
- Muoto valittava kliinisen tilanteen, diagnoosin, potilaan ko-operaation perusteella

Avustetut ventilaatiomuodot

- Tehopotilas harvoin relaksoitu ja vain konehengitysten varassa
- Koneen on tunnistettava potilaan omat hengitysyritykset ja sallittava ne konehenkäysten väliin joustavasti, sykronoidusti
- SIMV, synchronized intermittent mandatory ventilation
- P-SIMV, SIMV (PC)+PS, SIMV (VC)+PS, SIMV (PRVC)+ PS

Avustetut ventilaatiomuodot

- Jos potilas osallistuu itse hengittämiseen l. triggaa hengityksen, kone avustaa hengitystä painetuen (PS) avulla, ja auttaa saavuttamaan halutun kertahengitystilavuuden
- PS, pressure support, 0-20, säädetään niin että saadaan haluttu kertatilavuus
- Triggauskynnystä eli koneen herkkyyttä tunnistaa potilaan omat hengitysyritykset voidaan muuttaa

PRVC / APV

- Pressure regulated volume control/Adaptive pressure ventilation
- Volyymi ja painekontrolloitu muoto
- Takaa halutun kertavolyymin, mutta ei anna hengitystiepaineen nousta
- Yhdistettynä SIMVhen sallii joustavasti omat hengitykset
- Ensimmäinen hengitys on volyymikontrolloitu, tästä mitataan tasannepaine, joka on seuraavien hengitysten huippupaine

Spontaani hengitys

- PS/CPAP / SPONT
  - Potilas itse triggaa eli aloittaa hengityksen ja määrää frekvenssin
  - Backup moodi taustalla jos potilas väsähtää
  - Sis.hengityksen tueksi PS, määrittää kertavolyymin
  - PEEP pitämään alveolit auki ja auttamaan happeutumisessa

Hengitysmuodot Servo vs Hamilton

• VC-volyymikontrolli	(S)CMV
• PC- painekontrolli	P-CMV
• PS/CPAP	Spont
• SIMV (VC) + PS	SIMV
• SIMV (PC) + PS	P-SIMV
• SIMV (PRVC) + PS	APVsimv
• Bi-Vent	APRV

ASV

- Adaptive Support Ventilation
- Mahdollisimman vähän säätöjä, henkäys henkäykseltä kone aistii potilaan tarpeita ja sopeuttaa hengitykset, keuhkoja säästävä strategia
- Takaa minuuuttivolyymin mahdollisimman pienellä paineella ja pienellä potilaan tekemällä työllä
- Vieroittaa automaattisesti, ja jos tarvetta tehostaa hengitystä myös se automaattista
- Virtaus laskeva, kaasujen jakautuminen keuhkoihin parempaa

ASV

- MinVol%
  - Tarjoaa 100ml/min/kg = 100%, voidaan säätää nupista 70-300%, 70kg = 7l/min
  - CO2 perusteella joko lisätään tuuletusta eli prosentteja lisää eli minuuttivolyymi suurenee tai toisinpäin
  - Ei voida säätää frekvenssiä eikä kertahengitystilavuutta
  - Kone antaa potilaalle parhaan mahdollisen henkäyksen
- PEEP
- FiO2
- Paineenlis, ETS

VC-MMV + AutoFlow

- Tilavuuskontrolloidut konehengitykset vähenevät automaattisesti potilaan omien hengitysten lisääntyessä
- Pakotettuja hengityksiä annetaan vain jos potilas ei hengitä riittävästi saavuttaaksen tavoitellun minuuttitilavuuden
- AutoFlow: määrätty tilavuus annetaan pienimmällä mahdollisella paineella

APRV

- Airway pressure release ventilation
- Sallii spontaanihengityksen
- Ylläpidetään korkeaa hengitystiepainetta (P high) ja sallitaan lyhyt matalan paineen aika (P low), jonka aikana tapahtuu CO2 poistuminen
- Pyritään saamaan aikaan maksimaalinen alveolien rekrytaatio ja parantamaan happeutumista ja estämään haitallisen korkeat huippuhengitystiepaineet

Bifaasinen ventilaatio

- Bi-vent, BiLevel, DuoPAP
- T low aika pidempi kuin APRV
- Ei pidä sekoitaa NIV-moodeihin, BiPAP

Miten säädän

- O_2 matala
  - Nosta PEEP→ alveolit auki
  - Rekrytoinnit varoen sairaissa keuhkoissa
  - Nosta FiO_2, tarjotaan lisää happea
  - Pidennetään sisäänhengitysaikaa, jos ei kehity Auto-PEEP
  - Pidennetään sis.hengityksen taukoaikaa, annetaan hapekkaalle ilmalle aikaa levitä tasaisemmin
  - Muista sedatoida/relaksoida potilas tarpeen mukaan

ORIGINAL ARTICLE

Neuromuscular Blockers in Early Acute Respiratory Distress Syndrome

Laurent Papazian, M.D., Ph.D., Jean-Marie Forel, M.D., Arnaud Gacouin, M.D., Christine Penot-Ragon, Pharm.D., Gilles Perrin, M.D., Anderson Loundou, Ph.D., Samir Jaber, M.D., Ph.D., Jean-Michel Arnal, M.D., Didier Perez, M.D., Jean-Marie Seghboyan, M.D., Jean-Michel Constantin, M.D., Ph.D., Pierre Courant, M.D., Jean-Yves Lefrant, M.D., Ph.D., Claude Guérin, M.D., Ph.D., Gwenaël Prat, M.D., Sophie Morange, M.D., and Antoine Roch, M.D., Ph.D. for the ACURASYS Study Investigators

N Engl J Med 2010; 363:1107-1116 | September 16, 2010 | DOI: 10.1056/NEJMoa1005372

