

Quel est le coût hydrique et calorique
de la respiration ?

Apport hydrique atmosphérique	9 g.m⁻³ x 11.52 m³	104 g.j⁻¹
Eau alvéolaire totale	44 g.m⁻³ x 11.52 m³	507 g.j⁻¹
Transfert hydrique nécessaire	507 – 104 g	403 g.j⁻¹
Eau expirée totale	34 g.m⁻³ x 11.52 m³	392 g.j⁻¹
Dette hydrique réelle	392 – 104 g	288 g.j⁻¹

Sottiaux T, Respir Care Clin,2006, 12, 233
From: Cole, Déry, Radenrath, Bolot

Ventilation gaz « *non humidifiés* »

Perte hydrique respiratoire journalière $32.5 - 4.22 = 28.28 \text{ mg.L}^{-1}$

V_T moyen est de 700 ml,

Fréquence moyenne à 13 / minute

Perte hydrique par minute :

$$28.8 \text{ mg.L}^{-1} \times 9.3 \text{ L.min}^{-1} = 268 \text{ mg.min}^{-1}$$

Perte journalière :

$$268 \text{ mg.min}^{-1} \times 1440 \text{ min} = 385.600 \text{ mg}$$

soit 385 g d'eau par jour.

Ventilation gaz humidifiés avec un « nez artificiel »

Perte hydrique respiratoire journalière $32 - 30 = 2 \text{ mg.L}^{-1}$

VT moyen est de 700 ml,

Fréquence moyenne à 13 / minute

Perte hydrique par minute :

$$2 \text{ mg.L}^{-1} \times 9.3 \text{ L.min}^{-1} = 19 \text{ mg.min}^{-1}$$

Perte journalière :

$$19 \text{ mg.min}^{-1} \times 1440 \text{ min} = 27.360 \text{ mg}$$

soit 27 g d'eau par jour.

Ventilation gaz humidifiés avec un « *humidificateur chauffant* »

Perte hydrique respiratoire journalière $37 - 37 = 0 \text{ mg.L}^{-1}$

VT moyen est de 700 ml,

Fréquence moyenne à 13 / minute

Perte hydrique par minute :

$$0 \text{ mg.L}^{-1} \times 9.3 \text{ L.min}^{-1} = 0 \text{ mg.min}^{-1}$$

Perte journalière :

$$0 \text{ mg.min}^{-1} \times 1440 \text{ min} = 0 \text{ mg}$$

soit 0 g d'eau par jour.

Echanges de chaleur insensible

Evaporation

Echanges de chaleur sensible

Réchauffement

Air sec
Vapeur d'eau
Particules d'eau

Echanges de chaleur insensible

Evaporation

$$W_{ev} = V \times \lambda \times (AH_{exp} - AH_{insp})$$

V minute ventilation

λ latent heat of evaporation 585 cal / gr

Echanges de chaleur sensible

Convection

$$W_{cv} = V \times \rho \times Cp \times (T_{exp} - T_{insp})$$

ρ volumetric mass (gr /L)
 Cp specific heat (cal/gr/°)

En phase inspiratoire

Réchauffement de l'air sec	$(37^{\circ} - 22^{\circ}) \times 14.89 \text{ kg} \times 0.24 \text{ kcal}$	53.6	kcal
Réchauffement de la vapeur d'eau	$(37^{\circ} - 22^{\circ}) \times 0.009 \text{ kg} \times 11.52 \text{ m}^{-3} \times 0.47 \text{ kcal}$	0.7	kcal
Evaporation respiratoire	403 g x 0.58 kcal	234	kcal
Total		288	kcal

En phase expiratoire

Refroidissement de l'air sec	$(37^{\circ} - 32^{\circ}) \times 14.89 \text{ kg} \times 0.24 \text{ kcal}$	18	kcal
Refroidissement de la vapeur d'eau	$(37^{\circ} - 32^{\circ}) \times 0.044 \text{ kg} \times 11.52 \text{ m}^{-3} \times 0.47 \text{ kcal}$	1	kcal
Chaleur latente de condensation	$(44 - 34) \text{ g.m}^{-3} \times 11.52 \text{ m}^{-3} \times 0.58 \text{ kcal}$	67	kcal
Total		86	kcal

Bilan calorique respiratoire

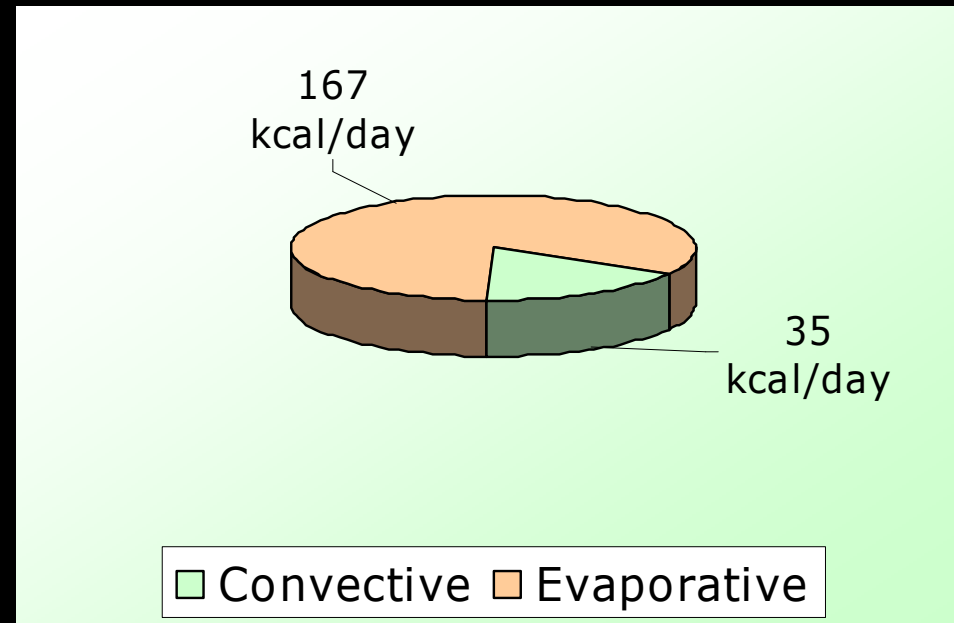
202 kcal.j⁻¹

Echanges par convection

35 kcal.j⁻¹

Echanges par évaporation

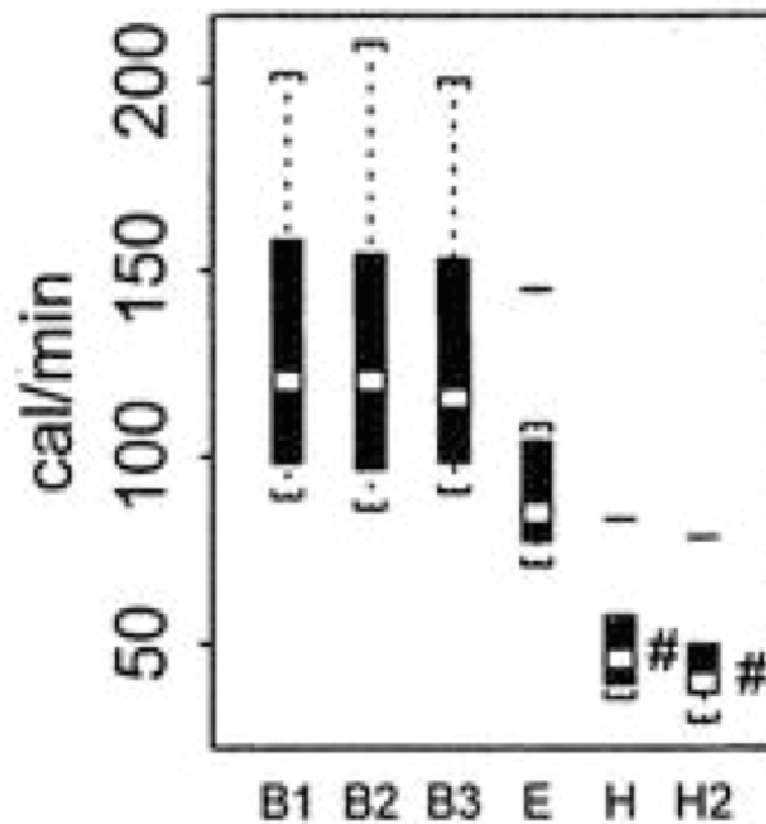
167 kcal.j⁻¹



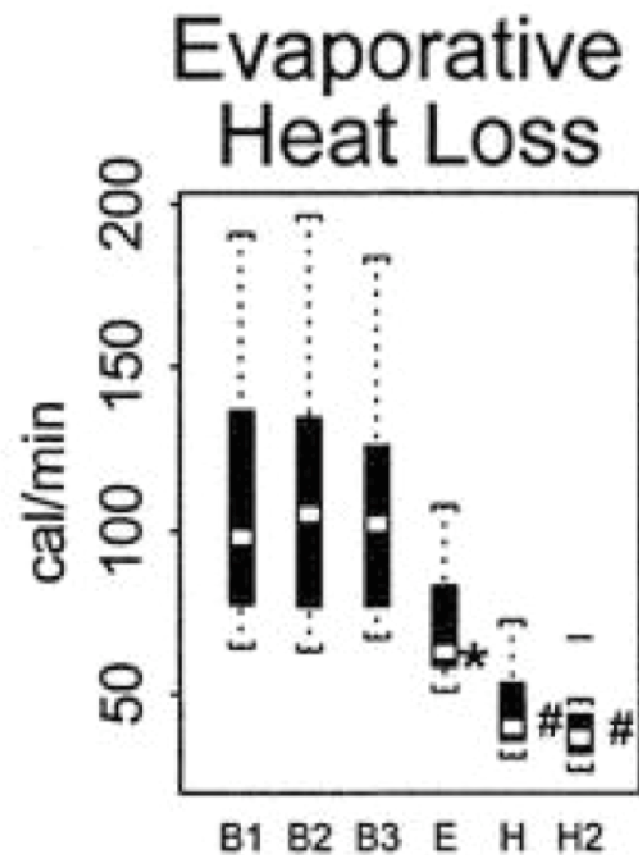
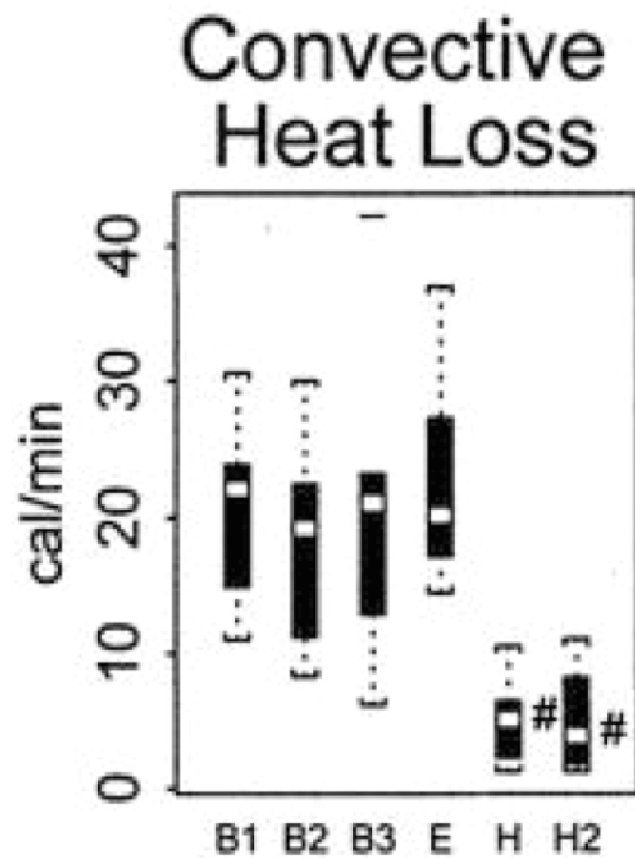
Sottiaux T, Respir Care Clin, 2006, 12, 233

L'évaporation de l'eau contenue dans le mucus respiratoire entraîne un **refroidissement** des voies aériennes.

