

Notfall – wie bringe ich Sauerstoff in die Lunge ?

Dietmar Enk



Universitätsklinikum Münster
Klinik für Anästhesiologie, operative
Intensivmedizin und Schmerztherapie
D - 48149 Münster

Interessenskonflikte



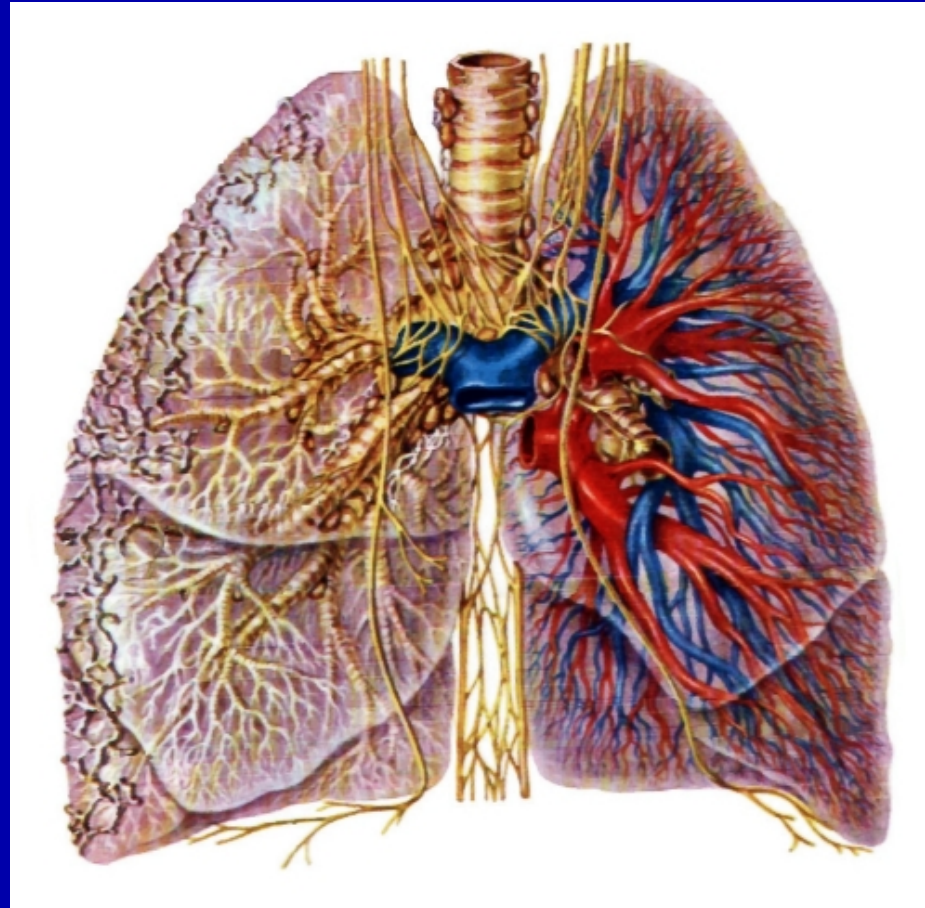
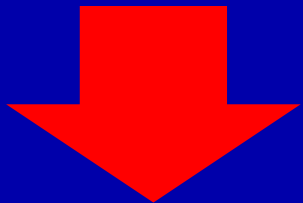
Cook Medical Inc.,
Bloomington, IN, USA:
Lizenzgebühren



Ventinova Medical B.V.,
Eindhoven, NL:
Lizenzgebühren,
Beratertätigkeit

Apnoeische Oxygenierung („diffusion respiration“)

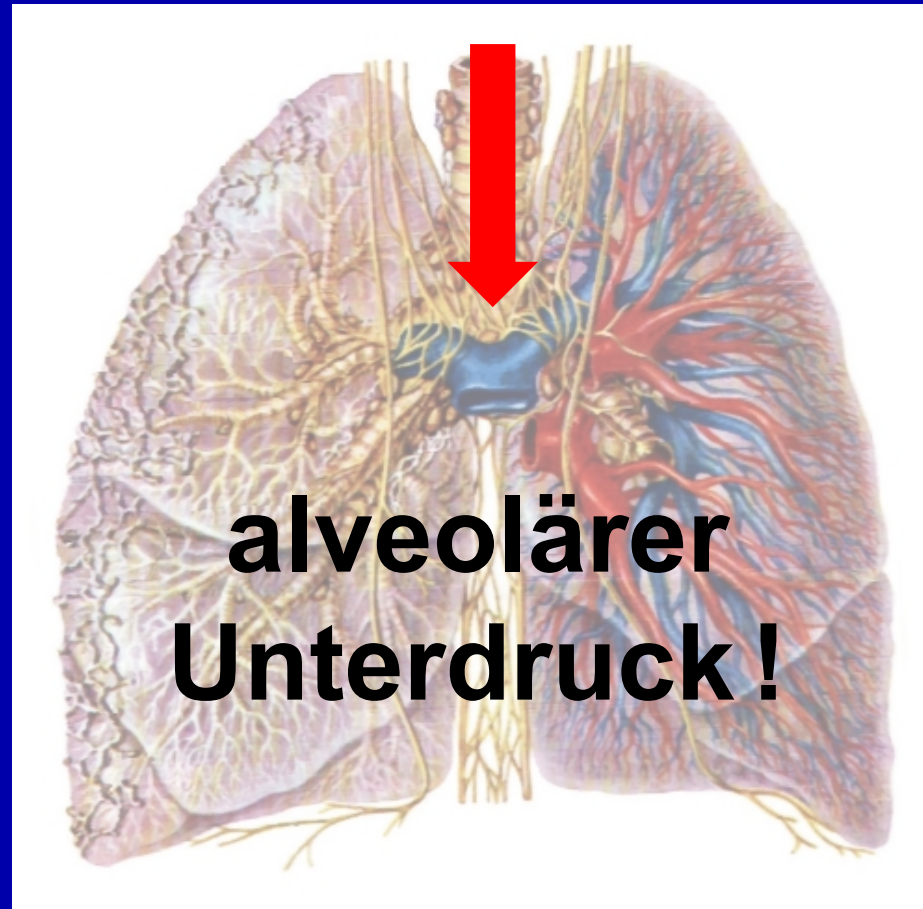
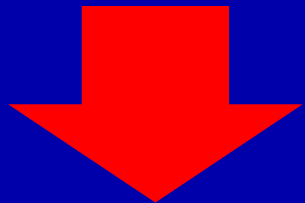
O_2
220 ml/min




 CO_2
20 ml/min
(200 ml
gepuffert)

Apnoeische Oxygenierung („diffusion respiration“)

O₂
220 ml/min



**alveolärer
Unterdruck!**

CO₂
20 ml/min
(200 ml
gepuffert)



Apnoeische Oxygenierung „2.0“: z.B. THRIVE (Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange)

- CPAP (Prävention von Atelektasen)
- Weiten der oberen Atemwege (Abnahme des Widerstandes)
- Vergrößerung der FRC (längere „sichere“ Apnoe-Zeit)
- reduzierter CO₂-Anstieg

Limitierungen:

- (vollständige) Atemwegsverlegung
- keine Reoxigenierungstechnik (kein Recruitment!)

