

Gäller för: Verksamhet AnOplva neonatal barn
Innehållsansvar: Anders Flisberg, (andfl), Överläkare
Godkänd av: Angela Hanson, (angha), Verksamhetschef

Giltig från: 2025-09-03

Giltig till: 2027-09-03

Invasiv ventilation inom neonatalverksamheten

Förändringar sedan föregående version

Ny rutin

Innehållsförteckning

Förändringar sedan föregående version	1
Bakgrund och syfte.....	1
Utförande.....	2
Arbetsgrupp.....	10
Källförteckning.....	10

Bakgrund och syfte

Syftet med dokumentet är att ta fram evidensbaserade rekommendationer för invasiv ventilation vid neonatal intensivvårdsavdelning. Målsättningen är en riktlinje som skall leda till bästa kort- respektive långtidsresultat avseende lungans återhämtning och utveckling hos det nyfödda barnet (i synnerhet det förtidigt födda barnet).

Bakgrund:

Nyfödda barn har ofullständigt utvecklade lungor som kan skadas vid invasiv ventilation. Detta gäller i synnerhet det prematura barnets lungor.

Invasiv ventilation utgör en viktig riskfaktor för utvecklingen av BPD (bronkopulmonell dysplasi) hos det prematura barnet.

De bakomliggande orsakerna till att skada uppstår kan beskrivs med begreppet VILI (Ventilator Induced Lung Injury). Dessa utgörs av: Volutrauma, Atelektotrauma och Biotrauma (inflammation, syrgastoxicitet). För att begränsa skada behövs optimering av invasiv ventilation

Utförande

Indikationer invasiv ventilation:

Respiratorisk acidosis (respiratorisk insufficiens), hypoxi, djupa apnéer, RDS, apnea of prematurity, sepsis, postoperativ återhämtning, PPHN (pulmonell hypertension), MAS (mekoniumaspiration), kongenital pulmonell och/eller kardiell anomali, HIE (hypoxisk ischemisk encephalopati, CDH (medfött diafragmabråck).

Urval

Ventilationstekniker där bakomliggande evidens visar på bäst långtidsresultat och minst skada på det nyfödda barnets lunga (framför allt det prematura barnet)

Konventionell ventilation

Mest använda ventilationsmetoden är time cycled, pressure limited ventilation

1. IMV (intermittent mandatory ventilation)
2. SIMV (synchronized intermittent mandatory ventilation)
3. SIPPV (synchronized intermittent positive pressure ventilation eller A/C (assist control))
4. PSV (pressure support ventilation)

För och nackdelar

Synkroniserad ventilation anses sänka MAP (medelluftvägstrycket), reducera behovet av sederiing samt förkorta tid i respirator. Det är även associerat till mindre risk för pneumothorax och anses ge stabilare syresättning samt minskning av blodtrycksfluktuationer

SIPPV ger stabilare tidalvolym, kortare utträningstid ur respirator samt mindre andningsarbete (work of breathing) jämfört med SIMV. Detta gäller framförallt hos de prematura barnen

PSV förutsätter egen andningsdrive. PSV i kombination med SIMV reducerar andningsarbetet jämfört med endast SIMV

Volume targeted ventilation (VTV) (Volume guarantee) är associerat till ett flertal fördelar (jämfört med tryckkontrollerad ventilation)

- sänkning av mortalitet, BPD, pneumothorax, PVL/grad 3 blödning. Bidrar till kortare respiratortid (dagar), likvärdigt gasutbyte men mindre andtagsvolym, stabilare tidalvolym samt ger sänkning av PIP (positivt inspiratoriskt tryck)

High frequency oscillatory ventilation (HFOV)

Anses reducera risk för BPD (prematura). Metaanalys-borderline signifikans jämfört med konventionell ventilation (i studierna användes pressure limited men inte volume target ventilation vid konventionell ventilation)

