

Der schwierige Atemweg – Ist die infraglottische Atemwegssicherung wirklich der Endpunkt ?

Dietmar Enk



Maastricht University Medical Center
Department of Anesthesiology
Maastricht, The Netherlands

Infraglottische Atemwegssicherung – Was durch Strohhalmes alles geht !

Dietmar Enk



Maastricht University Medical Center
Department of Anesthesiology
Maastricht, The Netherlands

Können Kugelschreiber Leben retten ?

SPIEGEL ONLINE - Faktencheck (01.06.2015)

Taugt der Kugelschreiber als rettendes Utensil?

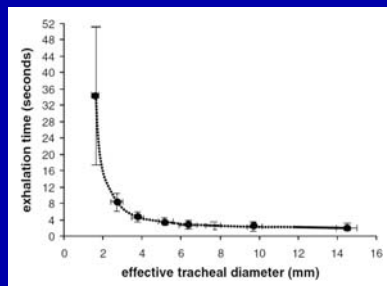
Eher nicht. Wissenschaftler in Großbritannien haben gängige Kugelschreiber auf ihre Eignung als Notfallhilfe überprüft. Das Ergebnis fiel mager aus: Die meisten Modelle waren aus Sicht der Forscher untauglich. Problematisch ist, dass die Hüllen in der Regel zur Spitze hin schmaler werden - die Atmung durch diesen kleinen Durchmesser aufrechtzuerhalten, ist meist nicht möglich.

Owens D et al.: Emerg Med J 27 (2010) 317-320

TTJV: Manujet III (VBM)

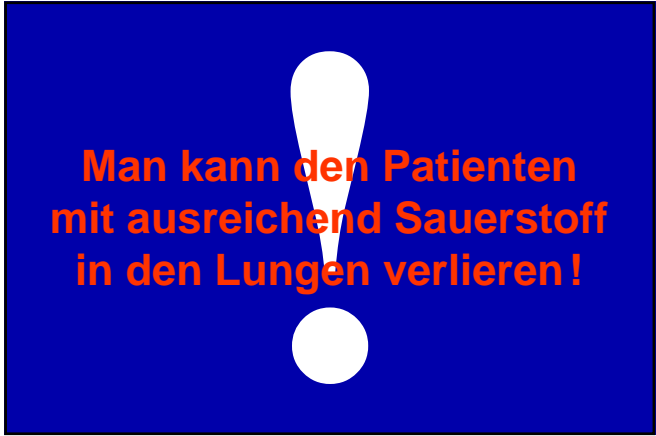


Jet-Ventilation und „air trapping“



Dworkin R et al.: J Cardiothorac Anesth 4 (1990): 731-736

**Verlegter
oberer Atemweg**



TTJV bei einem CICO-Notfall ?

Transtracheal jet ventilation in the 'can't intubate can't oxygenate' emergency: a systematic review

L. V. Duggan^{1,2,*}, B. Ballantyne Scott³, J. A. Law⁴, I. R. Morris⁵, M. F. Murphy⁶ and D. E. Griesdale^{7,8}

Conclusions: „TTJV is associated with a high risk of device failure and barotrauma in the CICO emergency. Guidelines and recommendations supporting the use of TTJV in CICO should be reconsidered.“

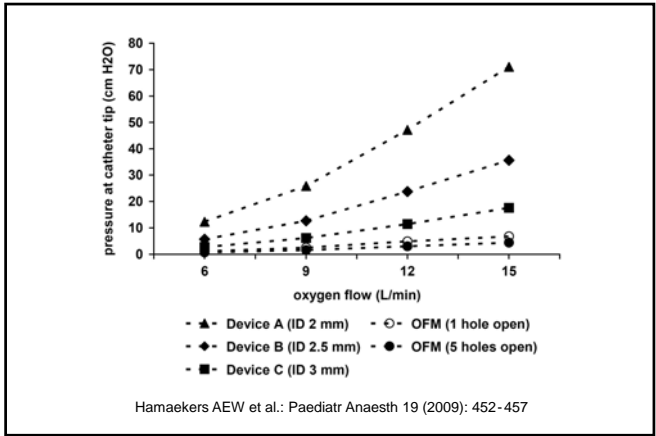
Duggan LV et al.: Br J Anaesth 117 / S1 (2016): i28-i38

Insuffiziente Fluss- und Druckentlastung!

Schaefer R et al.: Paediatr Anaesth 17 (2007): 972-976
Bould MD, Bearfield P: Anaesthesia 63 (2008): 535-639
Heard AM et al.: Anaesthesia 64 (2009): 601-608

Drei-Wege-Hahn als „jet device“ ?