Chirurgische Koniotomie (Skalpell mit Bougie)



<https://www.youtube.com/watch?v=SbhEyGlf9Y4>

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.“

Beatmung durch einen „Strohalm“ ?

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



Daniel Bernoulli (1700-1782)

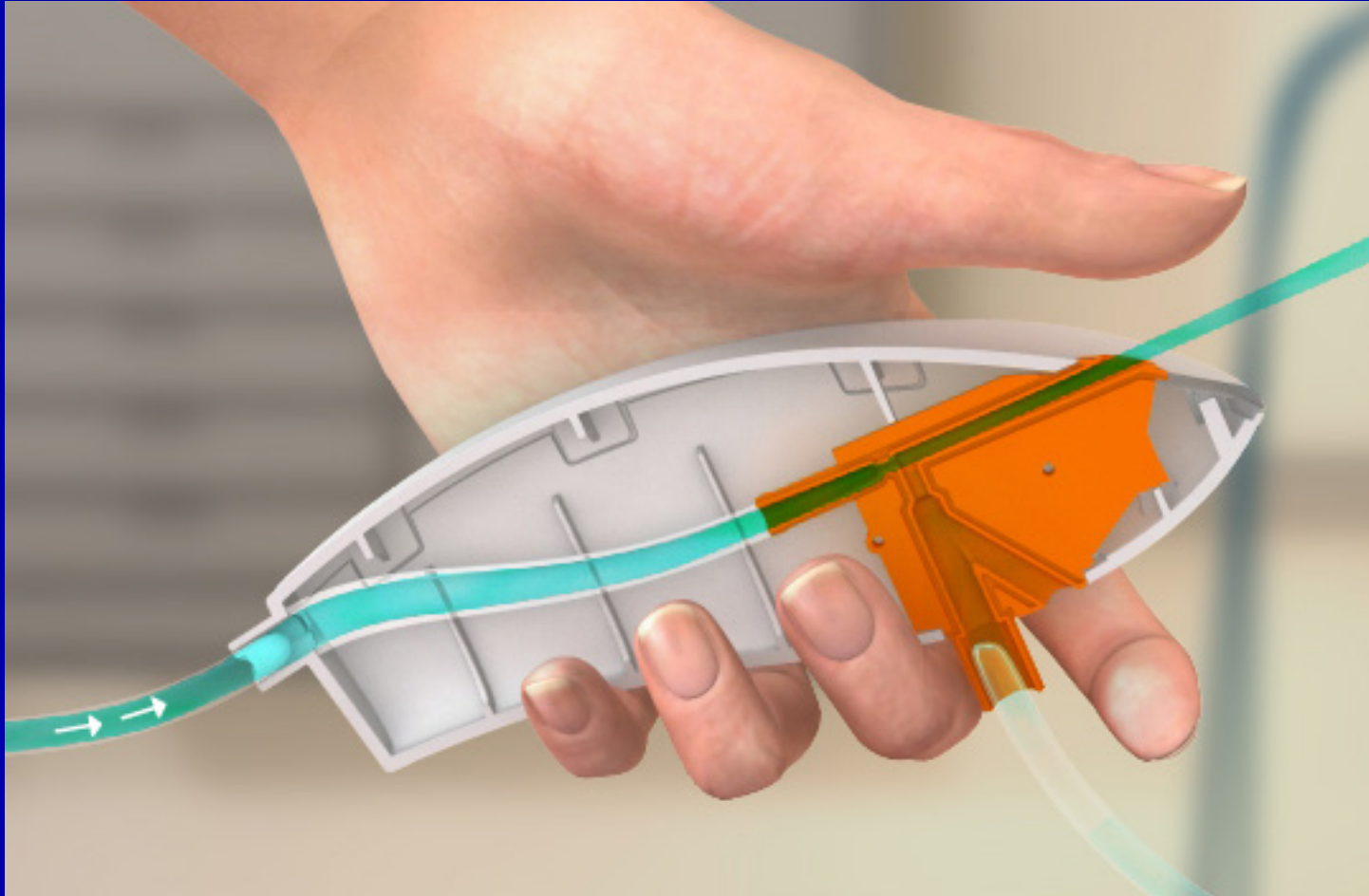
DANIELIS BERNOULLI *Joh. Fil.*
MED. PROF. BASIL.
ACAD. SCIENT. IMPER. PETROPOLITANÆ, PRIUS MATHESEOS
SUBLIMIORIS PROF. ORD. NUNC MEMBRI ET PROF. HONOR.
HYDRODYNAMICA,
SIVE
DE VIRIBUS ET MOTIBUS FLUIDORUM
COMMENTARIUM.
OPUS ACADEMICUM
AB AUCTORE, DUM PETROPOLI AGERET,
CONGESTUM.



ARGENTORATI,
Sumptibus JOHANNIS REINHOLDI DULSECKERI,
Anno M D CC XXXVIII.
Typis JOH. HERR. DUCKERII, Typographi Basiliensis.

Bernoulli D: Hydrodynamica. Johann Reinold Dulsecker, Straßburg (1738)

