

Gäller för: Verksamhet AnOplva neonatal barn

Giltig från: 2025-09-10

Innehållsansvar: Júlíus Kristjánsson, (jlukr1), Specialistläkare, ST

Giltig till: 2027-09-10

Godkänd av: Angela Hanson, (angha), Verksamhetschef

Extremprematurer 22+0 – 27+6 HFO-respiratorbehandling de första levnadsdagarna

Förändringar sedan föregående version

Ny rutin

Innehållsförteckning

Bakgrund och syfte	1
Utförande	2
1. Initiala inställningar och utförande	2
2. Byt strategi när akut fas av RDS har förbättrats	4
Möjliga strategier att byta till.....	5
a) Extubera till nCPAP	5
b) Fortsatt HFO+VG med lägre frekvens	5
c) Konventionell mekanisk ventilation (CMV).....	5
3. Rekrytering i HFO med VG.....	6
Källförteckning	7

Bakgrund och syfte

Fysiologiska processer vid HFO terapi argumenterar för användning av hög frekvens vid akut RDS, särskilt hos extremt prematurt födda barn¹⁻³. Volymgaranti (VG) i HFO kan minska risken för ventilator-induced lung injury (VILI) och barotrauma samt ge stabilare koldioxidnivåer^{2,4-6}. Med tillkomst av förbättrad teknologi kan vissa respiratorer nu ge väldigt små volymer i HFO med VG på ett pålitligt sätt, vilket kan

leda till mindre risk för lungskada/VILI/inflammation och sannolikt minska risken för BPD-utveckling^{3,4,6-9}. Syftet med detta dokument är att tydligt beskriva utförande av hög frekvens, låg volym HFO+VG behandling med mål att samordna och förenkla kliniskt arbete.

Utförande

1. Initiala inställningar och utförande (se tabell 1)

Tabell 1 Initiala inställningar i HFO+VG vid RDS hos extremt prematurfödda barn, mål och klinisk användning		
	Start	Mål
MAP	10 – 12 cm H ₂ O	8 – 10 cm H ₂ O
Amplitud (ΔP)	40 cm H ₂ O (Max amplitud, VG på)	15 – 25 cm H ₂ O (ges av respirator)
Frekvens	15 Hz	16 – 17 Hz
Volym	1,7 ml/kg	så lågt som möjligt, normokapni
I:E	1:1	1:1
Vid normokapni (pCO ₂ 5.0 – 6.0 kPa)	Notera DCO ₂ ; öka Hz 1 – 2 och sänk volym 0,1 – 0,2 ml/kg samtidigt – mål att bibehålla samma DCO ₂	
Vid hypokapni (pCO ₂ < 5.0 kPa)	Sänk enbart volym med 0,1 – 0,2 ml/kg	
Vid hyperkapni (pCO ₂ > 6.0 kPa)	Öka enbart frekvens med 1 – 2 Hz	