Andra indikationer för HFOV: lunghypoplasi, pneumothorax, PPHN, i rescuesyfte när konventionell ventilation inte räcker till, PIE (pulmonellt interstitiellt emfysem) och lungblödning

Invasiv ventilation av barn i neonatalperioden

1. Konventionell ventilation (synkroniserat, volymstyrt)

2. Högfrekvens ventilation

Studier visar ingen signifikant skillnad i outcome vid jämförelse mellan dessa båda tekniker (läs triggad konventionell ventilation och HFOV (Cochrane))

SIPPV till prematura barn (volymstyrd konventionell ventilation) respektive HFOV är båda kopplade till minskad risk samt svårighetsgrad av BPD hos prematura barn

Rekommenderade ventilationstekniker

1. Prematura barn: SIPPV(AC), volymstyrd ventilation. Hos ELBW bör HFOV med volymgaranti vara första valet. HFOV bör även väljas till andra prematura barn där det krävs höga tryck (peak inspiratory pressure) eller där koldioxidnivåer inte går att hantera med konventionell ventilation

Pressure support kan användas till större/mognare respiratorberoende prematura barn med svår BPD och intakt andningsdrive

2. Fullgångna barn: SIPPV volymstyrd ventilation i första hand (SIMV kan övervägas hos fullgångna barn med adekvat spontan VT eller hos barn med apné som orsak till respiratorbehov). HFOV används som rescue-ventilation när konventionell ventilation inte räcker till eller när peak inspiratory pressure är så hög att tidalvolymerna överstiger de rekommenderade

HFOV är sannolikt mer effektiv vid behandling av PPHN med iNO jämfört med konventionell ventilation. HFOV används med fördel till barn med pneumothorax, lunghypoplasi, PIE och lungblödning

Pressure support kan användas vid urträning ur respirator vid adekvat andningsdrive

Sammanfattning:

Invasiv ventilation bör om möjligt undvikas

Vid behov av invasiv ventilation i neonatalperioden bör i första hand volymsstyrd konventionell ventilation alternativt volymsstyrd HFOV användas

Konventionell Ventilation med volymgaranti

Modes: SIPPV (A/C), SIMV med Pressure support

Volymgaranti (VG) är en volymriktad ventilation som kombinerar fördelar av tryckstyrd ventilation med möjligheten att leverera en mer jämn tidalvolym (V_t). Funktionen kan jämföra den utandade V_t från föregående inflation och automatiskt justera topstrycket (PIP) upp eller ner för att uppnå en förbeställd/önskad V_t . VG kan användas med SIPPV(A/C), SIMV eller Pressure Support Ventilation (PSV).

Viktiga fördelar med VG är:

- Undvikande av för stor V_t : VG minskar antalet överdrivna tidalvolymmer och med detta risken för air leaks och förekomsten av BPD
- Undvikande av hypokapni/hyperkapni, leder till färre PVL och IVH
- Snabbare urträning med mindre dagar av respiratorvård. PIP minskas i realtid. Behov av färre invasiva blodgasmätningar
- VG säkerställer en relativt stabil V_t även hos de minsta nyfödda som har mycket varierande andningsdrive och omogen andningskontroll

VG fungerar bäst i redan väl rekryterade lungor (lämplig PEEP och surfaktant bör användas först)!

Inställning av VG i SIPPV

Steg 1. Välj den önskade V_t med tanke på patientens vikt/gestationsålder och lungsjukdom:

- fullgånget barn, sen och måttligt prematurt barn med RDS med vikt 1250 - 2500 g, fullgånget barn med diafragmabräck 4 - 4,5 ml/kg
- prematurt barn med RDS, vikt 700-1250g 4,5–5 ml/kg
- prematurt barn med RDS, vikt <700 g 5,5 - 6 ml/kg
- prematuritet, begynnande BPD 5,5 - 6,5 ml/kg
- fullgånget barn med mekoniumaspiration och obstruktion 5,5 - 6 ml/kg
- fullgånget barn med mekoniumaspiration och mest surfaktantbrist/kemisk pneumoni 4,5 - 5 ml/kg
- svårt kroniskt BPD 7–12 ml/kg. Se tab.1

Alternativt om man byter från vanlig SIPPV till SIPPV+VG och pCO_2 är acceptabelt, observera medelvärdet på V_t och ställ sedan in V_t -målet på samma nivå.