Total Heat Loss



Lemmens, Anesth Analg, 2004, 98, 382



Lemmens, Anesth Analg, 2004, 98, 382

Production de chaleur (en cours d'anesthésie)

TOTALE	930 cal.min ⁻¹
RESPIRATOIRE	120 cal.min ⁻¹
RESPIRATOIRE AVEC HME	50 cal.min ⁻¹

Chez un patient hypotherme, faut-il
augmenter le réchauffement des gaz
administrés ?

Exemple de ventilation minute de 5L d'un air chauffé à 47°C et saturé en vapeur d'eau (70 mg eau/L).

« CALCULATED HEAT GAIN »

Apport calorique réalisé par le refroidissement de l'air	15 calories.min ⁻¹
Apport calorique par condensation d'eau :	75 calories.min ⁻¹
Apport total	90 calories.min ⁻¹

« EXPECTED TEMPERATURE GAIN »

Hausse thermique corporelle théorique (patient 70 kg)

Apport calorique/Chal spéc corps x Poids corporel

5.4 kcal.h⁻¹ / 0.86 x 70

0.1 °C / heure

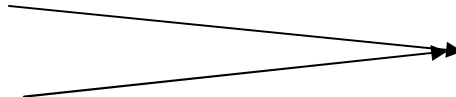


(c) DMTM CHAMONIX 1998

Humidité absolue ou relative ?

Humidité relative Basse

Température élevée

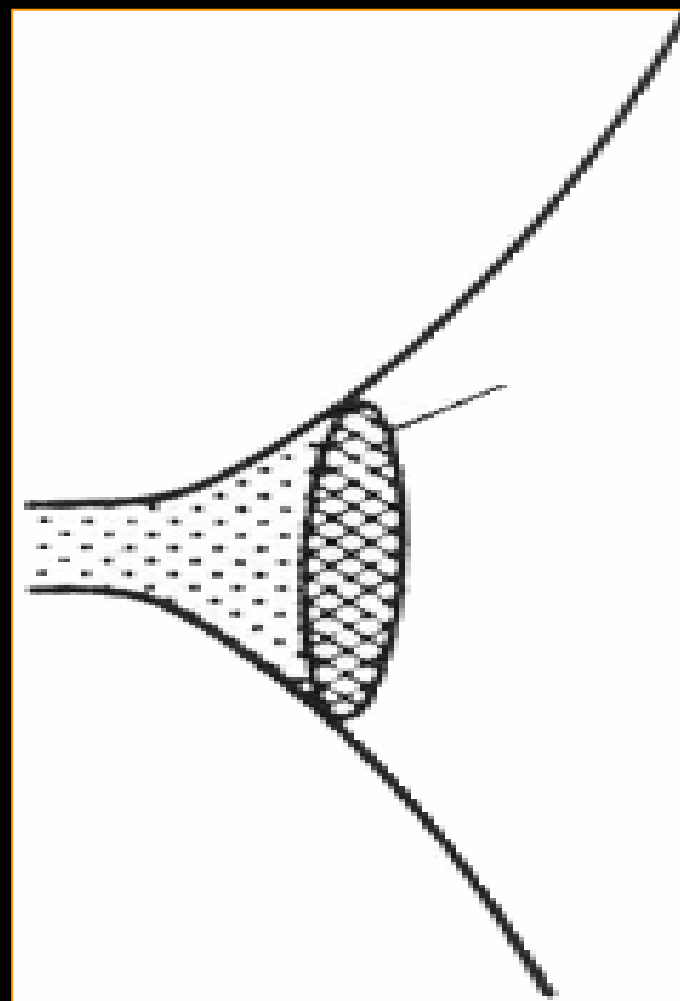
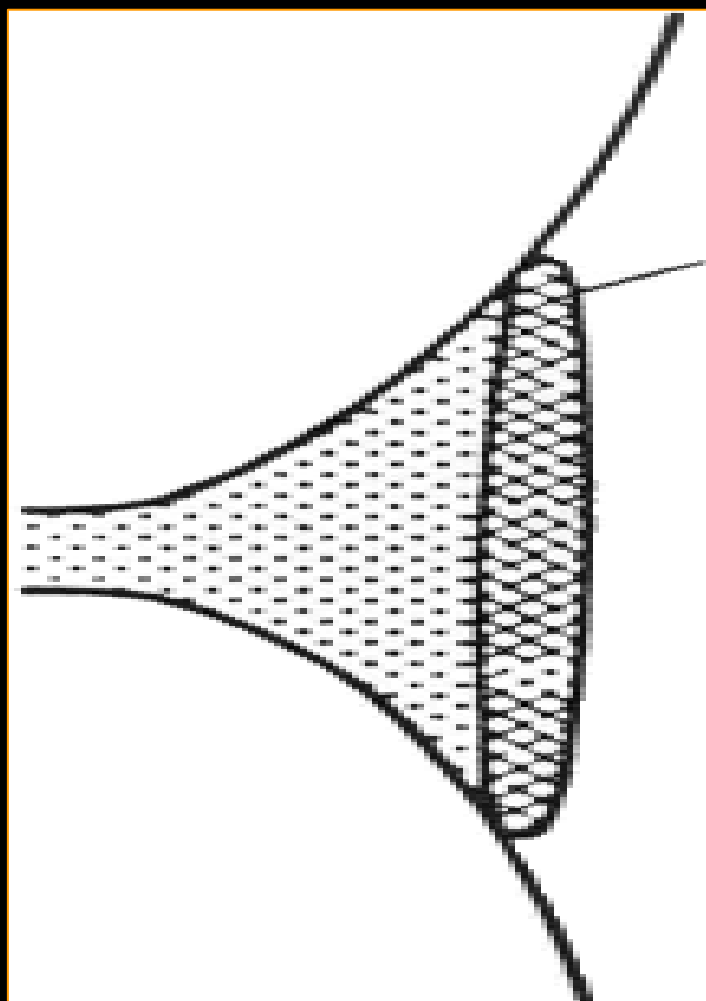


Evaporation activée

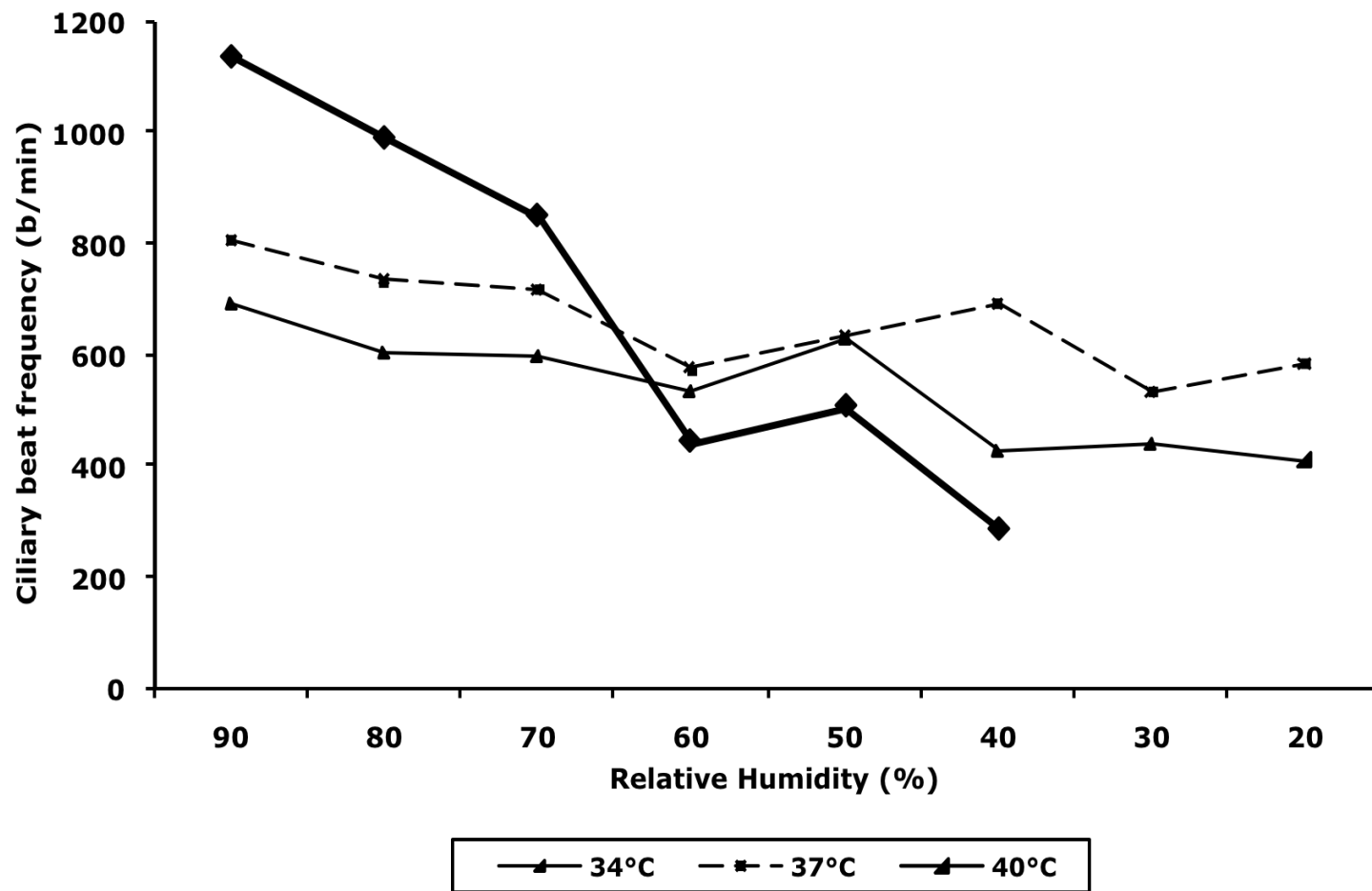
Quantité évaporée/unité de surface

Déplacement céphalique du point de saturation isotherme

Diminution de la récupération expiratoire



Miyao, 1992, 1996.



Mercke, Acta Otolaryngol, 1975, 79, 133

Humidité absolue ou relative ?