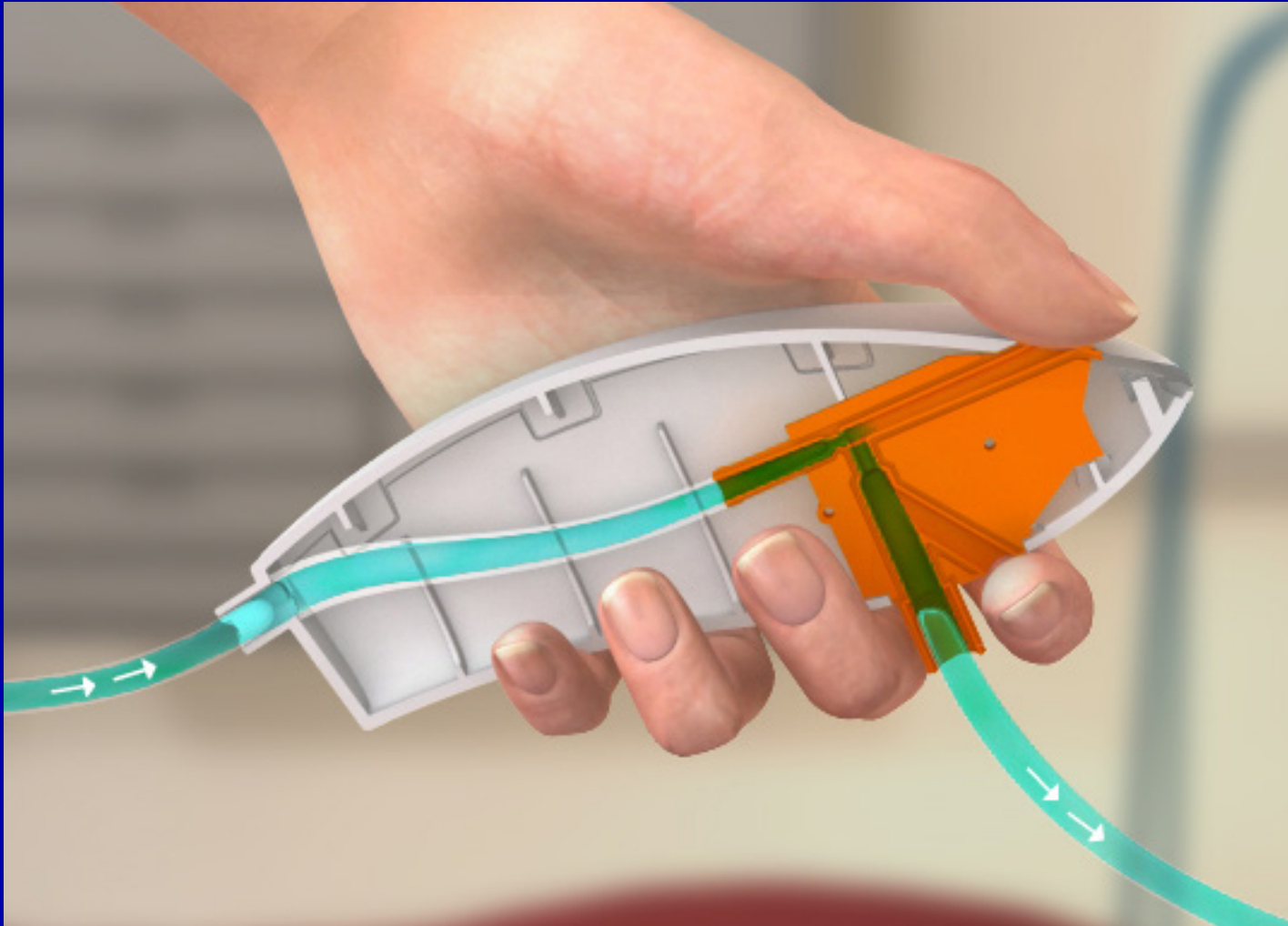
Ventrain (Ventinova) – ein Beatmungsejektor