Steg 2. Ställ in PIP-gränsen 3–5 cmH_2O över förväntat PIP-behov.

Steg 3. Ställ in backupfrekvens med ca 10 frekvens mindre än barnets egen andning.

Steg 4. Se till att ha rätt PEEP. VG använder det lägsta möjliga PIP och därför är adekvat PEEP viktigt för att säkerställa bra funktionell residualkapacitet (FRC).

Steg 5. Notera om det finns stort läckage från tuben för vilket apparaten inte kan kompensera.

Senare justering:

- Vid behov justera Vt i steg om 0,5–1 ml/kg upp och ner.
- Takypne, indragningar, låg PIP och stigande FiO₂ indikerar otillräckligt andningsstöd. Vt är för lågt för barnet och detta kan bero på:
 1. dead space av flödessensorn är relativt stort i förhållande till barnets Vt (ffa extremt prematura barn med FV <1,2 kg).
 2. ökad alveolär dead space - överexpanderade lungor/airtrapping
 3. metabolisk acidosis för vilken barnet försöker kompensera
- Uppehåll av spontan andning kan indikera att Vt är inställt för högt vilket resulterar i respiratorisk alkalos som påverkar barnets andningsdrift.

Urträning

- VG är i sig själv ett weaning mode. Ventilatorn sänker PIP själv
- Vt skall vara minst 3,5–4 ml/kg. Överväg att höja PEEP för att behålla adekvat FRC när PIP kommer ner
- Frekvensjustering behövs inte
- Överväg extubation om PIP är <12–16 cmH₂O med tillfredsställande blodgas, bekväm andning utan tachypné och FiO₂ är <0,35.

Synchronised Intermittent Mandatory Ventilation

SIMV är ett ventilationsmode som liknar SIPPV med enda skillnad att spontan andning utöver backupfrekvensen inte stöds och då får patienten endast PEEP tryck.

- Respiratorinställningar sätts in på samma sätt som i SIPPV mode: man väljer PIP, PEEP, andningsfrekvens, Ti och eventuellt Vt med volymgaranti. Vid val av Vt gäller samma principer som för SIPPV
- SIMV rekommenderas inte som andningsstöd i den akuta fasen av lungsjukdom, särskilt inte till små prematura barn, då detta kan resultera i ojämna tidalvolymmer, ökat andningsarbete och trötthet
- SIMV rekommenderas i kombination med Pressure Support Ventilation (PSV) främst för urträning hos fullgångna barn, ex-prematura barn med BPD eller som första val för barn med friska lungor som ligger i respirator för en annan anledning – neurologiska sjukdomar, operation, etc.

- Urträning från SIMV sker med sänkning av backupfrekvens och PIP. Om Volym Guarantee är redan insatt så sjunker PIP spontant vid klinisk förbättring och urträning sker genom frekvensjustering.

Pressure Support Ventilation (PSV)

- I PSV stöds alla spontana andetag helt eller delvis av ett inspiratoriskt tryck utöver vanligt PEEP. Detta är för att underlätta andningsarbetet och motverka resistensen i endotrakealtuben och respiratorikretsen
- Både början och slutet av inandningen är synkroniserade med patientens egen andning (till skillnad från SIPPV/SIMV). Apparaten kan justera automatisk Ti i förhållande till patientens behov. På så sätt minskar behovet av sedering
- PSV kan användas antingen som ett självständigt mode hos barn med bra respiratorisk drive eller i kombination med SIMV
- Initial inställning av PSV i Leoni respirator sker så här:
 1. Välj SIMV och tryck sedan på PSV-knappen för att aktivera funktionen
 2. Ställ in tryckstödnivån till önskad nivå (Psupport). Det minimala stödet är 6 cm H₂O över PEEP
 3. Ställ in PEEP (som är samma för både SIMV och PSV)
 4. Ställ in den inspiratoriska tidsgränsen (T_{insp.max}) som ska vara cirka 50% längre än den spontana inandningstiden
 5. Ställ in parametrar för SIMV - Ti backup och Frekv. Önskar man att använda VG då gäller detta bara för SIMV.