Hamaekers AEW et al.: Paediatr Anaesth 18 (2008): 984
Hamaekers AEW et al.: Paediatr Anaesth 19 (2009): 452-457

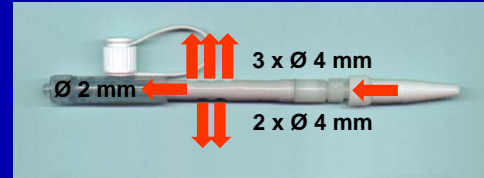


Flow-kontrollierte Oxygenierung: OFM-Set (Cook)

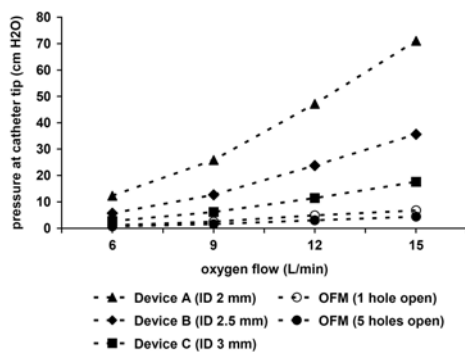


Enk D et al.: Anesth Analg 86 / S (1998): 203

OFM: Suffiziente Fluss- und Druckentlastung!



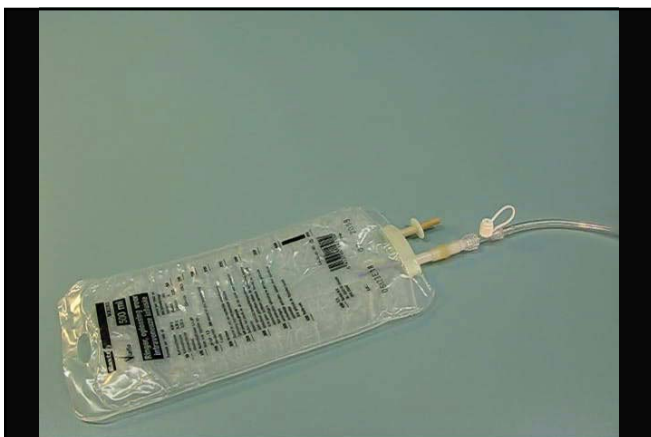
Enk D et al.: Anesth Analg 86 / S (1998): 203



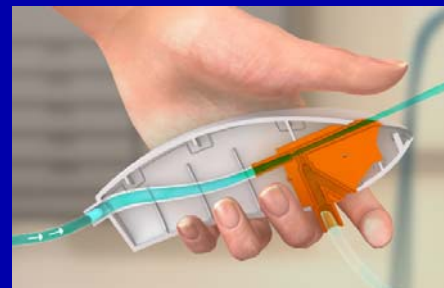
Hamaekers AEW et al.: Paediatr Anaesth 19 (2009): 452-457

Beatmung durch „Strohhalme“ ?

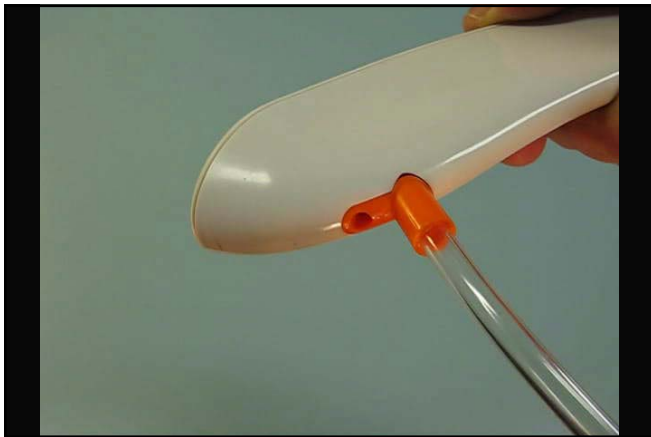
Durch kleine Lumina kann man Patienten zumeist ausreichend oxygenieren, aber nicht effektiv ventilieren!