Déshydratation du mucus

Blocage des canaux des glandes sous muqueuses

Trapping des sécrétions

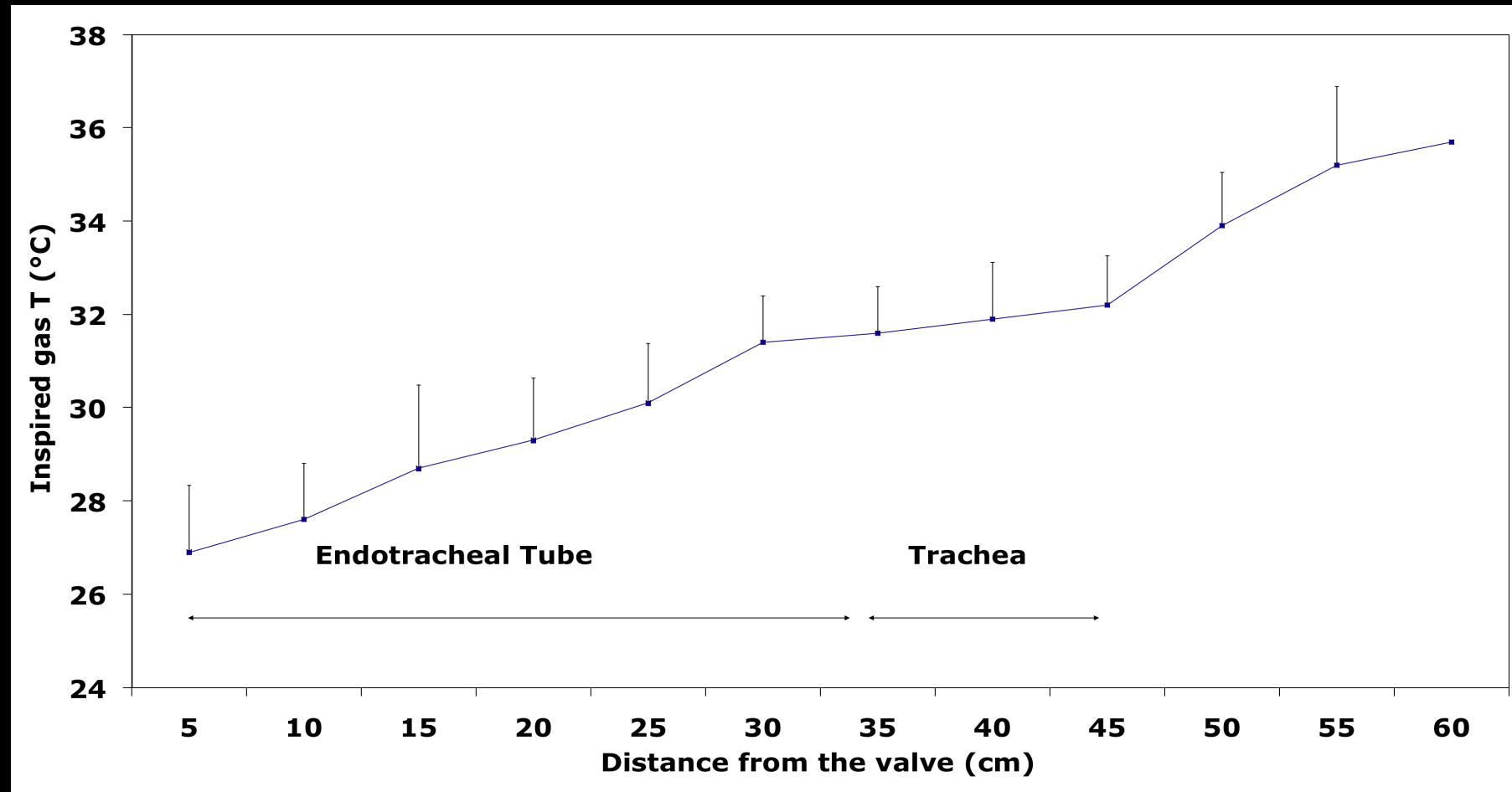
Vasodilatation, infiltration neutrophiles, infiltrats protéiques

Hyperpression au sein de l'épithélium

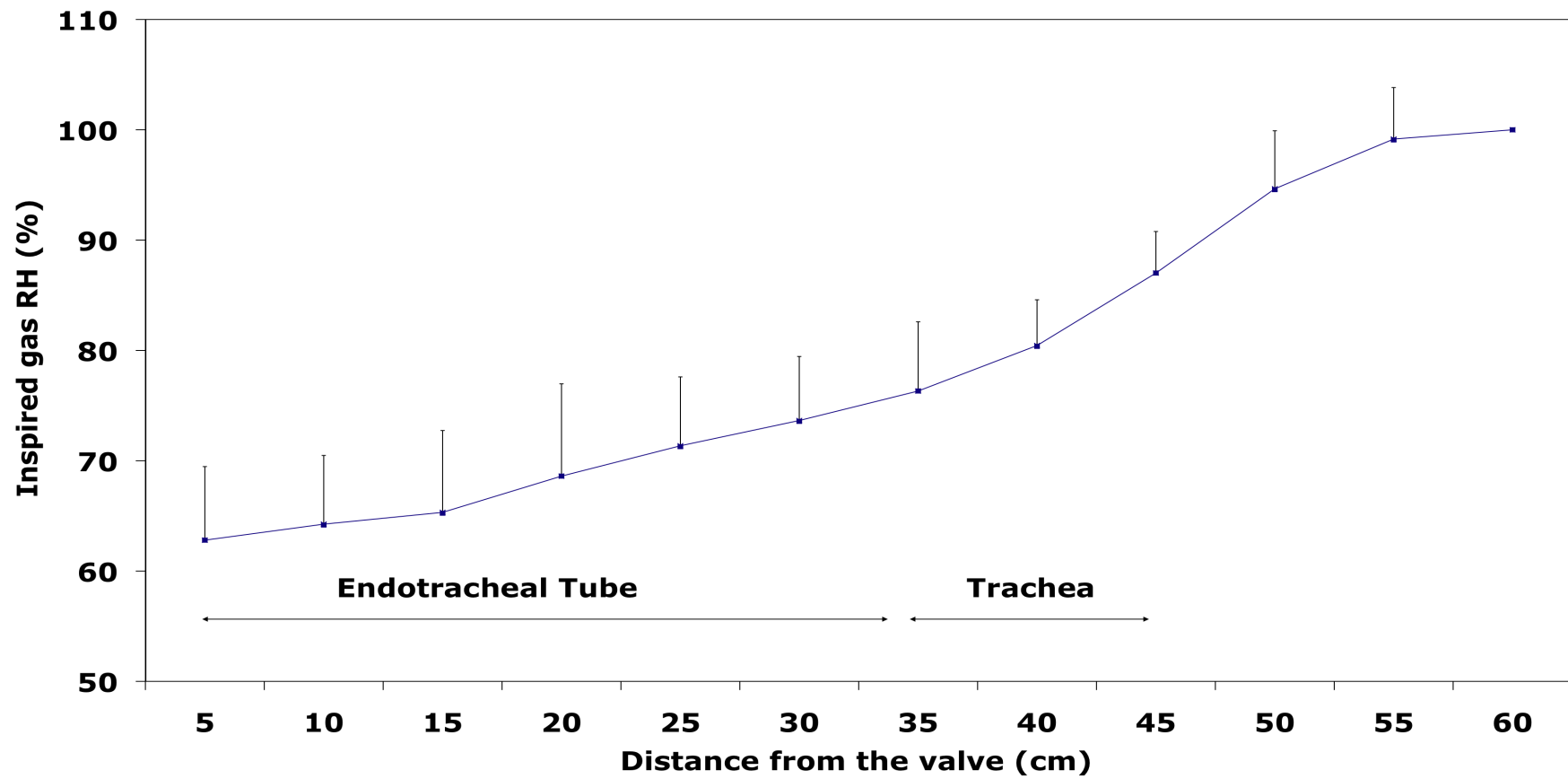
Eclatement de l'épithélium

Todd, CCM, 1991, 19, 1310

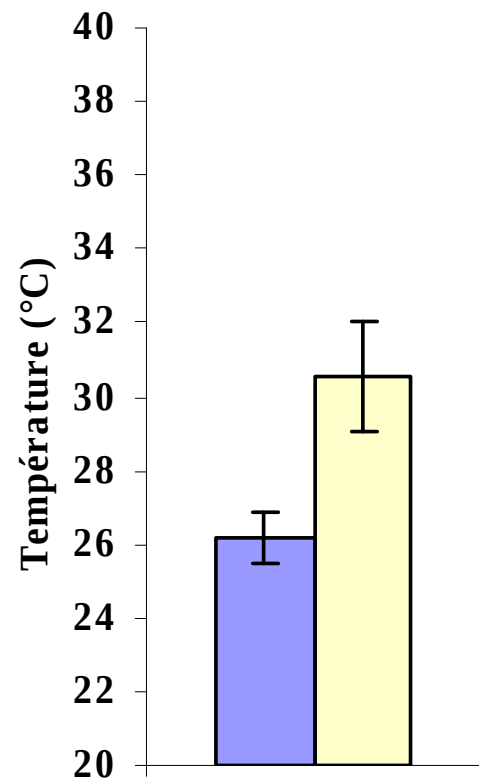
Que se passe t-il chez le patient intubé ?



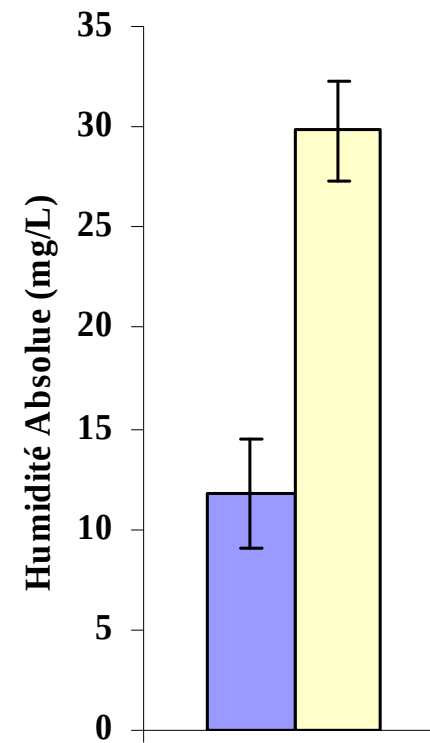
Dery, CASJ, 1973, 20, 296



Dery, CASJ, 1973, 20, 296



■ Sans ECH ■ Avec ECH



■ Sans ECH ■ Avec ECH

Sottiaux, personal data

Que se passe t-il chez le patient intubé ?

Déplacement caudal du point de saturation isotherme
(15 cms)

Augmentation des transferts de Chaleur et d'Humidité
(6 à 7°C, 15 mgr H₂O.L⁻¹)

Quelles sont les niveaux optimaux d'humidification et de réchauffement ?

Définition physiologique

Gaz (quasi) SATURE

T° 30 à 33°C

HA 30 mr.L⁻¹ (> 25 mg.L⁻¹)

Définition BTPS

Neutralité thermodynamique (situation statique)

Déplacement céphalique du Point de Saturation Isotherme

Quelles sont les niveaux optimaux d'humidification et de réchauffement ?