IPPV / IMV	S-IPPV	PSV-SIMV	CPAP	HFO	PSV
T _{Exp} s	3.55	I:E	1:7.9	Trig Vol ml	-
P _{Insp} mbar	14.0	P _{Support} mbar	8.0	PEEP mbar	6.0
Flöde _{Insp} l/min	10.0	Flöde _{Exp} l/min	4.0	T _{Insp max} s	0.70
Trig Vol %	20	Frekv bpm	15	T _{I Backup} s	0.45
V _{TG} ml	Av	V _{T Gräns} ml	Av	O ₂ %	21

- PSV är främst utformad som ett urträningsmode. Ej lämpligt för prematura barn med RDS i akut fas. Kan vara användbar hos barn med BPD
- Urträning görs genom att sänka tryckstödnivån (inte lägre än 6 cm H₂O) samt andningsfrekvens och PIP om SIMV används.

HFOV (high frequency oscillatory ventilation)

1. Indikationer, var god se inledning

Vid åkommor som lunghypoplasi, lungblödning samt RDS hos ELBW är sannolikt HFOV det bästa valet av ventilationsteknik

2. Förberedelse

- a) Utvärdera behov och underliggande sjukdom och planera vilken strategi som bör användas. Här beskrivs metod som är lämplig för homogen lungsjukdom som RDS. För andra sjukdomar se strategier vid olika lungsjukdomar
- b) Om patienten ligger i respirator (SIPPV)
 - i. notera MAP
 - ii. Rensug innan start

3. Start

- MAP styr syresättning och lungexpansion. MAP påverkar också resistens i vaskulär lungbädd och blodflöde igenom lungkapillärer. Därför är det MAP som primärt styr syrgastransfer mellan alveoler och kapillärer och därmed syresättning. Som referens behövs MAP på 7–9 för att ventilerade friska lungor men MAP 15 vid svår lungsjukdom. MAP mellan 15–20 används i enstaka fall som rescue. För högt MAP resulterar i överexpansion och risk för pneumothorax samt försämrade cirkulation genom försvårat venöst återflöde
- Vid byte från konventionell respirator kan man utgå från medeltryck i konventionell respirator +1.5 cm H₂O.
- Vid start av HFO direkt välj MAP enl. ovan. Frekvensen styr CO₂ utvädring. Högre frekvens ger lägre tidalvolym och tvärtom. Frekvens 10 Hz fungerar för olika indikationer men frekvens <10 kan behövas vid svårventilerade patienter för exempel fullgångna barn med mekoniumaspiration (6-10 Hz) och högre frekvens för lättventilerade patienter för exempel extremprematura 12-15 Hz). Se under strategier vid olika lungsjukdomar
- Amplituden styr oscillationens storlek d.v.s. andetagens storlek och därmed CO₂ utvädring. Tidalvolym för effektiv utvädring varierar med frekvens från ca 3.5 ml/kg vid 5 Hz till 1.5-2 ml/kg vid 15 Hz. Volym som behövs vid 10 Hz är 2-3 ml/kg. Effektiv ventilation kan bedömas utifrån given volym på respiratorn. Kliniskt kan vibration av bröstkorger bedömas. Den skall vibrera lätt ner till ljumskarna.