Ventrain (Ventinova) – ein Beatmungsejektor



Enk D: Patentanmeldung 10 2007 013 385.7, DPA, 16.3.2007
Enk D: Patent 8,950,400 B2, USPTO, 10.2.2015



**Ventrain (Ventinova): Flow und (Unter)Druck
(in Kombination mit ETAC (Cook), 75 mm lang, ID 2,0 mm)**

O ₂ -Fluss (l/min) (ml/s)	6	9	12	15
Zuleitungsdruck (cm H ₂ O)	459	1017	1665	2297
Insufflationsdruck (cm H ₂ O)	23	51	91	138
dyn. Saugdruck (cm H ₂ O)	-26	-51	-76	-97
stat. Saugdruck (cm H ₂ O)	-58	-113	-171	-217
Saugleistung (l/min)	6,5	9,3	11,0	12,4

Hamaekers A, Borg P, Enk D: Br J Anaesth 108 (2012): 1017-1021

**In vitro: DE 5 (Ventrain-Prototyp) mit ETAC (Cook)
(Emergency Transtracheal Airway Catheter, 75 mm lang, ID 2,0 mm;
Sauerstofffluss 15 l O₂ / min)**

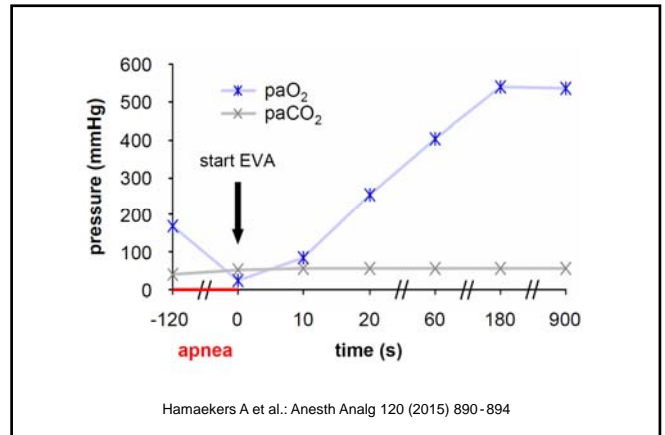
Compliance (mL/mbar)	100	50	30	10
Resistance (mbar/L/s)	2	2	2	32
MV (L/min, passive backflow)	3.45	4.27	4.95	5.45
I/E-ratio (passive backflow)	1/3.33	1/2.38	1/1.77	1/1.04
MV (L/min, novel ejector)	7.48	7.30	7.09	6.10
I/E-ratio (novel ejector)	1/1.0	1/0.98	1/0.93	1/0.82

Hamaekers AEW et al.: Euroanaesthesia, Mailand, 06.-09.06.2009

In vivo: DE 5 (Ventrain-Prototyp) mit ETAC (Cook)
(Emergency Transtracheal Airway Catheter, 75 mm lang, ID 2,0 mm)

- 6 Schweine (61 - 76 kg)
- Beatmung über 9,0 mm ID Endotrachealtubus (Tidalvolumen 10 ml/kg, FiO_2 0,4, Normoventilation ~ AMV 9,9 [9,1 - 12,0] l/min)
- liegender ETAC
- 2 Minuten Apnoe, Tubus dicht verschlossen (vollständige Obstruktion der oberen Atemwege)
- dann TTV mittels DE 5 (15 l O_2 /min, 30/min, I : E ~ 1 : 1)

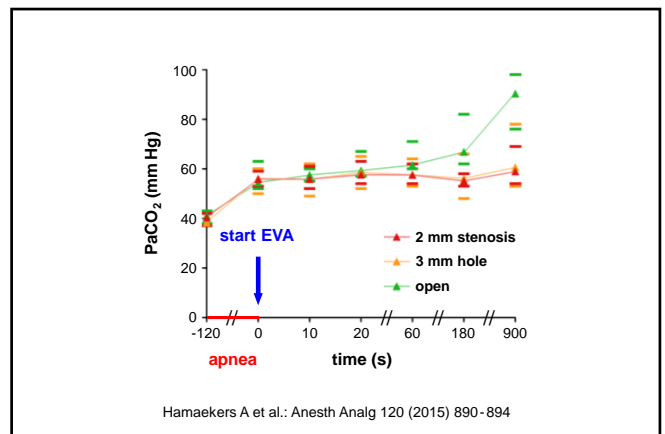
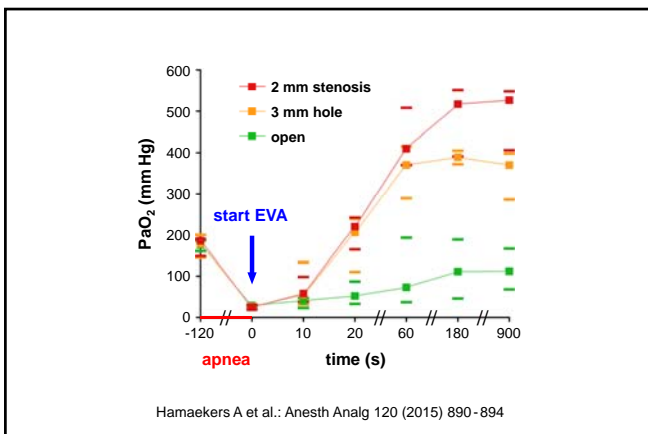
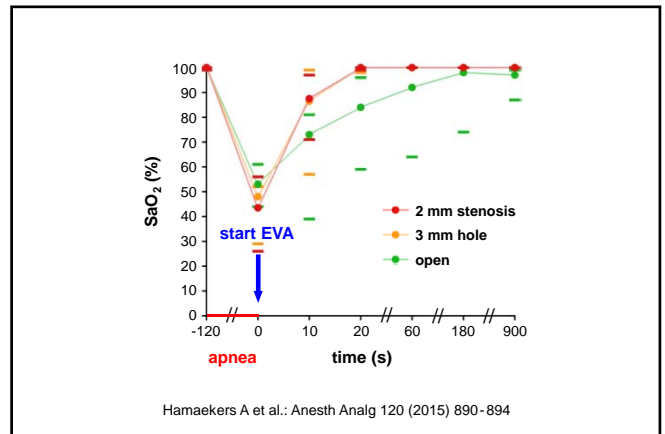
Hamaekers A et al.: Anesth Analg 120 (2015) 890 - 894