Définition BTPS

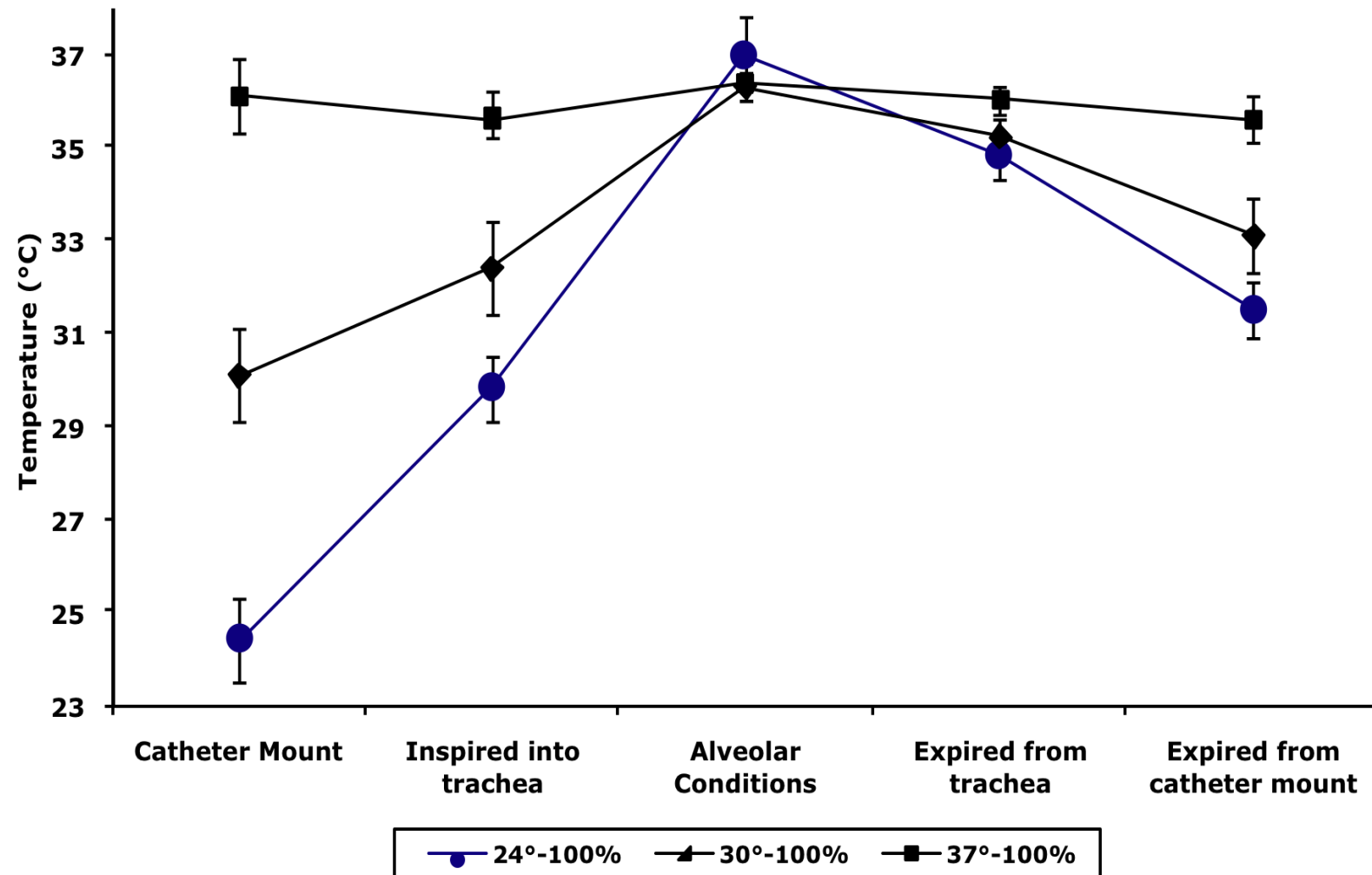
Condensation

Tuyau
Tube trachéal
Airway

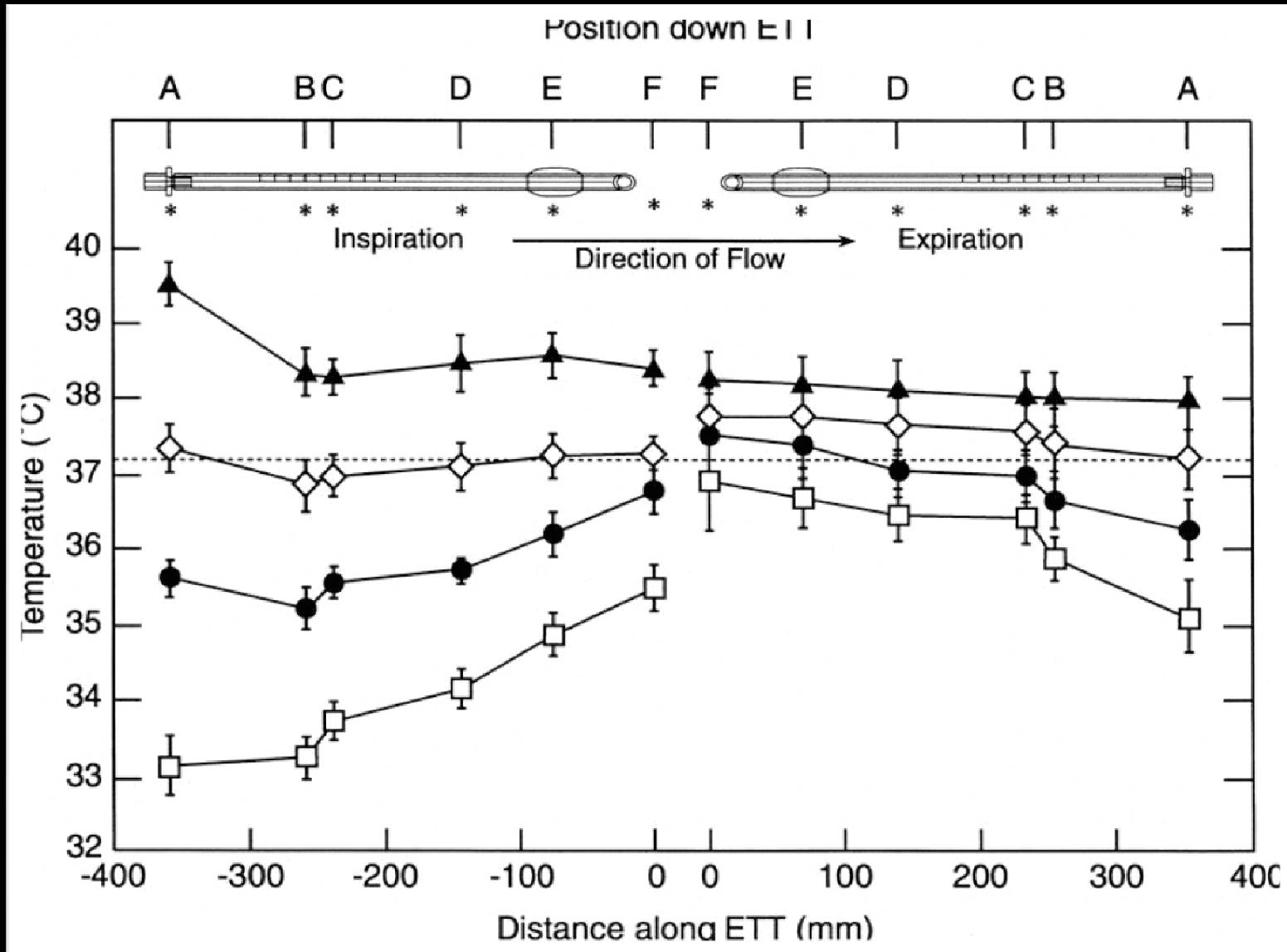
Obstruction
Biofilm
Viscosité, couche périliciliaire

Quand ?

Pathologie pulmonaire associée
Paramètres ventilatoires
Caractéristiques des expectorations
Durée de la ventilation mécanique



Dery, CASJ, 1973, 20, 296



Ryan, CCM, 2002, 30, 355

Impact d'une climatisation insuffisante des gaz respiratoires ?