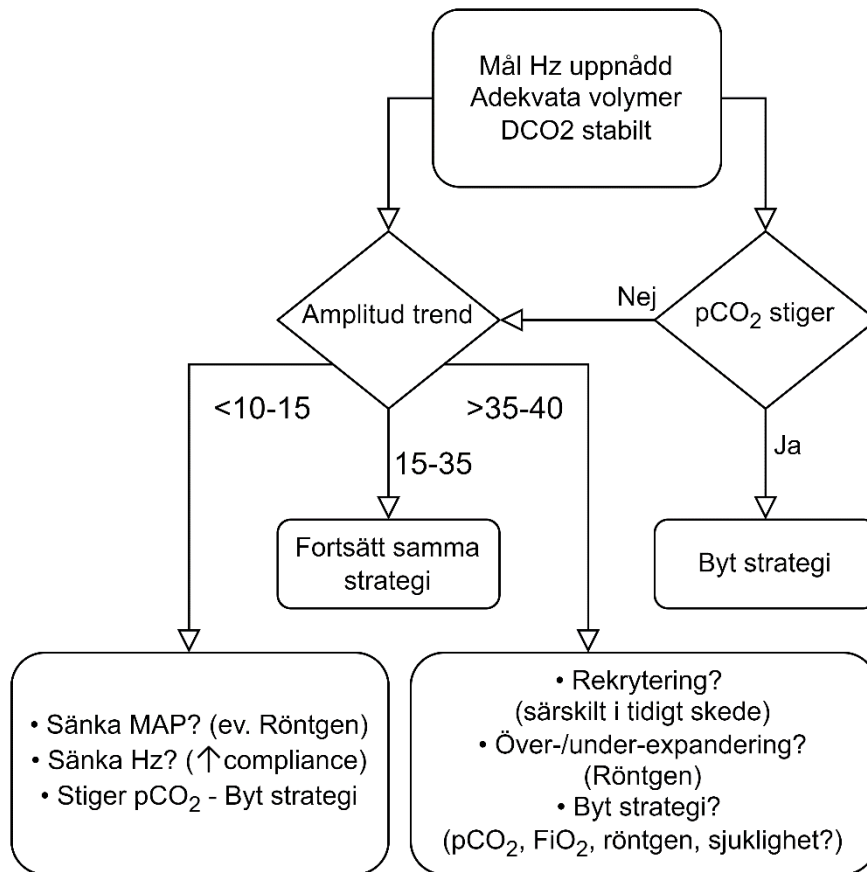
- MAP 10 – 12. Mål 8 – 10 cm H₂O. Om syrgasbehov > 30 – 50% efter surfaktantadministration eller om röntgen påvisar dåligt expanderade lungor, överväg rekrytering i HFO (se nedan)
- Frekvens start: 15 Hz. Mål: 16 – 17 Hz
- I:E 1:1
- Max-amplitud inställd på 40 cm H₂O med volymgaranti på. Mål-amplitud som ges av respirator: 15 – 25 (- 35) cm H₂O. Om höga amplituder krävs, överväg rekrytering i HFO (se nedan)
- Volymgaranti start 1,7 ml/kg. Mål: så lågt som möjligt med normokapni. Se *tabell 2* för referensvärden ml/kg vid olika Hz
- Efter att ha givit surfaktant, eventuellt rekryterat och ställt in respiratorn enl ovan tas en (arteriell) blodgas och samtidigt noteras DCO₂
- Vid adekvat blodgas med normokapni (pCO₂ 5,0 – 6,0 kPa) ökar man **samtidigt** frekvensen med 1 – 2 Hz och sänker volym med 0,1 – 0,2 ml/kg åt gången med bibehållen DCO₂
- Vid hypokapni (pCO₂ < 5.0 kPa) sänks **enbart** volymen med 0,1 – 0,2 ml/kg åt gången med mål att sänka DCO₂. Vid hyperkapni (pCO₂ > 6.0 kPa) ökas **enbart** frekvens med 1 – 2 Hz åt gången med mål att öka DCO₂

Tabell 2 Tidalvolymmer vid olika frekvenser	
Frekvens	Tidalvolym
10 Hz	2,5 – 3 ml/kg
12 Hz	2 – 2,5 ml/kg
14 Hz	1,6 – 1,9 ml/kg
16 Hz	1,4 – 1,7 ml/kg
18 Hz	1,3 – 1,5 ml/kg
20 Hz	1,0 – 1,2 ml/kg

Baserad på: Pillow J. High-Frequency Oscillatory Ventilation: Theory and Practical Applications. Dräger 2016 & Solís-García et al. Target volume-guarantee in high-frequency oscillatory ventilation for preterm respiratory distress syndrome: Low volumes and high frequencies lead to adequate ventilation. Pediatric Pulmonology 2021.

Annat att tänka på vid denna strategi

- Amplitud trend – Vid volymgaranti reglerar respiratorn själv amplituden utifrån vad som krävs för att uppnå inställd tidalvolym och vid optimala förutsättningar kan amplituden användas som ett indirekt mått på compliance^{10,11}. Sjunkande amplitud talar för bättre compliance. Vid konstant mycket låga amplituder ($\leq 10 - 15$) och lågt syrgasbehov kan sänkning av frekvens och MAP övervägas, även vid tidig postnatal ålder. Om pCO₂ stiger trots att mål Hz uppnåtts, volymer är normala och DCO₂ stabilt men amplitud är låg rekommenderas ändring i strategi. Se *flödesschema*. Vid kvarstående höga amplituder ($> 35 - 40$) efter surfaktant har givits rekommenderas att överväga rekrytering (se nedan), särskilt i tidig postnatal ålder. Höga amplituder i senare skede skall ej rekryteras utan att underexpansion har konstaterats. Över- och underexpansion, sekret och tillstånd med minskad compliance (ex. interstitial vätska) kan ge hög amplitud⁵. Observera att fel placering av tub kan ge hög eller låg amplitud. Se *flödesschema*.
- I:E – vid användning av mycket hög frekvens (> 14 Hz) kan man enbart använda I:E 1:1 på grund av kort inspirationstid vid så hög frekvens. Vid kortare inspirationstid (I:E 1:2) och > 14 Hz riskeras att respiratorn inte kan uppnå önskad tidalvolym^{1,2,12}.
- pCO₂ mål – normokapni. Eftersom strategin ovan använder väldigt låga volymer är risken för VILI mycket låg och det finns ingen anledning att använda ”permissive hypercapnia”.
- Hur hög frekvens som skall ges beror på barnets storlek och vilka inställningar som kan bibehålla adekvat ventilation. Tumregeln är att mindre barn behöver högre frekvens och att man skall eftersträva så hög frekvens som möjligt när compliance fortfarande är lågt (under den akuta fasen av RDS)^{1,3,4,6,8,12,13}.
- DCO₂ – är individuellt och beroende av ”respiratory mechanics”, DCO₂-siffror för adekvat ventilation är ej direkt jämförbara mellan patienter^{6,13}.