Enk D: Patent 8950400, USPTO, 10.2.2015

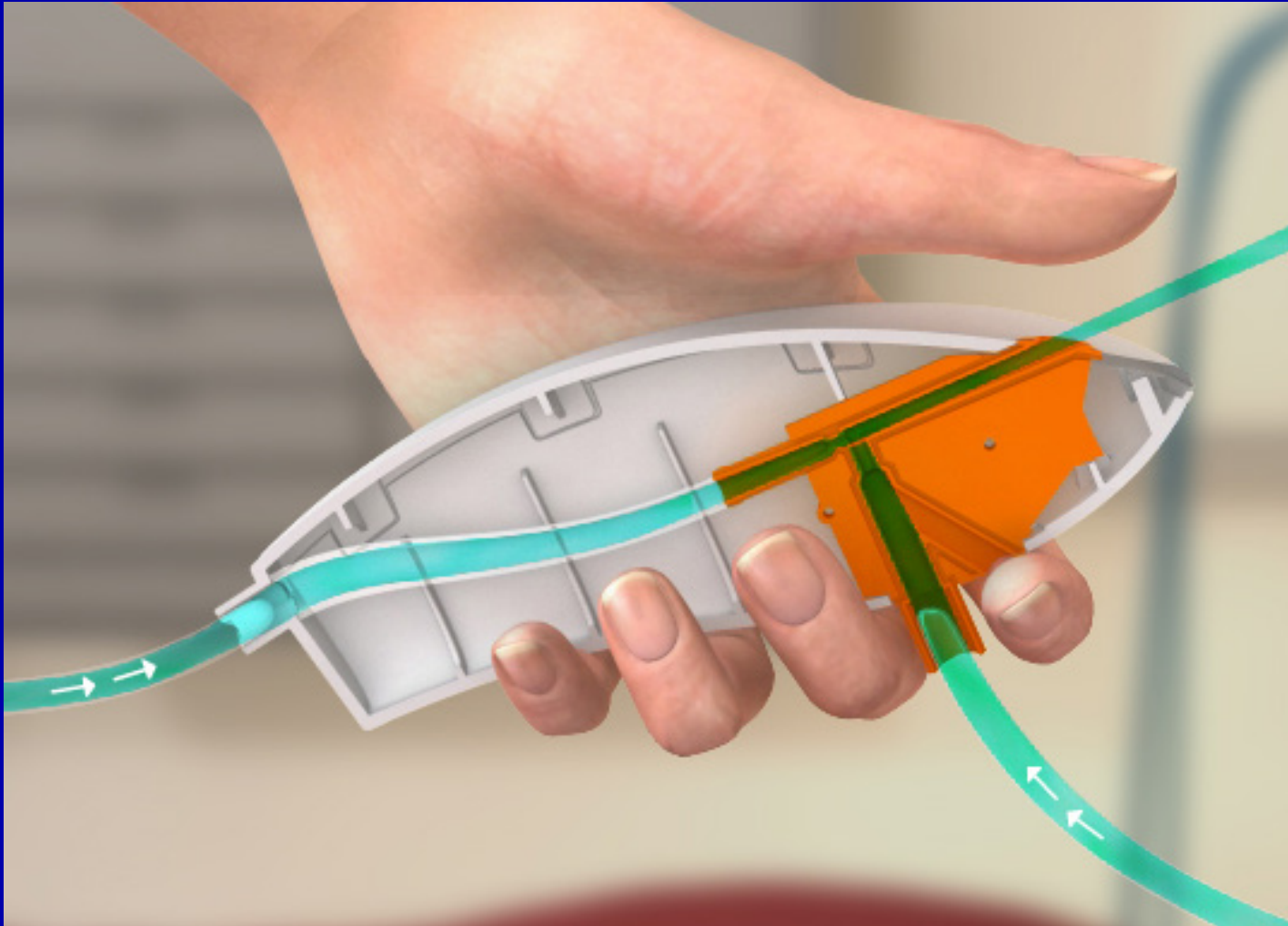
Enk D: Patent 2136866, EPO, 3.5.2017

Ventrain: Inspiration



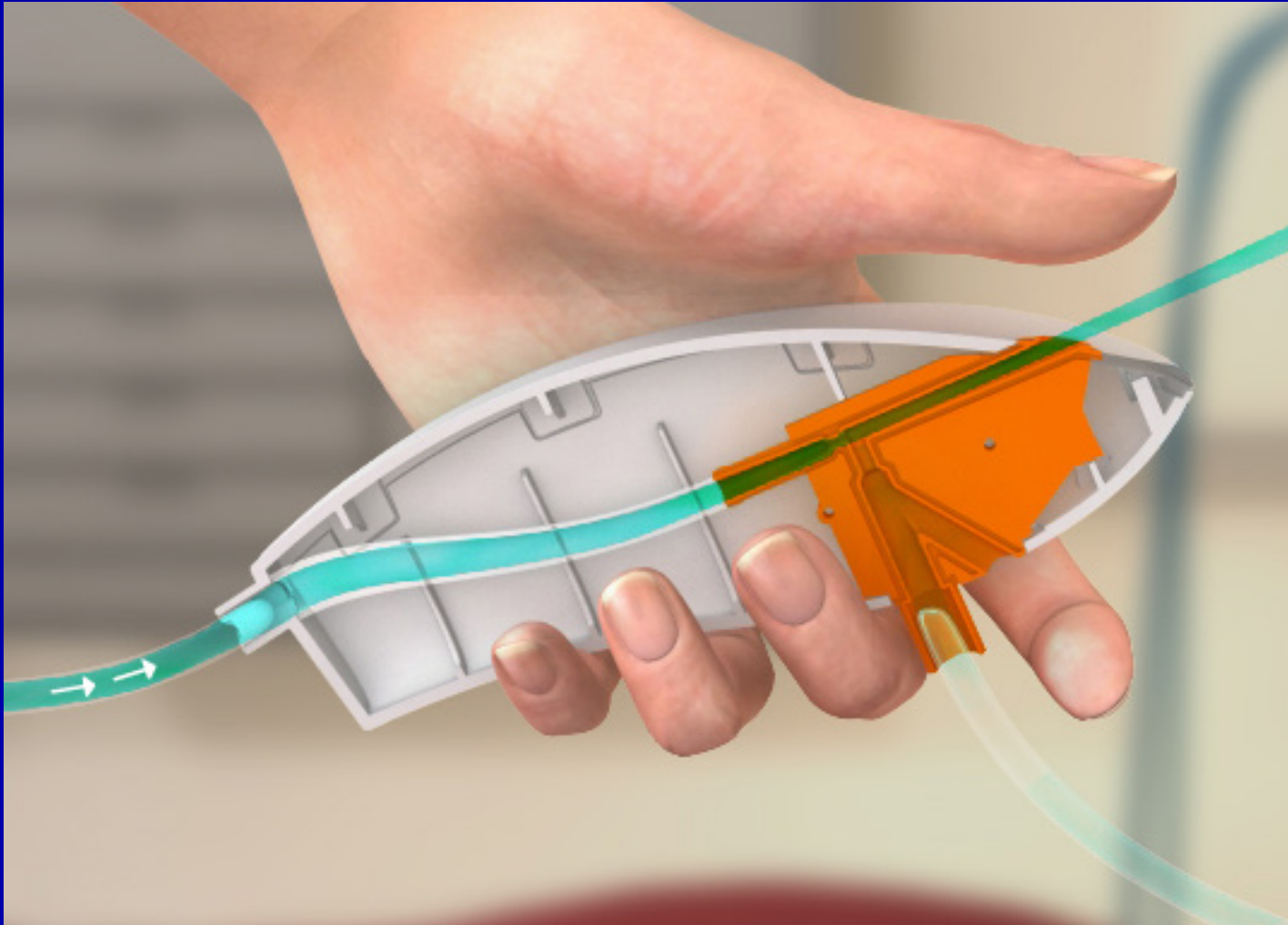
Hamaekers A, Borg P, Enk D: Br J Anaesth 108 (2012) 1017-1021

Ventrain: Aktive (saugunterstützte) Expiration



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

Ventrain: Äquilibration (funktionelle Diskonnektion)