Déplacement caudal du point de saturation isotherme

Atteintes fonctionnelles et morphologiques des voies aériennes

Conséquences

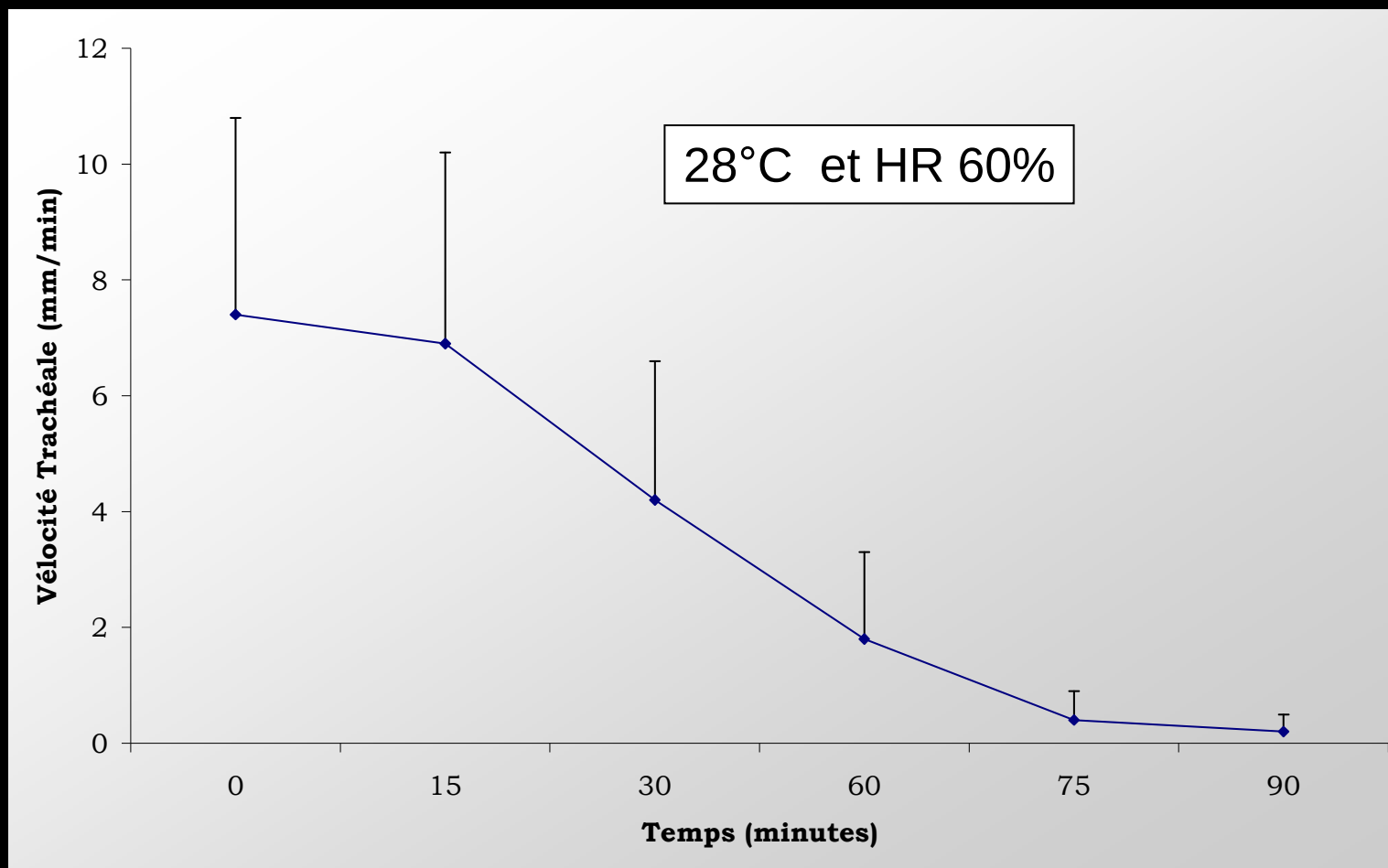
CRF, rapport V/Q , Q_S/Q_T

Atélectasies

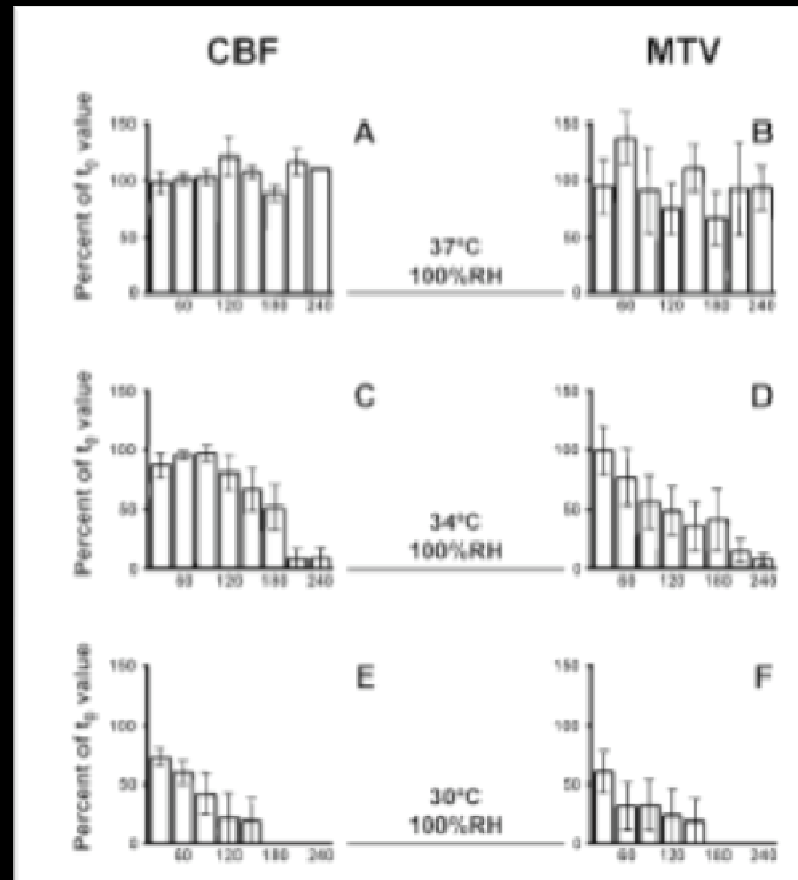
Infection

Bronchospasme

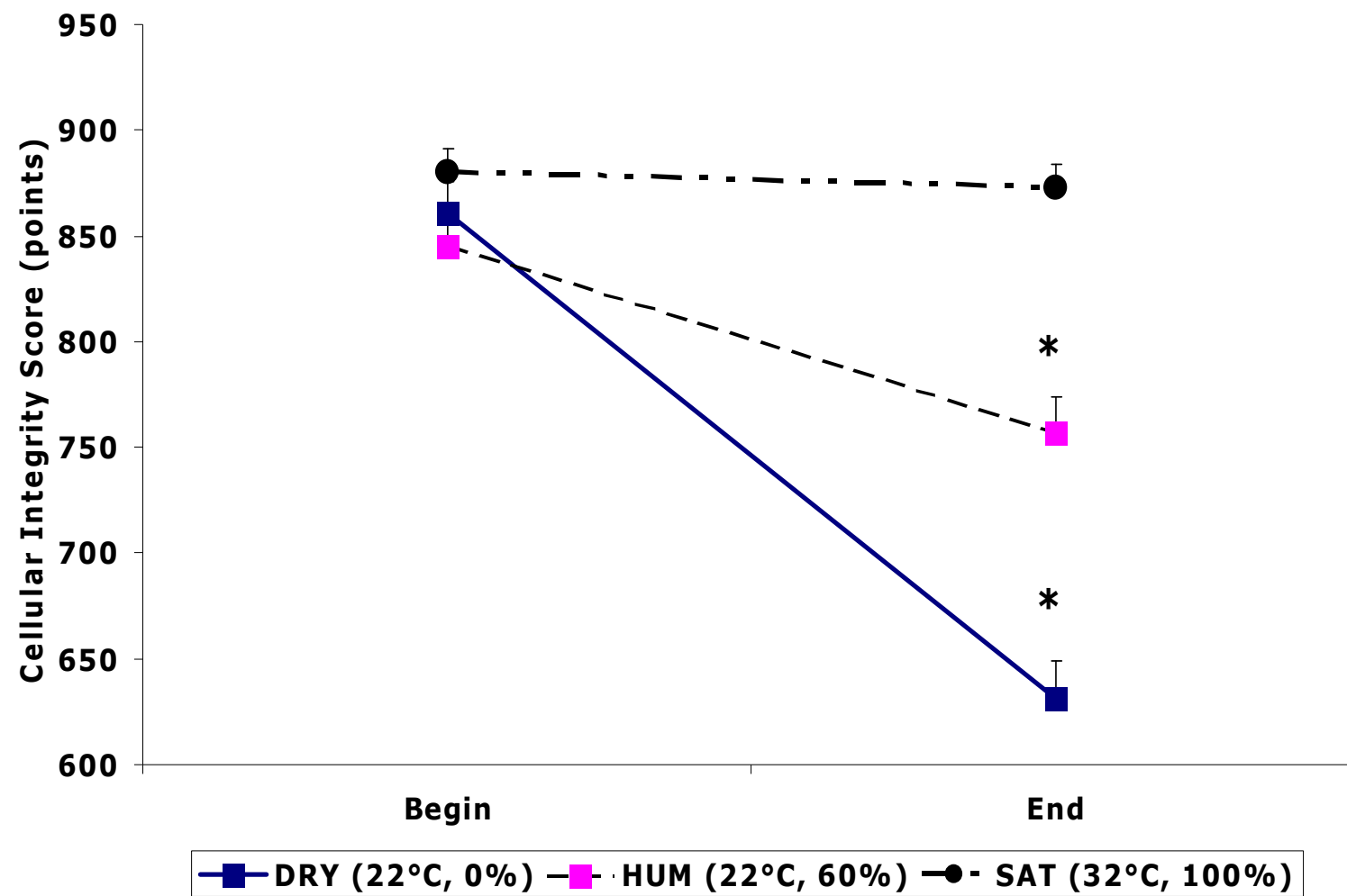
- irritant receptors
- temperature receptors
- osmotic receptors



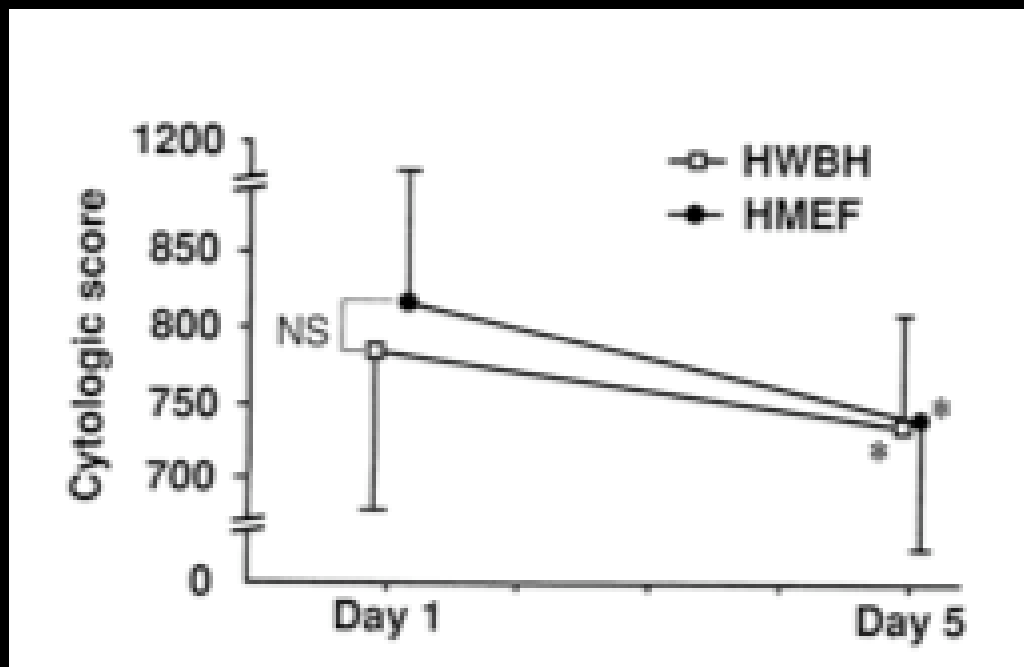
Lichtiger, Anesthesiology, 1975, 42, 413



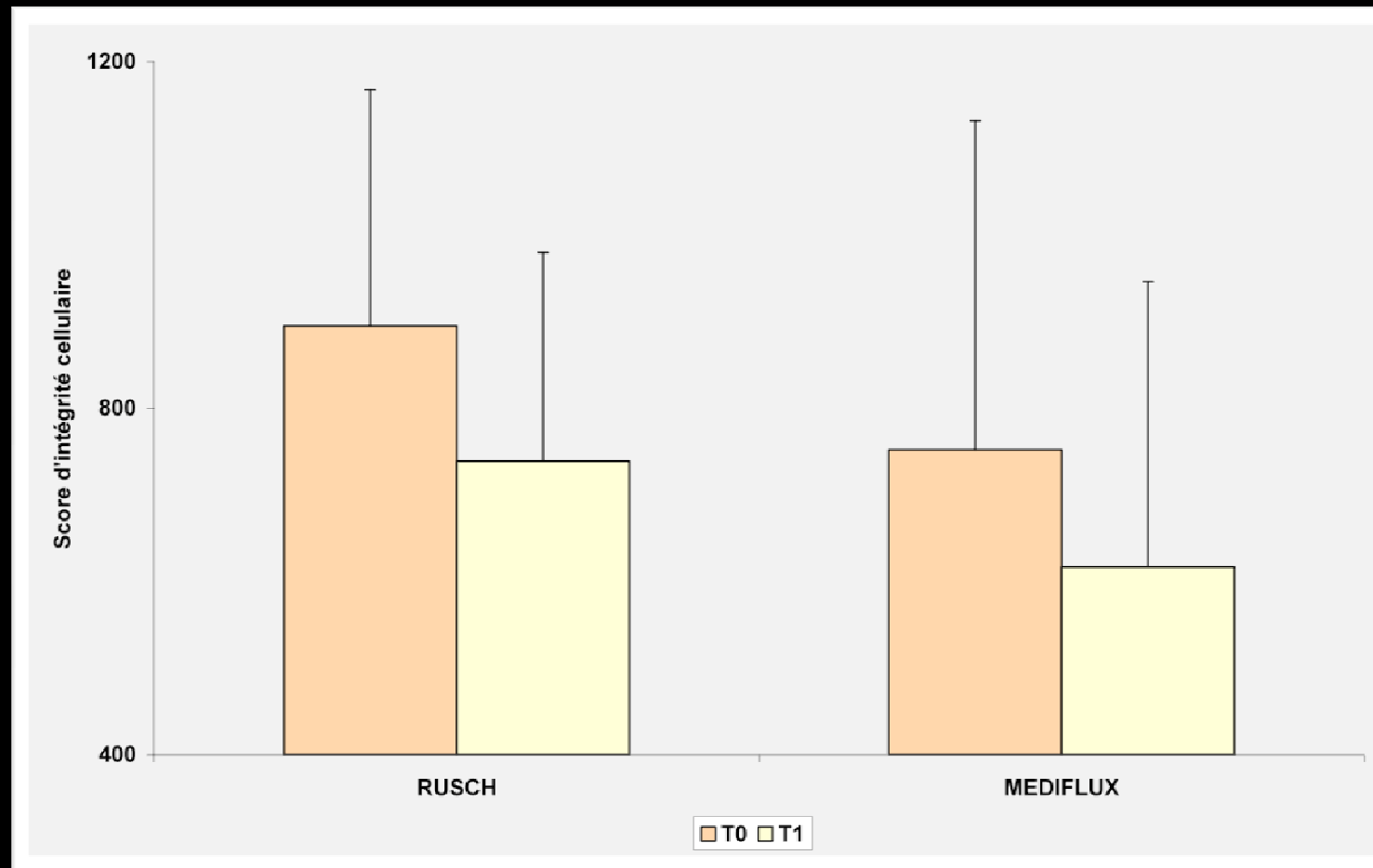
Kilgour, ICM, 2004, 30, 1491



Chalon, Anesthesiology, 1979



Hurni, Chest, 1997, 11 686



Cinnella, Minerva Anesthesiol, 2005, 71, 585

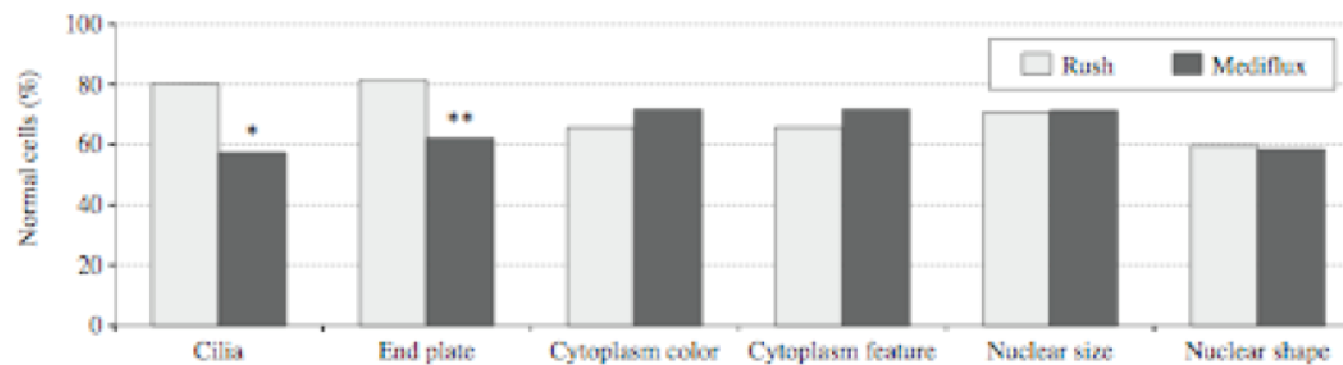


Figure 2.—The percent of normal cells counted for every parameter encompassed into Chalon score, is shown. Dotted bars: Group 1; empty bars: Group 2. * = $P < 0.01$ Group 1 vs Group 2; ** = $P < 0.05$ Group 1 vs Group 2.