2. Byt strategi när akut fas av RDS har förbättrats

När den akuta fasen av RDS förbättras ökar lungornas compliance vilket leder till att den optimala frekvensen (Hz) för ventilation blir lägre än vid akut RDS^{1,14}. HFO behandling av lungor med förbättrad compliance kan leda till otillräcklig oscillering och ökning av intra-alveolärt dead-space^{1,14}. Detta ökar risken för ineffektiv ventilation trots ökade volymer samt risk för barotrauma, överdistendering och pulmonell interstitiell emfysem (PIE)^{1,2,4,5}. Individuellt anpassad strategi behövs.

Tecken på att ändring i ventilationsstrategi kan behövas

- Frekvens på mål-Hz, DCO2 stabilt men patienten kräver högre volym/kg än anges i *tabell 2* pga. stigande pCO₂ och/eller
- Amplitud för att uppnå volymer blivit väldigt låg ($\leq 10 - 15$) eller väldigt hög ($> 35 - 40$) och/eller
- Förbättring av patientens respiratoriska status bör föranleda ändring av ventilationsstrategi (se nedan), kan inträffa tidigt. Individuell bedömning utifrån respiratoriska tillstånd och riskfaktorer. Ändring av strategi bör övervägas **senast vid 5–7 dagars** postnatal ålder.

Möjliga strategier att byta till

a) Extubera till nCPAP

Individuell bedömning för varje patient måste göras. En av de största riskfaktorerna för BPD-utveckling är tid i respirator^{15,16}. En svensk studie på barn < 26v har visat mindre BPD och ingen ökad reintubationsrisk vid extubation inom den första levnadsveckan jämfört med senare extubation¹⁷. Studier på extremt prematura barn rekommenderar inte fortsatt invasiv ventilation enbart grundad på vikt eller gestationsålder¹⁸. ”Extubation readiness test“ (ex. CPAP på tub) rekommenderas ej. Övergång från HFO till konventionell behövs ej innan extubation.

b) Fortsatt HFO+VG med lägre frekvens

Sänka Hz: Anledning till behov av lägre Hz – se bakgrund ovan. Optimala Hz kan variera beroende på underliggande tillstånd. Sänk initialt till 14 Hz och utvärdera. Mål 10 – 12 Hz hos de minsta barnen.

Justera volym och notera DCO₂: Med sänkt Hz behövs sannolikt högre volymer i volymgaranti men med minskad amplitud-dämpning och förbättrad intra-alveolärt flöde är det möjligt att enbart en försiktig ökning av volymen behövs. Stegvis ökning av volymen med regelbundna kontroller av pCO₂ rekommenderas, se *tabell 2 och 3* för stöd. När stabila pCO₂ uppnås noteras DCO₂ och detta används sedan som ”nytt” optimalt DCO₂.

Överväg ändring av I:E förhållande: Med förlängd expiration i HFO får man ökad utvädring av koldioxid samt minskad risk för överdistendering och PIE^{1,2,12,19}. Vid tillstånd som kräver längre expiration och där MAP höjning bör undvikas (överdistendering, PIE) kan I:E 40:60 (1:1,5) utgöra ett alternativ².

Röntgen för optimering av MAP: Med förbättrad compliance finns risk för överdistendering men även atelektasbildning. Följ amplitudtrend. Röntgen lungor rekommenderas för utvärdering vid tveksamhet.

c) Konventionell mekanisk ventilation (CMV)

Generellt rekommenderas CMV efter 2 – 3 veckor av invasiv ventilation hos extremt prematura barn om inte extubation i tidigt skede är möjlig⁵. Vissa barn kan trivas bättre i CMV, som mål skall volymgaranti användas. Respiratorn kan ge olika topptryck beroende på om patienten drar egna andetag eller inte. Så länge patienten får tillräckliga volymer, ”work-of-breathing” (WOB) är inte ökad och pH/pCO₂ är stabilt bedöms stödet från respiratorn vara tillräckligt⁵. Teoretiskt finns risk för atelektas när PIP sjunker till låga nivåer med volymgaranti men med tillräckligt PEEP bedöms risken vara obetydlig⁵.