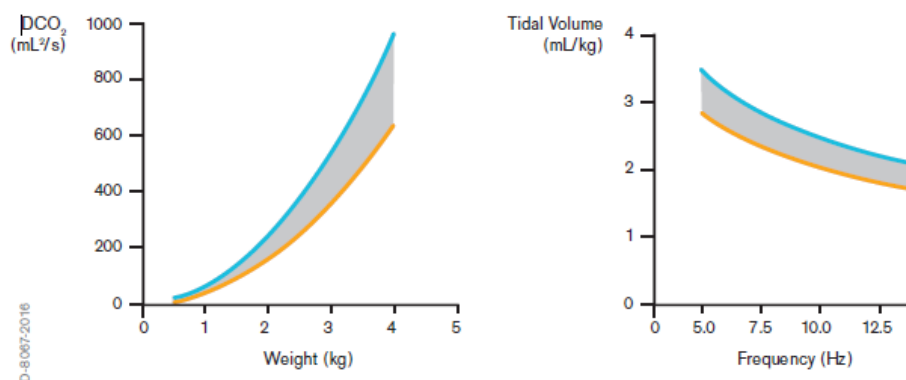


Figure 9-1: Target range for frequency and DCO₂ relative to frequency and patient weight.
Graph indicates estimated lower (orange) and upper (blue) targets for each variable.

Figur 1. DCO₂ vs vikt och frekvens

- VG – Volymgaranti
 - Tidalvolym är den faktorn som styr CO₂ utvädring enl. ovan. Volymgaranti kan användas för att låta respiratorn leverera jämnt förinställd volym genom att variera amplituden. Detta resulterar i jämnare pCO₂ hos patienten eftersom DCO₂ hålls konstant
 - DCO₂ (CO₂ diffusion koefficient) är en koefficient som reflekterar utvädring av CO₂ vid inställd Amplitud och Hz. Ökad DCO₂ minskar pCO₂. DCO₂ är linjärt relaterat till Hz men ökar exponentiellt vid ökad amplitud. $DCO_2 = VT_2 \times F$ (VT = tidalvolym F = frekvens)
- OBS! VG och DCO₂
 - I HFO utan VG leder ökad frekvens till lägre tidalvolym som resulterar i lägre DCO₂ om amplitud inte ändras.
 - *I HFO med VG leder ökad frekvens till högre DCO₂ eftersom respiratorn bibehåller samma inställda volym*

INITIAL DCO₂ FOR DIFFERENT PATIENT WEIGHTS

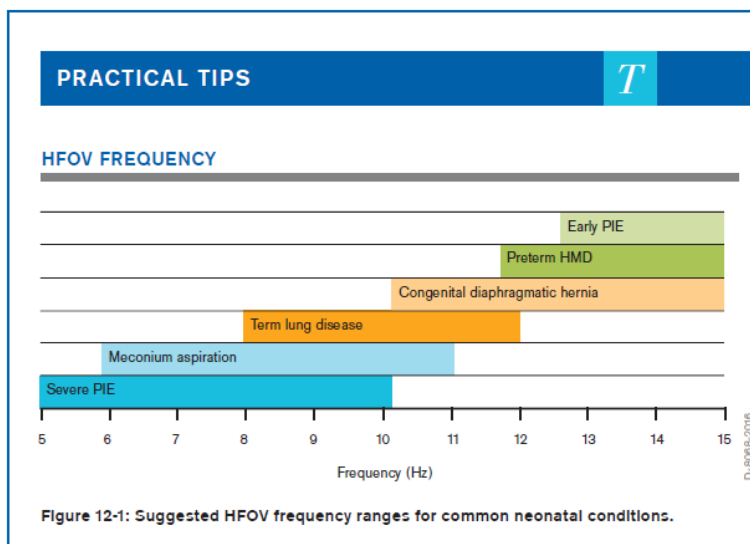
Weight (kg)	5 Hz	7 Hz	10 Hz	15 Hz
	3.46 mL/kg	2.93 mL/kg	2.45 mL/kg	2.00 mL/kg
0,5	15	15	15	15
1	60	60	60	60
2	240	240	240	240
3	540	540	540	540
4	960	960	960	960