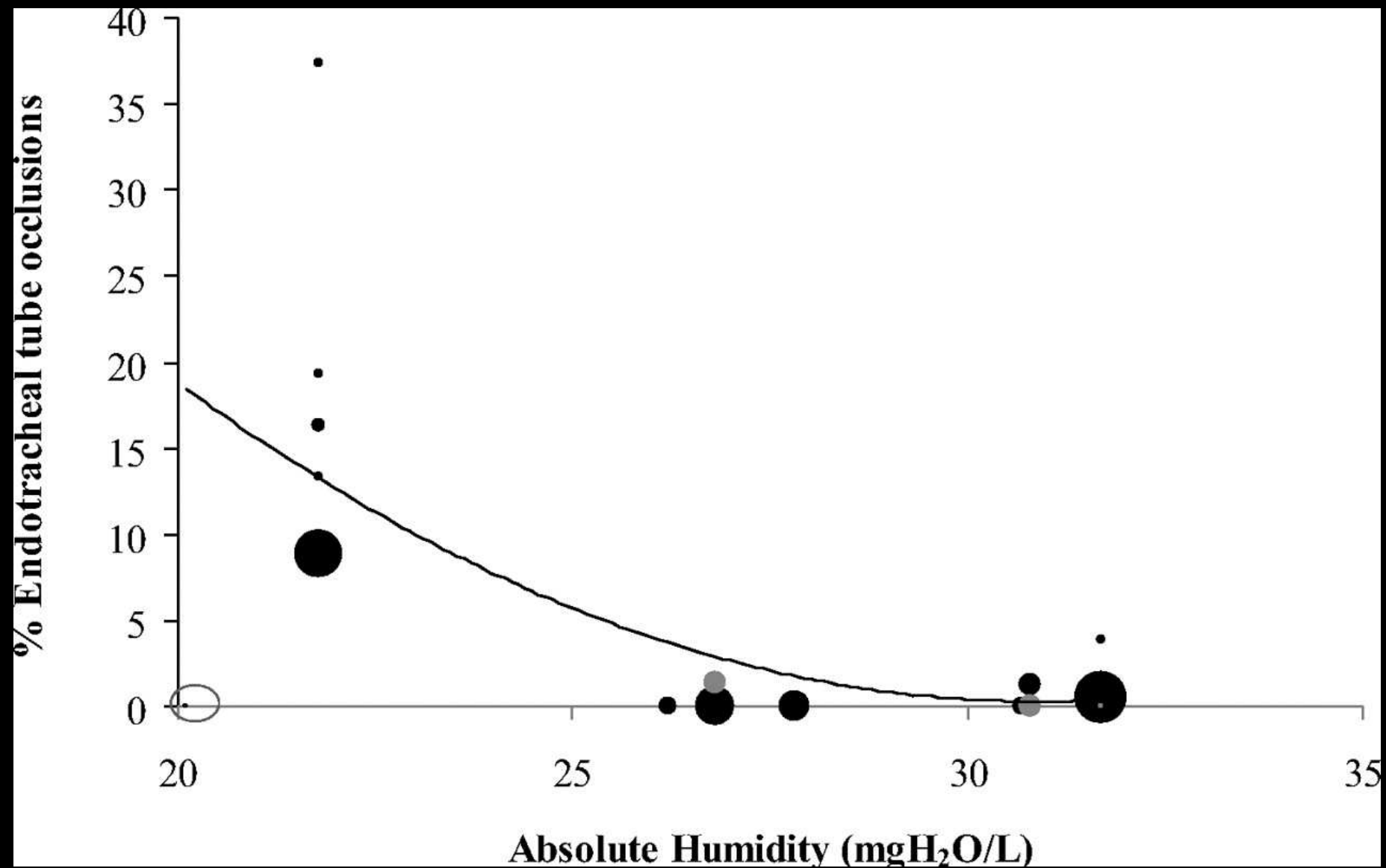
Cinnella, Minerva Anestesiol, 2005, 71, 585

Impact d'une climatisation
insuffisante des gaz respiratoires

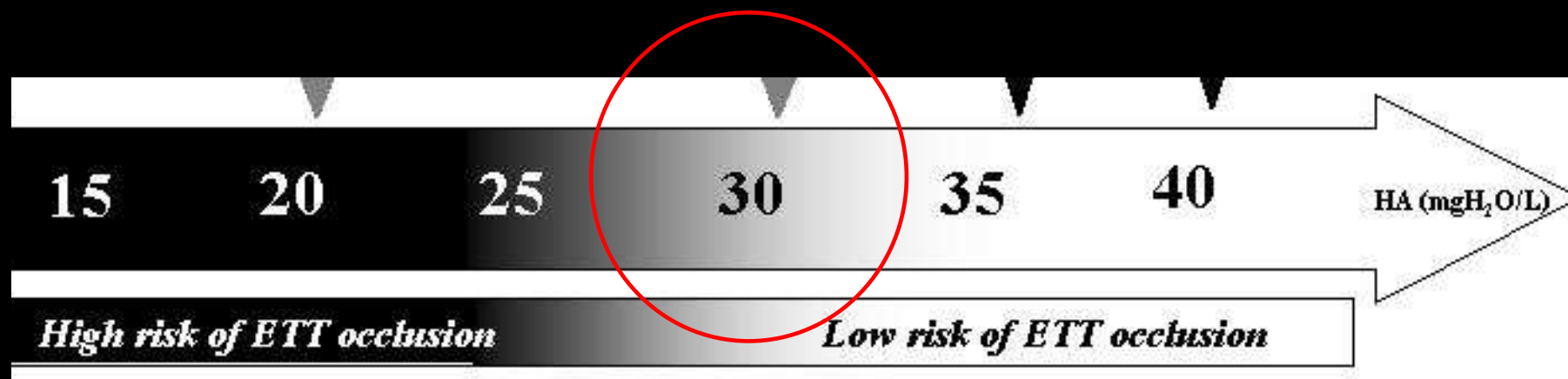
Obstruction !
Infection ?



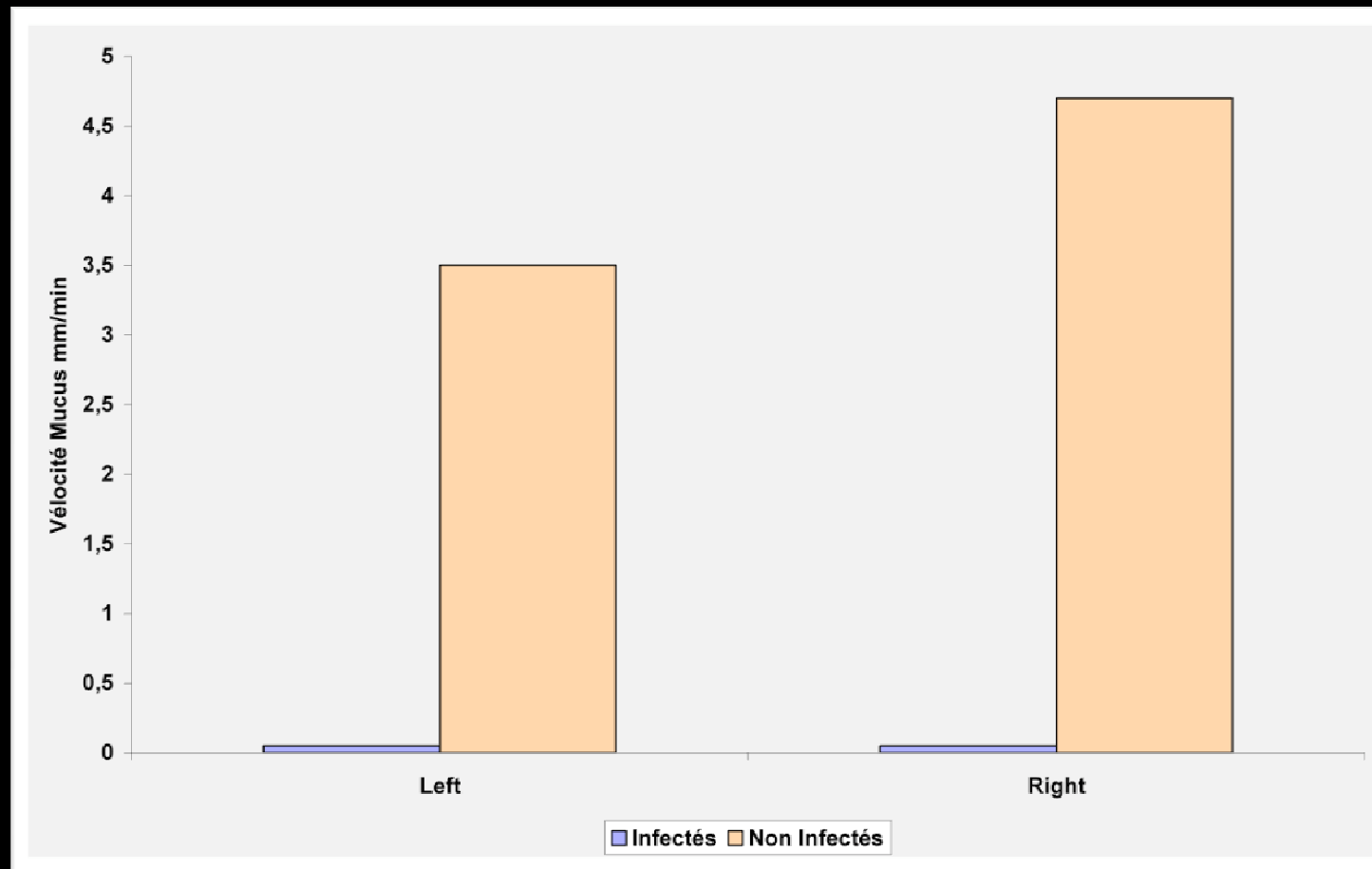
Sottiaux T, Respir Care Clin, 2006, 12, 233



Lellouche, Chest, 2009, February



From François Lellouche, JAVA, Créteil, 2004
Sottiaux T, Respir Care Clin, 2006, 12, 233



Konrad, Chest, 1994, 105, 237

Impact d'une climatisation « excessive » ?