Tabell 3. Olika strategier att byta till vid förbättrad compliance	
Extubation	Eftersträvas. Individuell bedömning
Fortsatt HFO+VG	Sänka Hz, försiktig ökning av volym. Notera DCO ₂ vid stabila pCO ₂ . Överväga I:E 40:60. Amplitud trend. Röntgen.
Konventionell MV	SIPPV / SIMV+PS med VG, tillräcklig PEEP. Bedöm WOB, pH/pCO ₂ och kurvor i realtid. Röntgen.

3. Rekrytering i HFO med VG

Rekrytering syftar till att optimera compliance, minska tidalvolymerna och därmed risk för VILI. Rekrytering kan även minska atelekto-trauma och heterogen överexpansion samt syrgasexponering^{1,2}. Rekrytering skall bara användas för rekryterbara sjukdomar (ex. akut RDS)². Rekrytering skall övervägas när $FiO_2 > 0,3 - 0,5$ och/eller Amplitud > 35 cmH₂O efter att surfaktant har givits. Rekrytering av extremprematurer efter de första 5 – 7 levnadsdagarna rekommenderas ej, om inte säkerställd hypoexpansion av lungor föreligger². Rekrytering bör undvikas vid lunghypoplasi. Volymgaranti skall **alltid** användas vid rekrytering för att undvika överventileringsrisk^{1,2,10,11}.

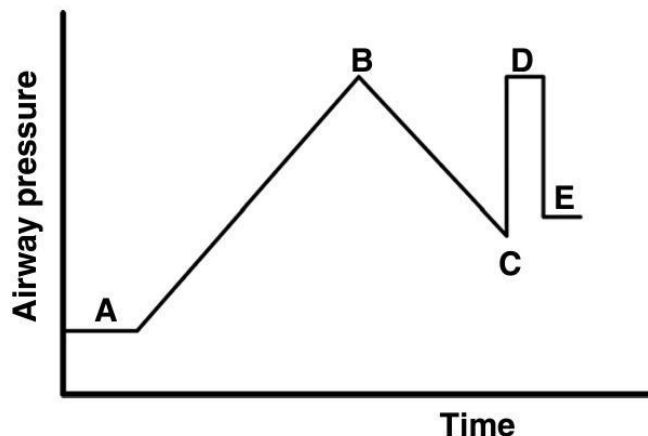
Förslag till utförande (se bild nedan – bilden publiceras med godk av författare²)

1. Notera FiO_2 och amplitud innan start. Sätt på volymgaranti om det inte redan gjorts
2. Börja på MAP 8 – 10 cm H₂O och öka med 1 cm H₂O var 3:e – 5:e. (A) Maximal ökning rekommenderas ej överskrida 16 cmH₂O, förutom i undantagsfall
3. När O₂ har kunnat sänkas med 20 – 25% från startvärde (ex. FiO_2 vid start 0,5 sjunkit till 0,37) alt. FiO_2 sjunkit till $< 0,25$ alt. förbättring avtar, och amplitud trend sjunkit tydligt jämfört med startvärde har "opening pressure" uppnåtts (B)
4. Börja sänka MAP trycket med 1 cm H₂O var 10:e minut utan att röra FiO_2
5. När SpO₂ sjunker under 90% har "closing pressure" uppnåtts (C)
6. Öka MAP tryck till "opening pressure" i 3 minuter eller tills saturation ökar igen (D)
7. Sänk till optimal MAP tryck 2 cm H₂O över "closing pressure" (E) med mål att sänka MAP ytterligare enligt *tabell 1*.

OBS. Syresättning som guide vid rekrytering kan påverkas av extrapulmonell shunt (höger-vänstershunt) alternativt kongenital hjärtsjukdom.

Övervakning

- Volymgaranti skall **alltid** användas vid rekrytering
- SpO₂ i höger hand
- Blodtrycksmonitorering rekommenderas men är inte nödvändig
- Barn $> 5 - 7$ dagars ålder: risk för överexpansion föreligger, bekräftande av underexpansion bör göras med röntgen innan rekrytering