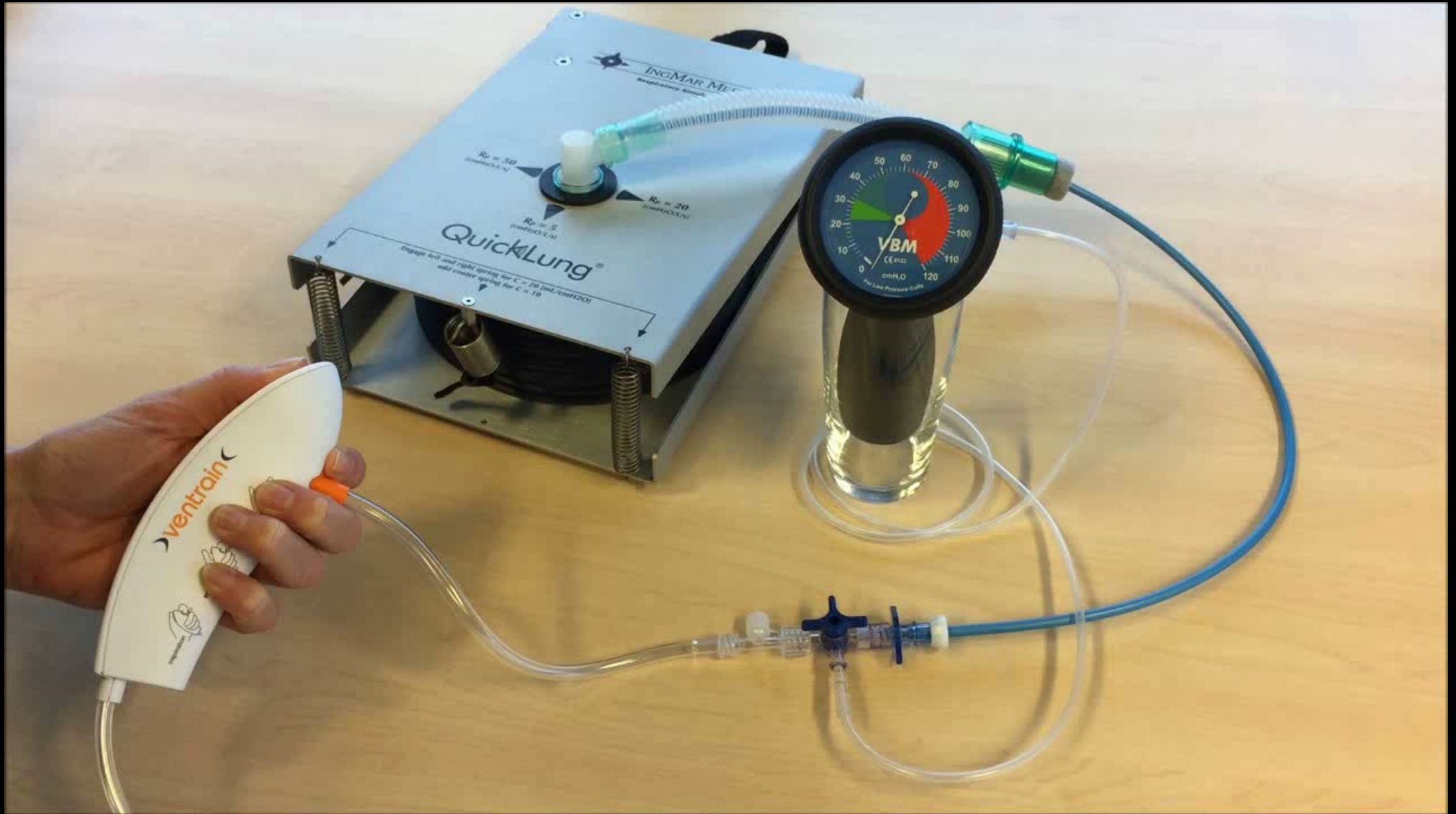


Hamaekers A, Borg P, Enk D: Br J Anaesth 108 (2012) 1017-1021

Ventrain: Intermittierende Druckmessung



de Wolf M, Gottschall R, Enk D: Anaesthesist 66 (2017) 207-208



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

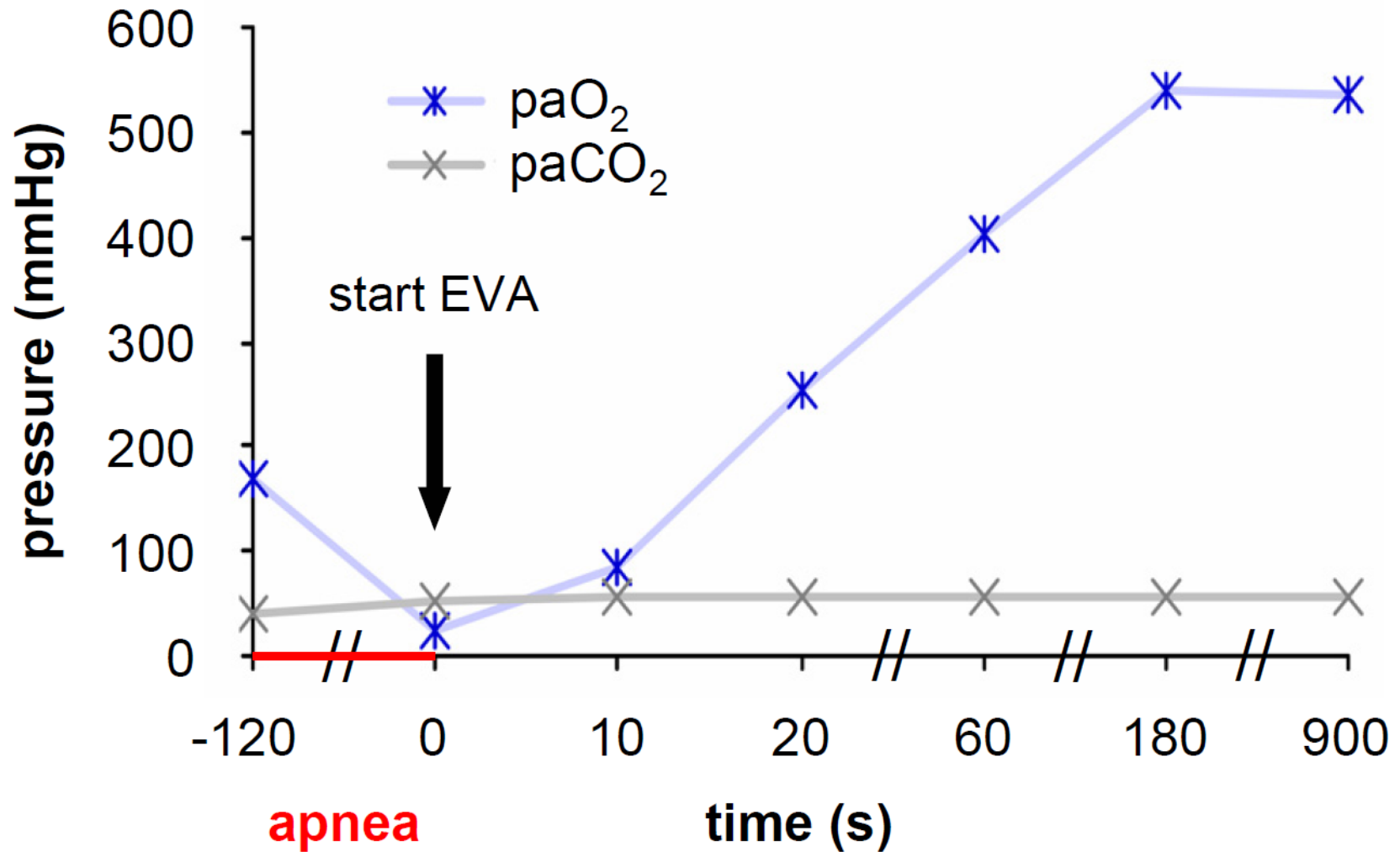
O₂-Fluss (l/min) (ml/s)	6 100	9 150	12 200	15 250
Zuleitungsdruck (cm H ₂ O)	459	1017	1665	2297
Insufflationsdruck (cm H ₂ O)	23	51	91	138
dyn. Saugdruck (cm H ₂ O)	-26	-51	-76	-97
stat. Saugdruck (cm H ₂ O)	-58	-113	-171	-217
Saugleistung (l/min)	6,5	9,3	11,0	12,4

***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

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, FiO₂ 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 O₂/min, 30/min, I : E ~ 1 : 1)