Concept physiologique

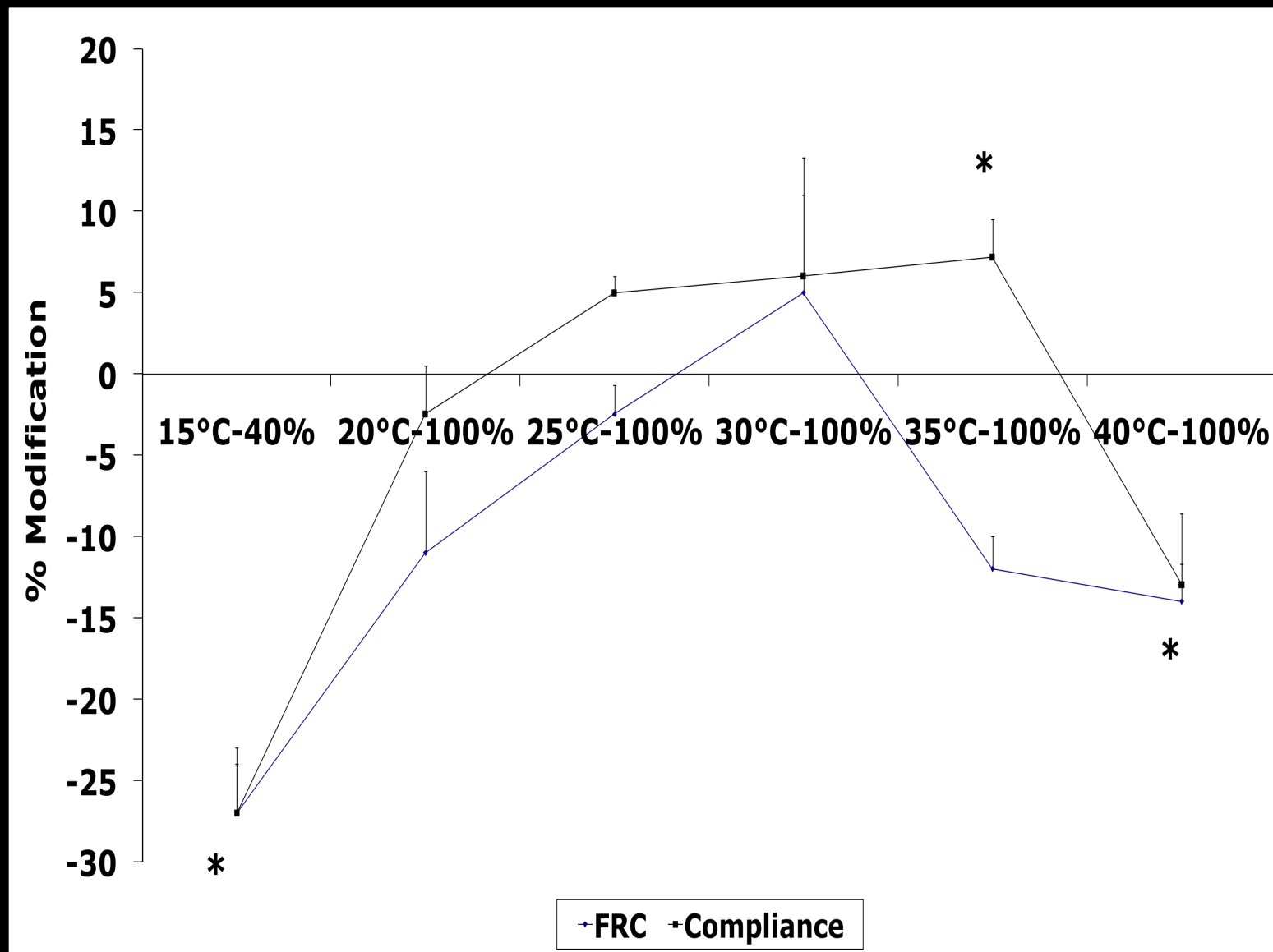
Concept thermodynamique

condensation

viscosité

couche périciliaire

dilution surfactant



Noguchi, BJA, 1973, 45, 844

Hot Water Humidifier (HWH) The Gold Standard...