Källförteckning

1. Pillow J. High-Frequency Oscillatory Ventilation: Theory and Practical Applications. Dräger. 2016.
2. Ackermann BW, Klotz D, Hentschel R, Thome UH, van Kaam AH. High-frequency ventilation in preterm infants and neonates. *Pediatr Res* 2023;93(7):1810–8.
3. González-Pacheco N, Sánchez-Luna M, Chimenti-Camacho P, Santos-González M, Palau-Concejo P, Tendillo-Cortijo F. Use of very low tidal volumes during high-frequency ventilation reduces ventilator lung injury. *J Perinatol* 2019;39(5):730–6
4. Ramos-Navarro C, González-Pacheco N, Rodríguez-Sánchez de la Blanca A, Sánchez-Luna M. Effect of a new respiratory care bundle on bronchopulmonary dysplasia in preterm neonates. *Eur J Pediatr* 2020;179(12):1833–42.
5. Keszler M, Gautham S. Goldsmith's Assisted Ventilation of the Neonate. 7th ed. Elsevier, Inc.; 2022.
6. Solís-García G, González-Pacheco N, Ramos-Navarro C, Rodríguez Sánchez de la Blanca A, Sánchez-Luna M. Target volume-guarantee in high-frequency oscillatory ventilation for preterm respiratory distress syndrome: Low volumes and high frequencies lead to adequate ventilation. *Pediatr Pulmonol* 2021;56(8):2597–603.
7. González-Pacheco N, Sánchez-Luna M, Ramos-Navarro C, Navarro-Patiño N, De La Blanca ARS. Using very high frequencies with very low lung volumes during high-frequency oscillatory ventilation to protect the immature lung. A pilot study. *J Perinatol* 2016;36(4):306–10.
8. Solís-García G, Ramos-Navarro C, González-Pacheco N, Sánchez-Luna M. Lung protection strategy with high-frequency oscillatory ventilation improves respiratory outcomes at two years in preterm respiratory distress syndrome: a before and after, quality improvement study. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2022;35(26):10698–705.
9. Wakabayashi K, Wilson MR, Tatham KC, O'Dea KP, Takata M. Volutrauma, but not atelectrauma, induces systemic cytokine production by lung-margined monocytes. *Crit Care Med* 2014;42(1).
10. Solis-Garcia G, González-Pacheco N, Ramos-Navarro C, et al. Lung recruitment in neonatal high-frequency oscillatory ventilation with volume-guarantee. *Pediatr Pulmonol* 2022;57(12):3000–8.
11. Rodríguez Sánchez de la Blanca A, Sánchez Luna M, González Pacheco N, Ramos Navarro C, Santos González M, Tendillo Cortijo F. New indicators for optimal lung recruitment during high frequency oscillator ventilation. *Pediatr Pulmonol* 2020;55(12):3525–31.
12. Sánchez-Luna M, González-Pacheco N, Santos M, et al. Effect of the I/E ratio on CO₂ removal during high-frequency oscillatory ventilation with volume guarantee in a neonatal animal model of RDS. *Eur J Pediatr* 2016;175(10):1343–51.
13. González-Pacheco N, Sánchez-Luna M, Arribas-Sánchez C, Santos-González M, Orden-Quinto C, Tendillo-Cortijo F. DCO₂/PaCO₂ correlation on high-frequency oscillatory ventilation combined with volume guarantee using increasing frequencies in an animal model. *Eur J Pediatr* 2020;179(3):499–506.
14. Zannin E, Dellaca RL, Dognini G, et al. Effect of frequency on pressure cost of ventilation and gas exchange in newborns receiving high-frequency oscillatory ventilation. *Pediatr Res* 2017;82(6):994–9.
15. Jobe AH, Bancalari E. Bronchopulmonary dysplasia. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163(7):1723–9.
16. Sindelar R, Shepherd EG, Ågren J, et al. Established severe BPD: is there a way out? Change of ventilatory paradigms. *Pediatr Res* 2021;90(6):1139–46.

17. Söderström F, Ågren J, Sindelar R. Early extubation is associated with shorter duration of mechanical ventilation and lower incidence of bronchopulmonary dysplasia. *Early Hum Dev* 2021;163.
18. Shalish W, Keszler M, Davis PG, Sant'Anna GM. Decision to extubate extremely preterm infants: art, science or gamble? *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2022;107(1):F105–12.
19. Pillow JJ, Neil H, Wilkinson MH, Ramsden CA. Effect of I/E ratio on mean alveolar pressure during high-frequency oscillatory ventilation. *J Appl Physiol* (1985) 1999;87(1):407–14.

Information om handlingen

Handlingstyp: Rutin

Gäller för: Verksamhet AnOpIva neonatal barn

Innehållsansvar: Júlíus Kristjánsson, (jlukr1), Specialistläkare,
ST

Godkänd av: Angela Hanson, (angha), Verksamhetschef

Dokument-ID: SU9805-1593997-3290

Version: 2.0

Giltig från: 2025-09-10

Giltig till: 2027-09-10