Elektive Punktionskoniotomie im klinischen Alltag



***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

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

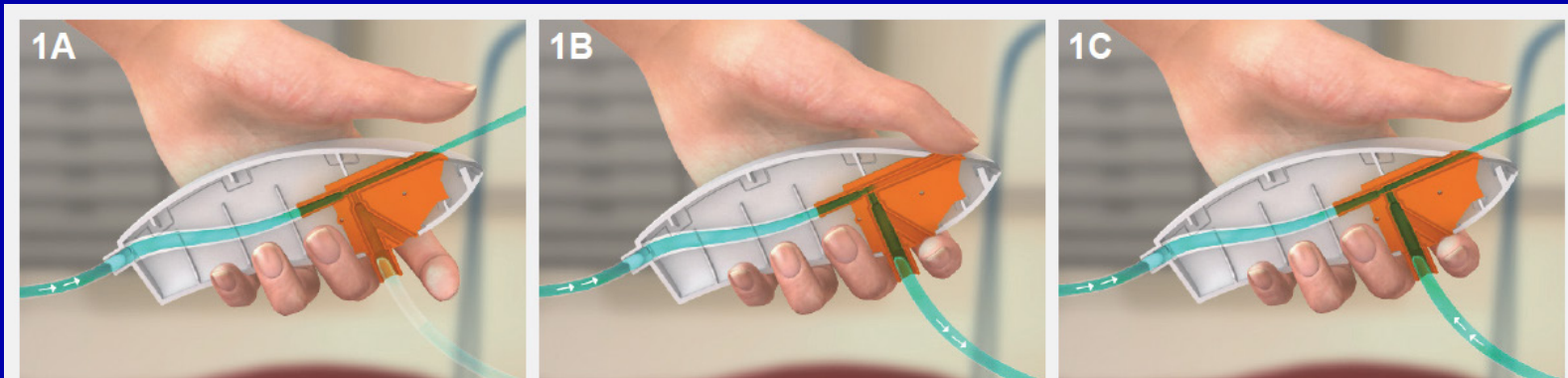
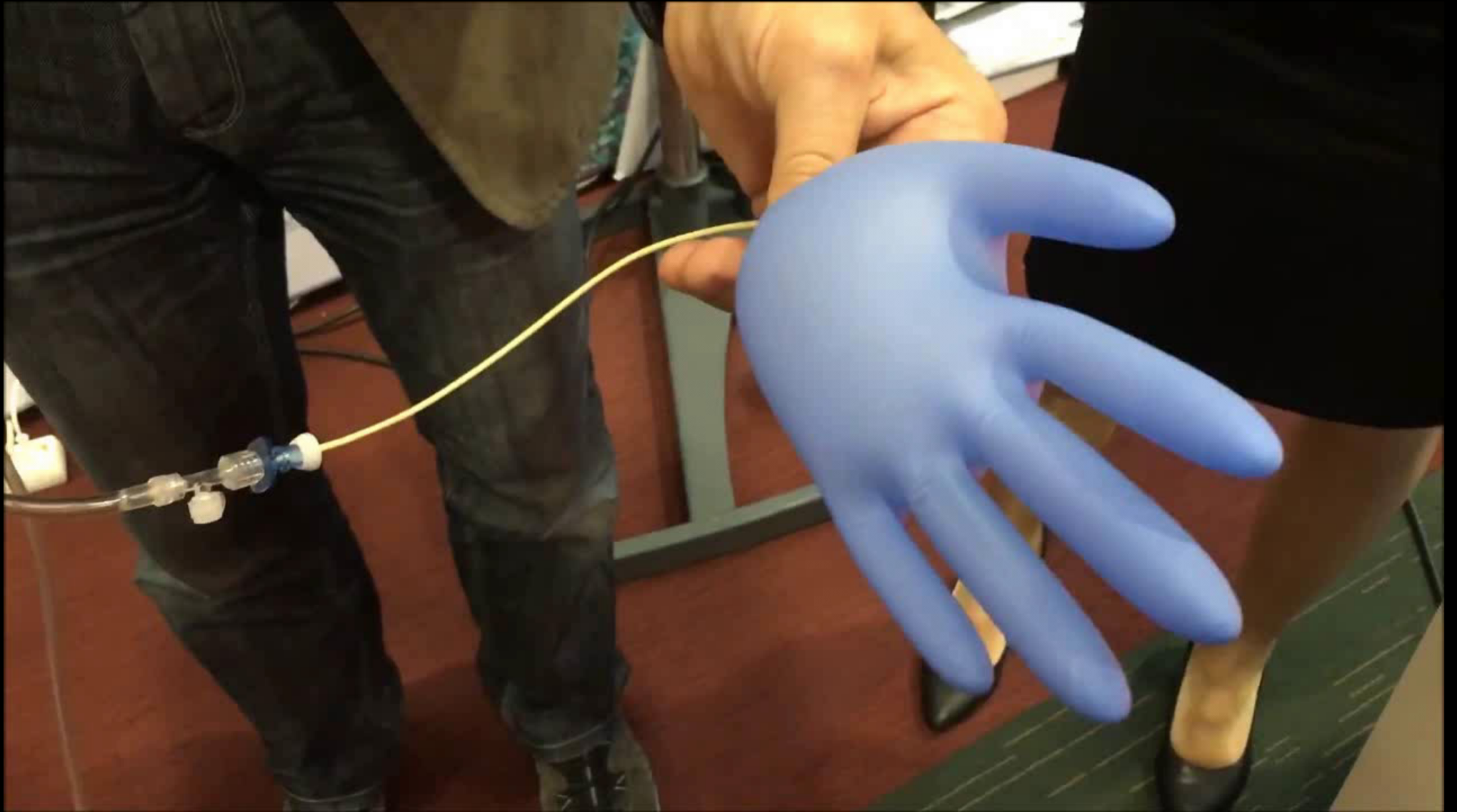


Fig. 1: Use of Ventrain (cross section): **1A:** equilibration **1B:** inspiration **1C:** assisted expiration

	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]