Figur 2. DCO₂ vs Hz och Vikt

4. Fortsättning och övervakning
 - Under- och överexpansion av lungvolym under HFO är skadligt och därför skall detta monitoreras. Rtg pulm ger ett mått på lungvolym som är optimalt vid expansion till posterior revben 8–9 i mid-klavikulär linje. Vid start av HFO är det viktigt att bekräfta optimal lungvolym utifrån given MAP. Vid dynamisk lungsjukdom kan rtg pulm behövas varje dag initialt för att säkerställa detta
 - Syrgastillförsel styrs genom FiO₂ och MAP och SpO₂ monitoreras på sedvanligt sätt för att behålla saturation inom givna saturationsgränser
 - pCO₂ kan monitoreras genom blodgaser och transkutan pCO₂ mätning. Vid känd volym/DCO₂ för given patient är pCO₂ oftast stabilt och minskar behovet av provtagning
5. Urträning
 - Vid bra SpO₂ sänk FiO₂ i första hand. Vid FiO₂ <0.4–0.3 kan MAP sänkas med 1cmH₂O med några timmars intervall. Målet är att sänka MAP till nivå som ligger

nära motsvarande stöd med non-invasiv ventilation (MAP 8-10) innan extubation. Extubation kan ske direkt från HFO. Ventilation med VG minskar automatiskt amplitud i takt med ökat andningsarbete och förbättrad lungmekanik.

6. Strategier för HFO vid olika lungsjukdomar



Figur 3. Strategier vid olika lungsjukdomar

- Homogena lungsjukdomar som RDS, diffus pneumoni och lunghypoplasi behandlas idealt med HFO. Målet är jämn recruitment och bibehållet lungvolym. Fullgångna barn har optimalt frekvens 10 (8-10). Extremprematurer och ELBW (<1000g) kan ventileras effektivt och optimalt med frekvens 12-15.
- Inhomogena lungsjukdomar som fokal pneumoni, lungblödning, mekoniumaspiration och BPD kan också behandlas i HFO men kan behöva annan strategi.
 - Mekoniumaspiration: Oftast fullgångna barn som ventileras med lägre frekvens. I tidigt skede kan vara av värde att ändra I:E till från 1:1 till 1:2 för att lättare få ut sekret. Senare i förloppet när bilden har ändrat till kemisk pneumoni kan frekvens höjas och rekrytering kan vara av värde.
- Airleaks
 - Pneumothorax. För att minska risken för fortsatt läckage skall låga tidalvolym användas och därmed högre frekvens.
 - PIE. Vid signifikant PIE kan strategi med lägre frekvens och I:E 1:2 möjligen förbättra tillståndet.
- PPHN
 - Vid PPHN är det viktigt att behandla hypovolemi och hypotension innan/vid start av behandling. Vid primär PPHN sträva efter så lågt MAP som möjligt. Vid sekundär PPHN (mekoniumaspiration, atelektaser) behandla underliggande sjukdom i första hand. Samtidig behandling med NO är indicerad vid svår PPHN

Medvetet avsteg från rutinen dokumenteras i journalsystemet om rutinen är kopplad till patient. Övriga orsaker till avsteg från rutinen rapporteras i MedControl PRO.