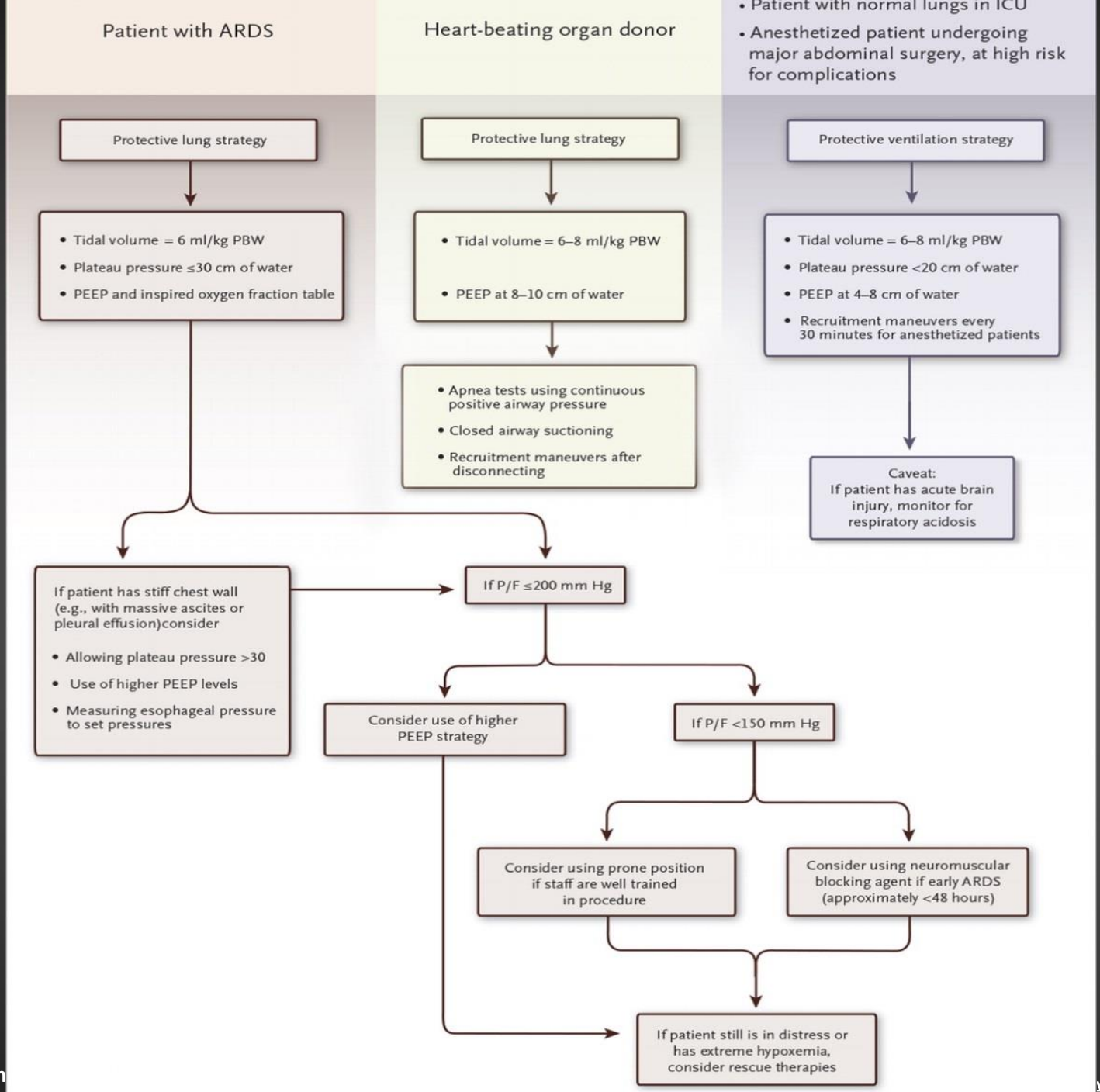
- vaikeaa ARDSää sairastavilla aikainen lihasrelaksanttien annostelu paransi 90 vrk eloonjäämisennustetta ja vähensi ventilaattoripäiviä lisäämättä lihasheikkoutta

Miten säädän

- CO_2 koholla
  - Nosta hengitysfrekvenssiä, jos ei kehity Auto-PEEP
  - Nosta kerta-volyymia, miel max. 6ml/kg sairaassa keuhkossa
  - ASV nosta siis %Min Vol
  - Joskus siedettävä koholla oleva CO_2, permissiivinen hyperkapnia

Miten säädän

- pPeak = huippuhengitystiepaine, kuvaa suurten ilmateiden painetta, hengitystievastusta
- pPlat = tasannepaine, kuvaa painetta alveolien tasolla. Tärkeämpi paine , tavoite <30 cmH2O
  - Mitataan pidättämällä sis.hengitystä 1-2s (insp.hold)
- Potilaan sedaation optimointi ja tarvittaessa relaksaatio



Slutsky AS, Ran

ENGLAND
AL of MEDICINE

KEEP
CALM
AND
DO NO
HARM

The NEW ENGLAND JOURNAL of MEDICINE

REVIEW ARTICLE

CRITICAL CARE MEDICINE

Simon R. Finfer, M.D., and Jean-Louis Vincent, M.D., Ph.D., *Editors*

Ventilator-Induced Lung Injury

Arthur S. Slutsky, M.D., and V. Marco Ranieri, M.D.

yhteenvetoa

- Keuhkoja säästävä ventilaatio
  - Kertatilavuus 6ml/kg ihannepainosta
  - pPlat < 30 mmHg
- Riittävä PEEP
- Sedaatiotauot päivittäin