In vivo: DE 5 (Ventrain-Prototyp) mit ETAC (Cook)
(Emergency Transtracheal Airway Catheter, 75 mm lang, ID 2,0 mm)

- 6 Schweine (61 - 76 kg)
- Beatmung über 9,0 mm ID Endotrachealtubus (Tidalvolumen 10 ml/kg, FiO_2 0,4, Normoventilation)
- liegender ETAC
- 2 Minuten Apnoe, Tubus offen bzw. partiell verschlossen (50 mm lange, 2 mm Stenose bzw. 3 mm Membranloch im Sinne einer partiellen Obstruktion der oberen Atemwege)
- dann TTV mittels DE 5 (15 l O_2 /min, 30/min, I : E ~ 1 : 1)

Hamaekers A et al.: Anesth Analg 120 (2015) 890 - 894



Elektive Punktionskoniotomie im klinischen Alltag



Borg PAJ et al.: Br J Anaesth 109 (2012): 833-834

In vitro: DE 5 (Ventrain-Prototyp) mit Schlauch (bis zu 70 cm lang, ID 2,0 mm; C = 50 ml/mbar, R = 2 mbar/l/s)

Catheter length (cm)	70	60	50	40	30	20	10
MV (L/min), passive backflow	1.85	2.00	2.21	2.46	2.86	3.50	4.32
I/E-ratio, passive backflow	1/6.83	1/6.20	1/5.60	1/4.91	1/4.13	1/3.17	1/2.37
MV (L/min), EVA	5.64	5.84	6.11	6.34	6.61	7.01	7.33
I/E-ratio, EVA	1/1.57	1/1.46	1/1.39	1/1.29	1/1.22	1/1.08	1/0.99
MV-difference (L/min), EVA – passive backflow	3.79	3.84	3.90	3.88	3.75	3.51	3.01

Hamaekers AEW et al.: SAM Annual Meeting, Las Vegas, 25.-27.09.2009

In vivo: Ventrain (Ventinova) mit AEC (Cook) (100 cm lang, ID 3,0 mm; Schweine ~ 28 kg, AMV ~ 5,1 l/min)



Fig. 1: Use of Ventrain (cross section) 1A: equilibration 1B: inspiration 1C: assisted expiration

	baseline	0	1 min	2 min	10 min
SaO ₂ (%)	99.9 [99.6-100]	47.3 [29.6-56.9]	99.9 [99.1-100]	99.7 [99.3-100]	99.9 [99.6-100]
PaO ₂ (mmHg)	218 [182-246]	36.4 [30.2-38.6]	317.5 [151-406]	284 [208-317]	279.5 [241-404]
PaCO ₂ (mmHg)	38.4 [36.2-40.5]	59.5 [51.7-63.3]	40.3 [33.5-44.5]	37.1 [31.9-41]	34.8 [26.7-38]

de Wolf M et al.: Can J Anesth, DOI 10.1007/s12630-016-0760-5

Chirurgische Koniotomie (Skalpelli mit Bougie)