Arbetsgrupp

Anders Flisberg, Överläkare

Daniela Todorova, Specialistläkare

Thordur Thordarson, Överläkare

Svetlana Najm, Sektionschef

Källförteckning

1. UpToDate. Mechanical ventilation in neonates. Eichenwald EC et al, May 2020
2. Synchronized mechanical ventilation for respiratory support in newborn infants Cochrane Systematic Review - Intervention Version published: 01 September 2016
3. Volume-targeted versus pressure-limited ventilation in neonates Cochrane Systematic Review - Intervention Version published: 17 October 2017
4. High frequency oscillatory ventilation versus conventional ventilation for infants with severe pulmonary dysfunction born at or near-term Cochrane Systematic Review - Intervention Version published: 08 July 2009
5. National institute for Health and Care Excellence. Specialist neonatal respiratory care for babies born preterm. Evidence reviews for respiratory support. NICE guideline NG124. Evidence reviews april 2019
6. [Respiratory Care for the Ventilated Neonate](#) Rocha G, Soares P, Gonçalves A, Silva AI, Almeida D, Figueiredo S, Pissarra S, Costa S, Soares H, Flôr-de-Lima F, Guimarães H. Rocha G, et al. Can Respir J, 2018 Aug 13;2018:7472964. doi: 10.1155/2018/7472964. eCollection 2018. Can Respir J. 2018. PMID: 3018653
7. [Mechanical ventilation strategies](#) Keszler M. Keszler M. Semin Fetal Neonatal Med. 2017;22(4):267-274. doi: 10.1016/j.siny.2017.06.003. Epub 2017 Jul 11. Semin Fetal Neonatal Med. 2017. PMID: 28709948 Review.
8. [Volume-targeted ventilation: one size does not fit all. Evidence-based recommendations for successful use](#) Keszler M. Keszler M. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed. 2019 Jan;104(1):F108-F112. doi: 10.1136/archdischild-2017-314734. Epub 2018 Aug 1. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed. 2019. PMID: 30068668 Review.
9. [Volume guaranteed? Accuracy of a volume-targeted ventilation mode in infants](#) Farrell O, Perkins EJ, Black D, Miedema M, Paul JD, Pereira-Fantini PM, Tingay DG. Farrell O, et al. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed. 2018 Mar;103(2):F120-F125. doi: 10.1136/archdischild-2017-312640. Epub 2017 Jun 28.
10. [The neonatal lung--physiology and ventilation](#) Neumann RP, von Ungern-Sternberg BS. Neumann RP, et al. Paediatr Anaesth. 2014 Jan;24(1):10-21. doi: 10.1111/pan.12280. Epub 2013 Oct 24. Paediatr Anaesth. 2014. PMID: 24152199 Review
11. [European Consensus Guidelines on the Management of Respiratory Distress Syndrome - 2019 Update.](#) Sweet DG, Carnielli V, Greisen G, Hallman M, Ozek E, Te Pas A, Plavka R, Roehr CC, Saugstad OD, Simeoni U, Speer CP, Vento M, Visser

- GHA, Halliday HL. Sweet DG, et al. Neonatology. 2019;115(4):432-450. doi: 10.1159/000499361. Epub 2019 Apr 11. Neonatology. 2019. PMID: 30974433
12. [Modes and strategies for providing conventional mechanical ventilation in neonates.](#) van Kaam AH, De Luca D, Hentschel R, Hutten J, Sindelar R, Thome U, Zimmermann LJI. van Kaam AH, et al. Pediatr Res. 2019 Nov 30. doi: 10.1038/s41390-019-0704-1. Online ahead of print. Pediatr Res. 2019. PMID: 31785591 Review
 13. [Lung-protective ventilation strategies in neonatology: what do we know--what do we need to know?](#) van Kaam AH, Rimensberger PC. van Kaam AH, et al. Crit Care Med. 2007 Mar;35(3):925-31
 14. Assisted Ventilation of the Neonate. An evidence-based approach to newborn respiratory care, sixth ed, 2017. Goldsmith, Karetin, Kezler, Suresh

Information om handlingen

Handlingstyp: Rutin

Gäller för: Verksamhet AnOpIva neonatal barn

Innehållsansvar: Anders Flisberg, (andfl), Överläkare

Godkänd av: Angela Hanson, (angha), Verksamhetschef

Dokument-ID: SU9805-1593997-2492

Version: 4.0

Giltig från: 2025-09-03

Giltig till: 2027-09-03