<https://www.youtube.com/watch?v=LtQzeZJ6x4I>

Worst Case: CICO bei Säuglingen und Kleinkindern

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

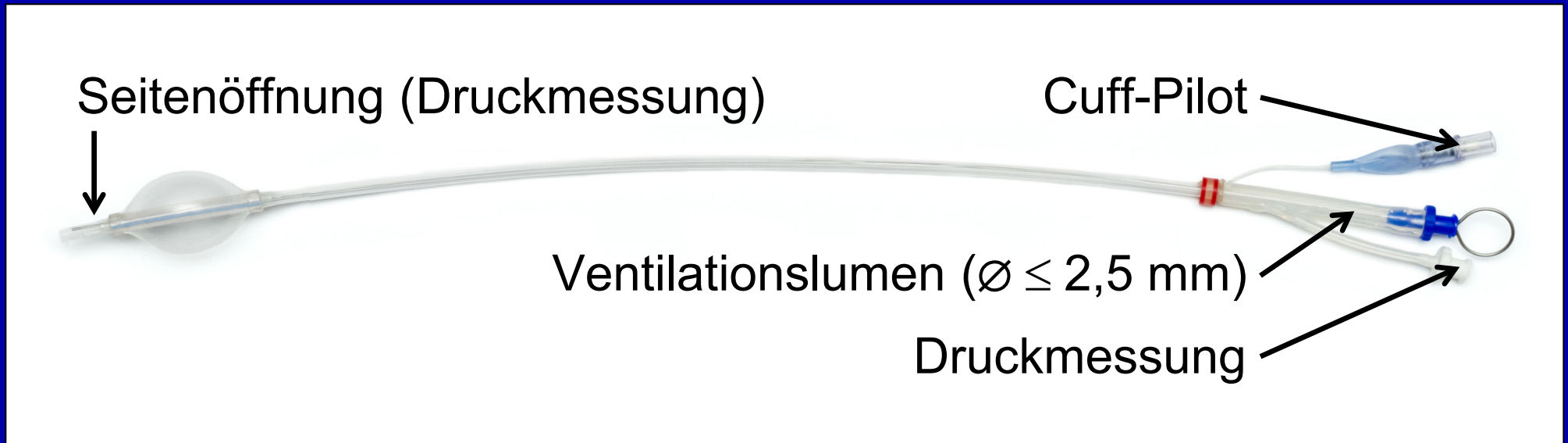
Editor—We would like to report two cases of ventilation through small lumen intubating and tube exchange catheters to manage critical paediatric airways using the Ventrain, a manually operated, flow-controlled ejector ventilator for emergency use.¹

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: Patent 5655219, JPO, 5.12.2014

Enk D: Patent 102355920, SIPO, 22.7.2015

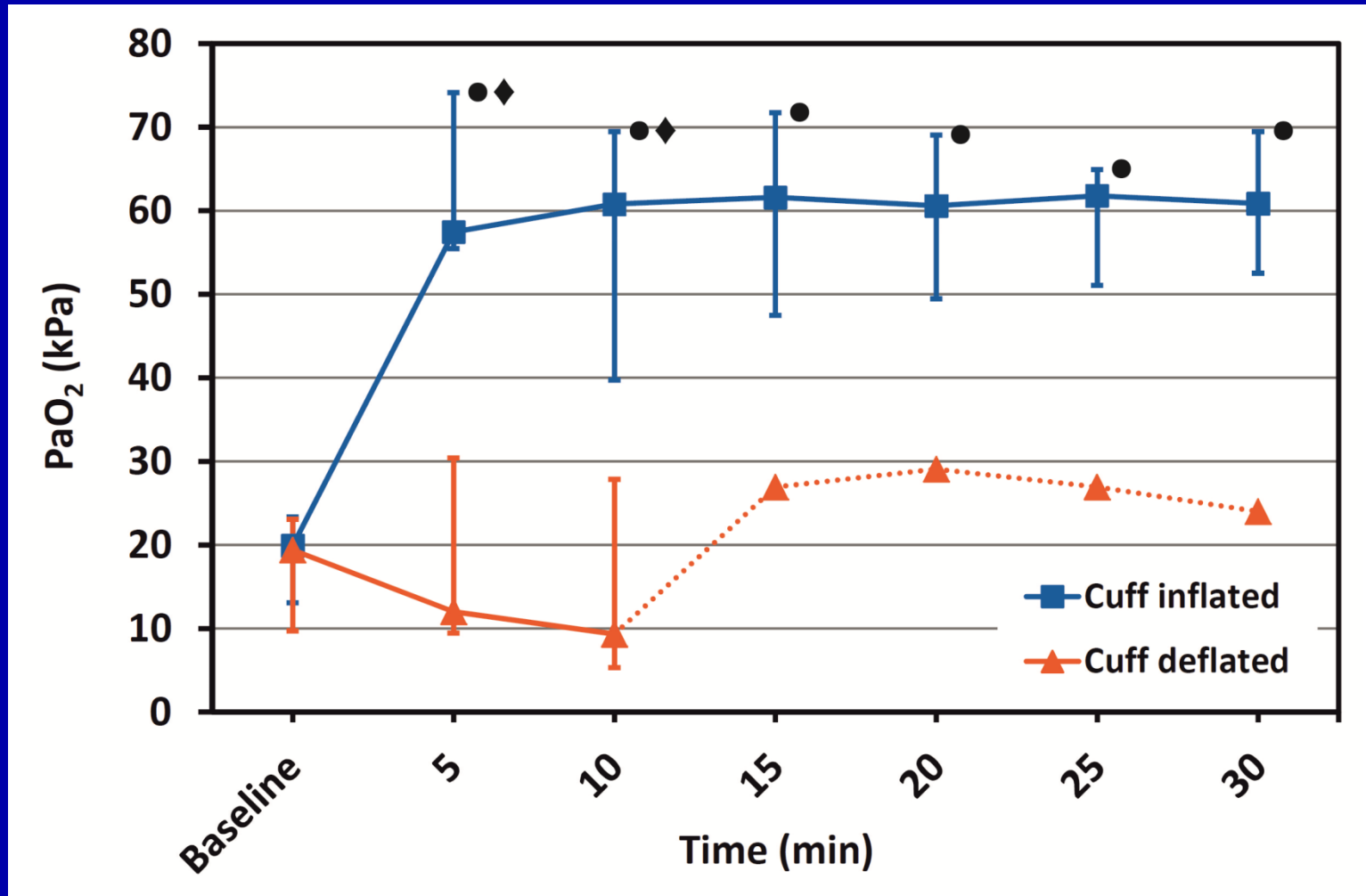
Enk D: Patent 2560506, Rospatent, 20.8.2015