<https://www.youtube.com/watch?v=SbhEyGI9Y4>

Worst Case: CICO bei Säuglingen und Kleinkindern

Ventilation with the Ventrain through a small lumen catheter in the failed paediatric airway: two case reports

Editor—We would like to report two cases of ventilation through small lumen intubating and tube exchange catheters to manage critical paediatric airways using the Ventrain, a manually operated, flow-controlled ejector ventilator for emergency use.¹

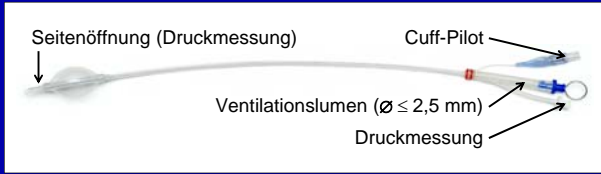
Willemsen MGA et al.: Br J Anaesth 112 (2014): 946-947

CICO bei (Klein)Kindern: Alternative zur Koniotomie



Willemsen MGA et al.: Br J Anaesth 112 (2014): 946-947

Gecuffter Ventilationskatheter (GVK)
(40 cm lang, AD 4,0 mm)



Enk D: Patentanmeldung 10 2009 013 205.8, DPA, 17.3.2009
Enk D: Patent 5655219, JPO, 5.12.2014

In vivo: Ventrain mit GVK
(40 cm lang, Lumen ø ≤ 2,5 mm)

- 6 Schweine (38-45 kg)
- Beatmung über 9,0 mm ID Endotrachealtubus (Tidalvolumen 10 ml/kg, FiO₂ 0,4, Normoventilation ~ AMV 6,9 [4,8 - 8,0] l/min)
- Beatmung mit Ventrain durch GVK für 30 Minuten (15 l O₂/min, 30/min, I: E ~ 1: 1)
- Cut-off: pCO₂ > 80 mmHg oder SaO₂ < 80 %

v. d. Beek T et al.: DAS Annual Meeting, Cardiff, 21.-23.11.2012

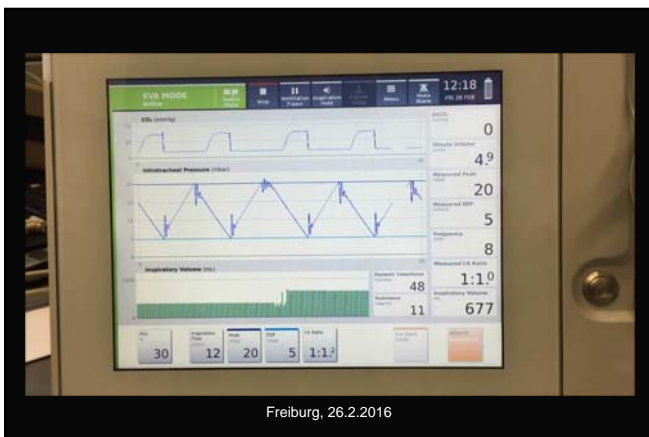
In vivo: Ventrain mit GVK
(30/min, I: E ~ 1: 1)

		baseline	10 min	30 min
paO ₂ (mmHg)	open	146 [73-173]	70 [40-209]	X
	sealed	150 [98-175]	456 [298-521]	457 [394-521]
paCO ₂ (mmHg)	open	39 [38-41]	75 [55-91]	X
	sealed	41 [37-43]	40 [34-46]	37 [32-47]

v. d. Beek T et al.: DAS Annual Meeting, Cardiff, 21.-23.11.2012



Euroanaesthesia, Berlin, Industrieausstellung, Ventinova Medical, 31.5.2015



Freiburg, 26.2.2016

„Minimally invasive ventilation“ vs. Jet-Ventilation

Vorteile:

- minimale Irritation des Larynx / der Stimmbänder
- minimale Obstruktion durch Tubus (AD 4,4 mm)
- ruhige Stimmbandebene
- gute Arbeitsbedingungen für Operateur
- „in-and-out“-Prinzip (~ Lumen ø 2-2,5 mm)

- Gasinsufflation (~ niedriger Druck)
- Trennung von unteren und oberen Atemwegen (kein Entrainment)
- kontrollierter PEEP möglich (~ adipöse Patienten)
- energetisch günstiger (~ Trauma)

Nachteile:

- Lungendrucke verglichen mit Jet-Ventilation (etwas) höher

Beatmung durch „Strohhalme“ ?

Durch kleine Lumina kann
man Patienten **nicht nur**
ausreichend oxygenieren, **sondern**
auch effektiv ventilieren!