In vivo: Ventrain mit GVK

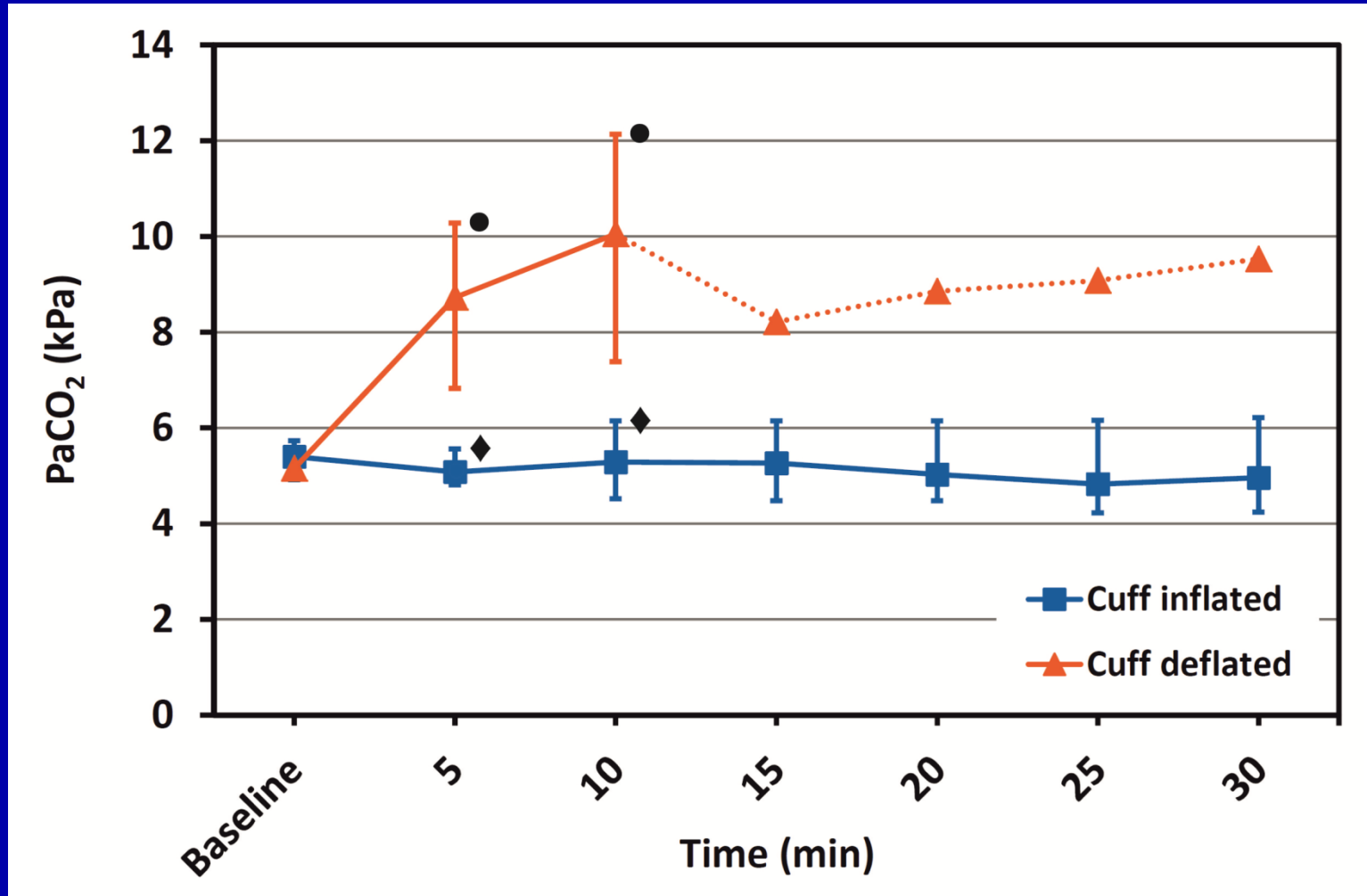
(40 cm lang, Lumen $\varnothing \leq 2,5$ mm)

- 6 Schweine (38 -45 kg)
- Beatmung über 9,0 mm ID Endotrachealtubus (Tidalvolumen 10 ml/kg, FiO_2 0,4, Normoventilation ~ AMV 6,9 [4,8 - 8,0] l/min)
- Beatmung mit Ventrain durch GVK für 30 Minuten (15 l O_2 /min, 30/min, I : E ~ 1 : 1)
- Cut-off: $pCO_2 > 80$ mmHg oder $SaO_2 < 80$ %

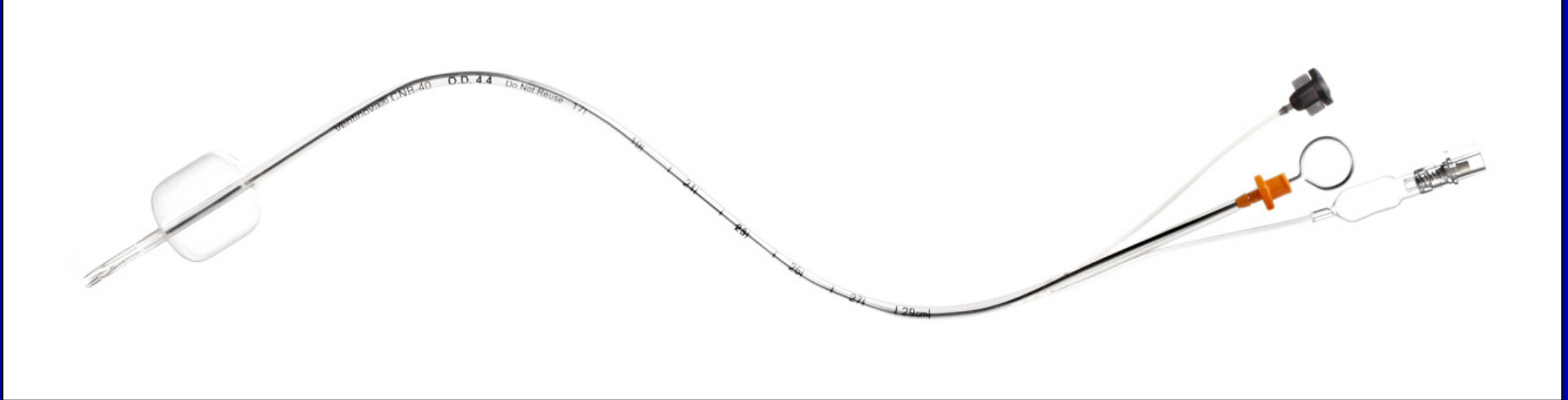
In vivo: Ventrain mit GVK



In vivo: Ventrain mit GVK



Tritube (Ventinova): 3-in-1



- Intubationskatheter (mit biegbarem Stylet)
- definitiver Atemweg (nach Entfernung des Stylets und ggfs. Aufblasen des Cuffs)
- Extubationskatheter (nach Leersaugen des Cuffs) und ggfs. tracheale Sauerstoffsonde

Tritube und Ventrain: Teaching am Patienten



Evone (Ventinova): Nicht nur eine Premiere ...



- Beatmung durch einen „Strohalm“
(im offenen oder elektiv abgedichteten Atemweg)
- in- und expiratorisch kontrollierte Beatmung
- energetisch optimierte Beatmung

Beatmung durch einen „Strohalm“ !

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