HWH Performance

Ambient temperature

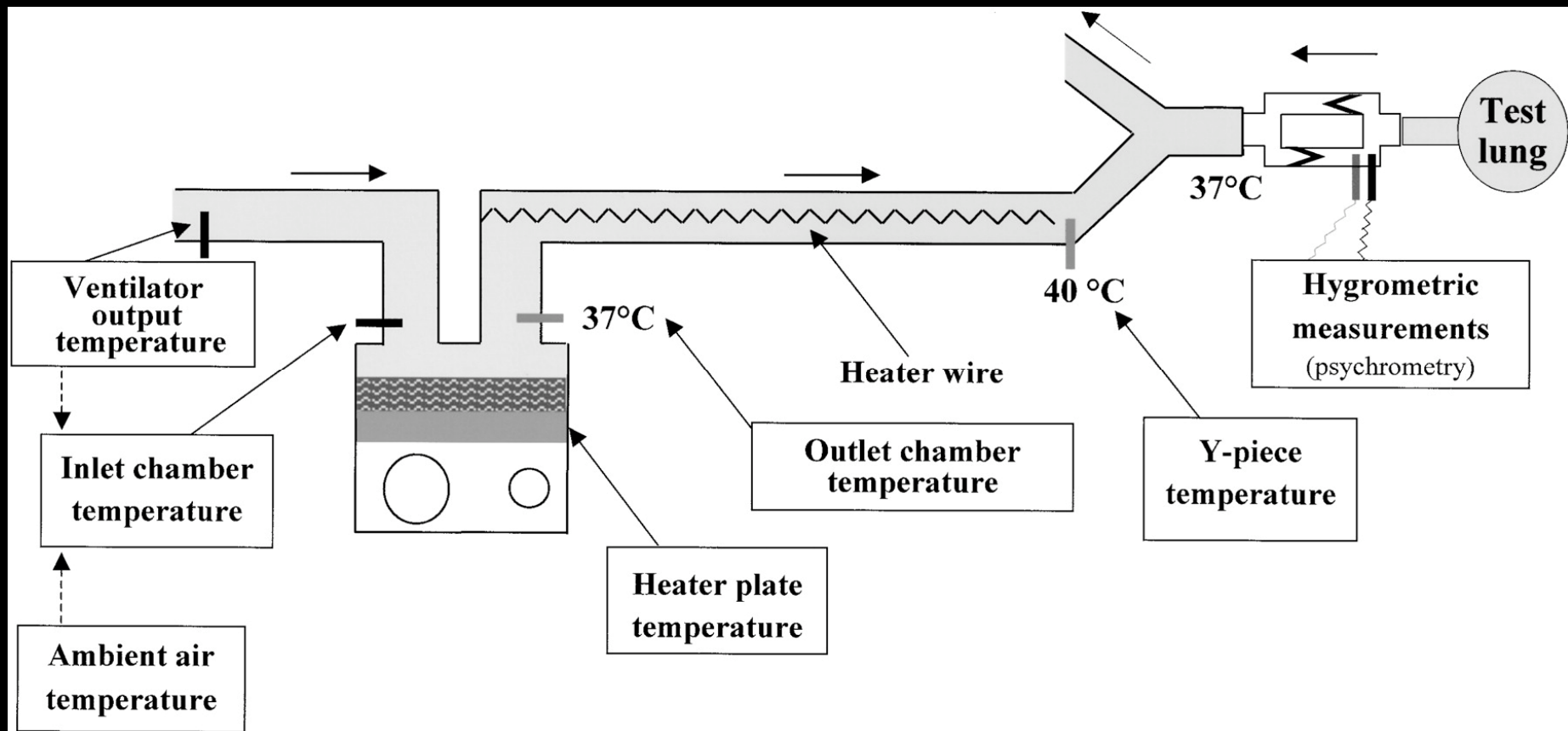
Ventilator output temperature

Humidificator type

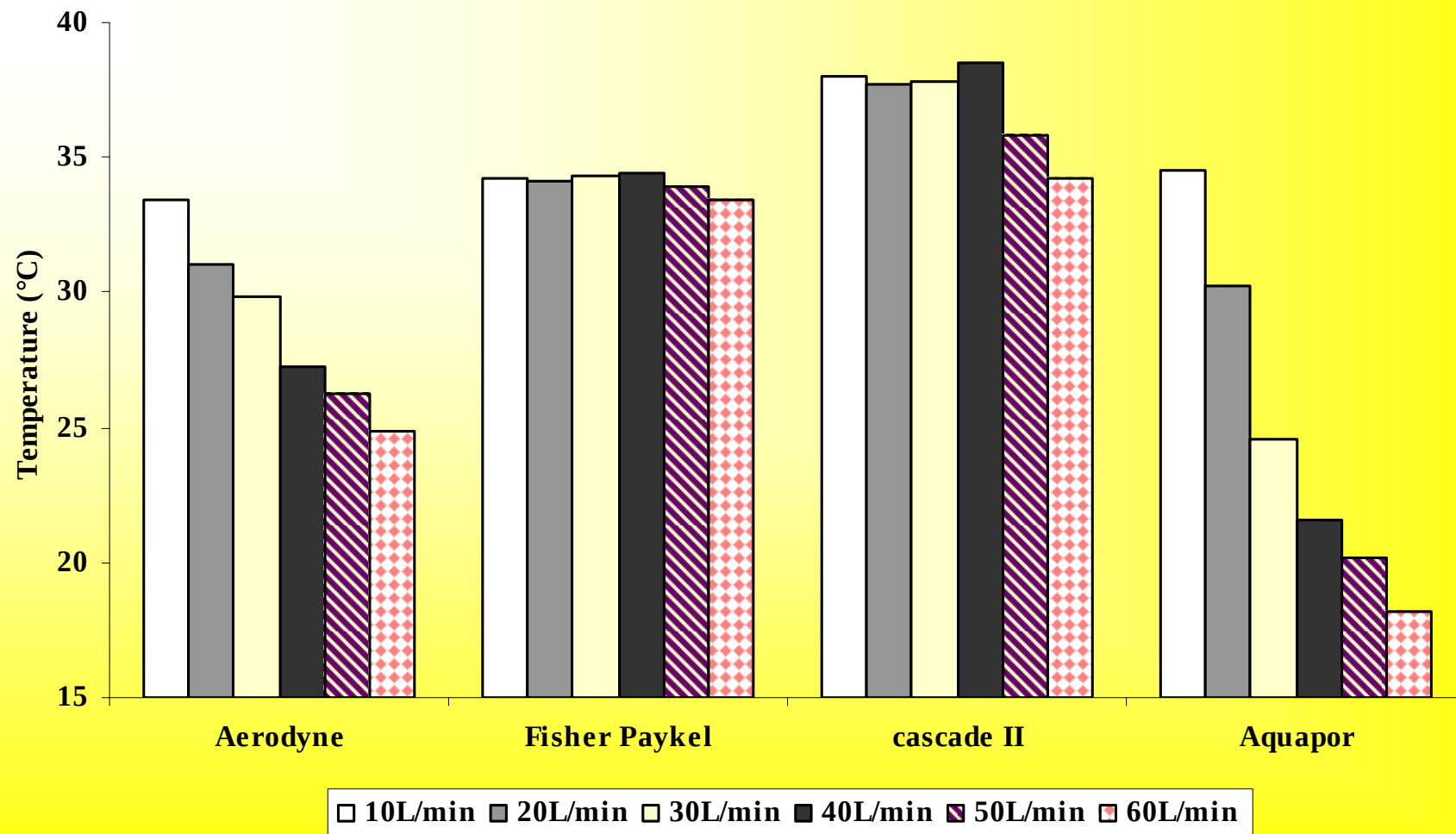
Minute ventilation, inspiratory airflow

Compensation system

Lellouche, AJRCCM, 2004, 170, 1073

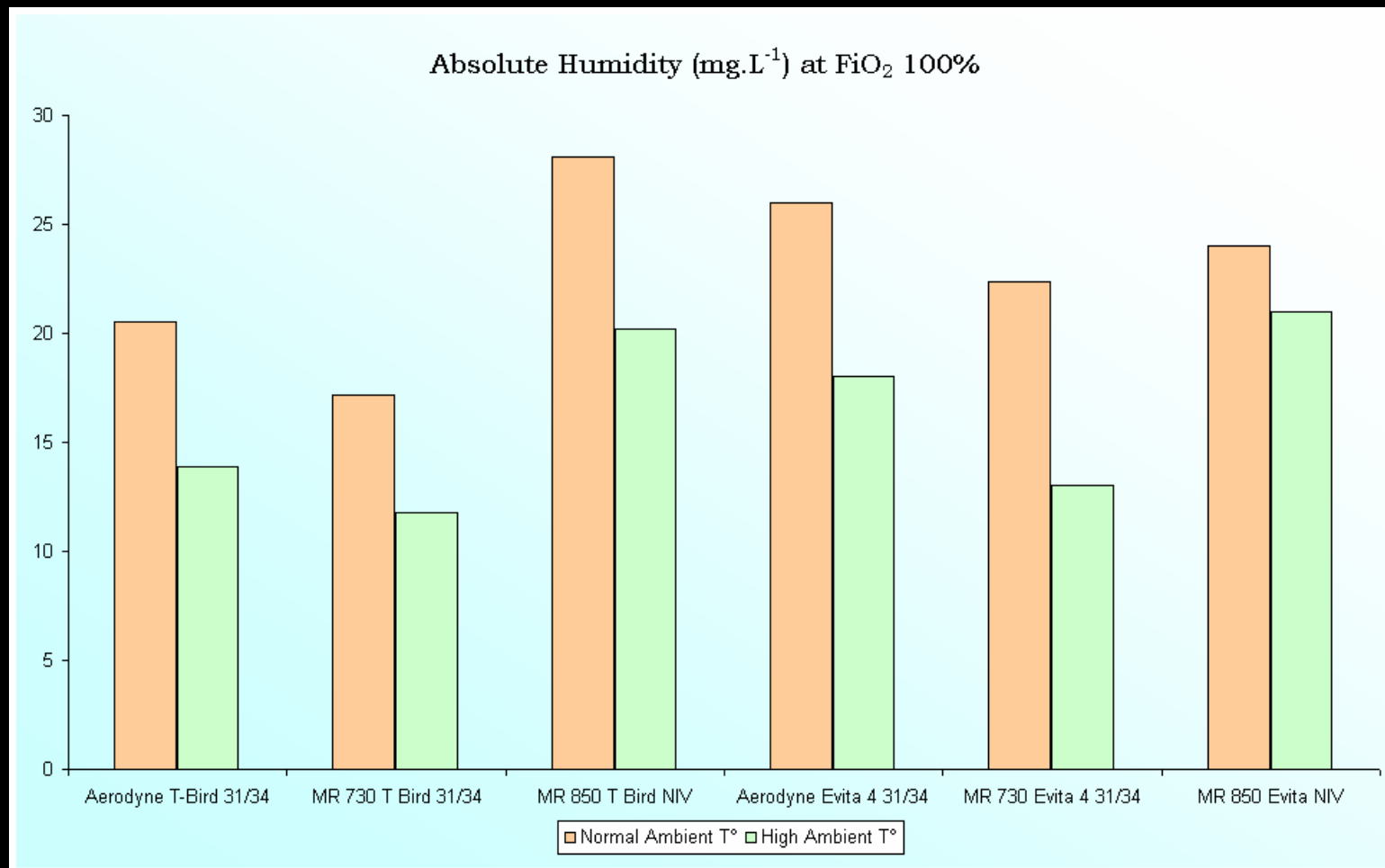


Lellouche, AJRCCM, 2004, 170, 1073

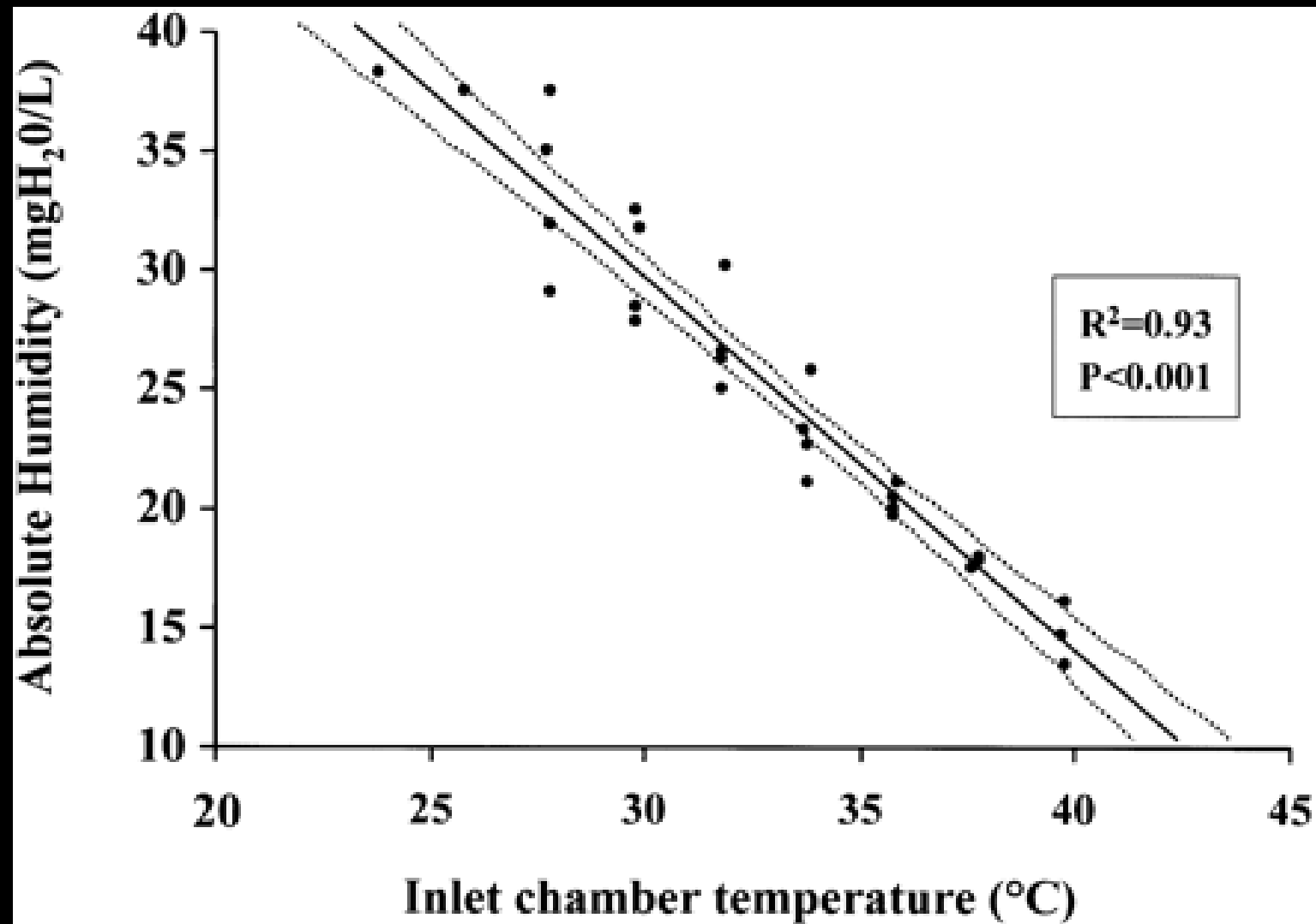


Rathgeber, ICM, 2002





Lellouche, Int Care Med, 2009, march



Lellouche, AJRCCM, 2004, 170, 1073



4,45 cm H₂O.L⁻¹.sec⁻¹



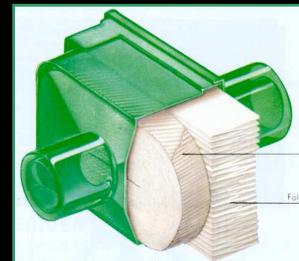
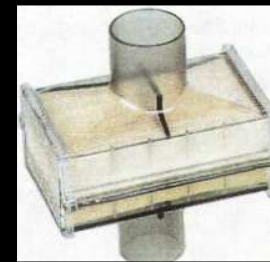
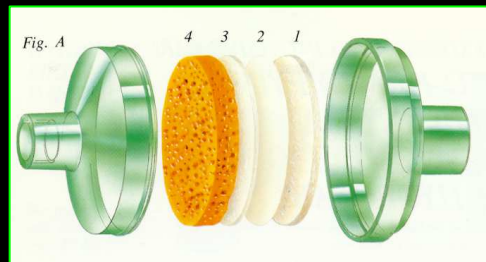
1,3 cm H₂O.L⁻¹.sec⁻¹

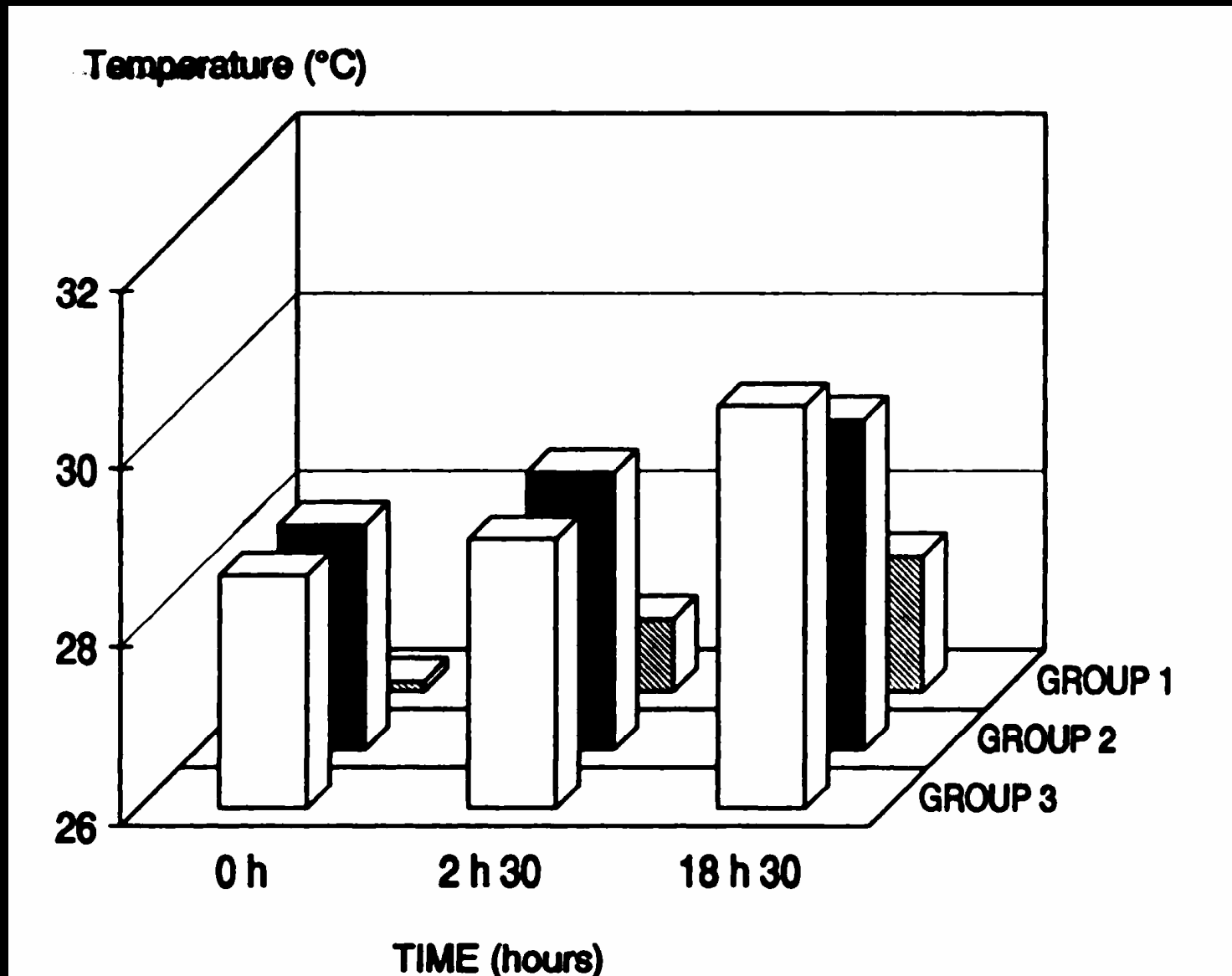


1,5 cm H₂O.L⁻¹.sec⁻¹

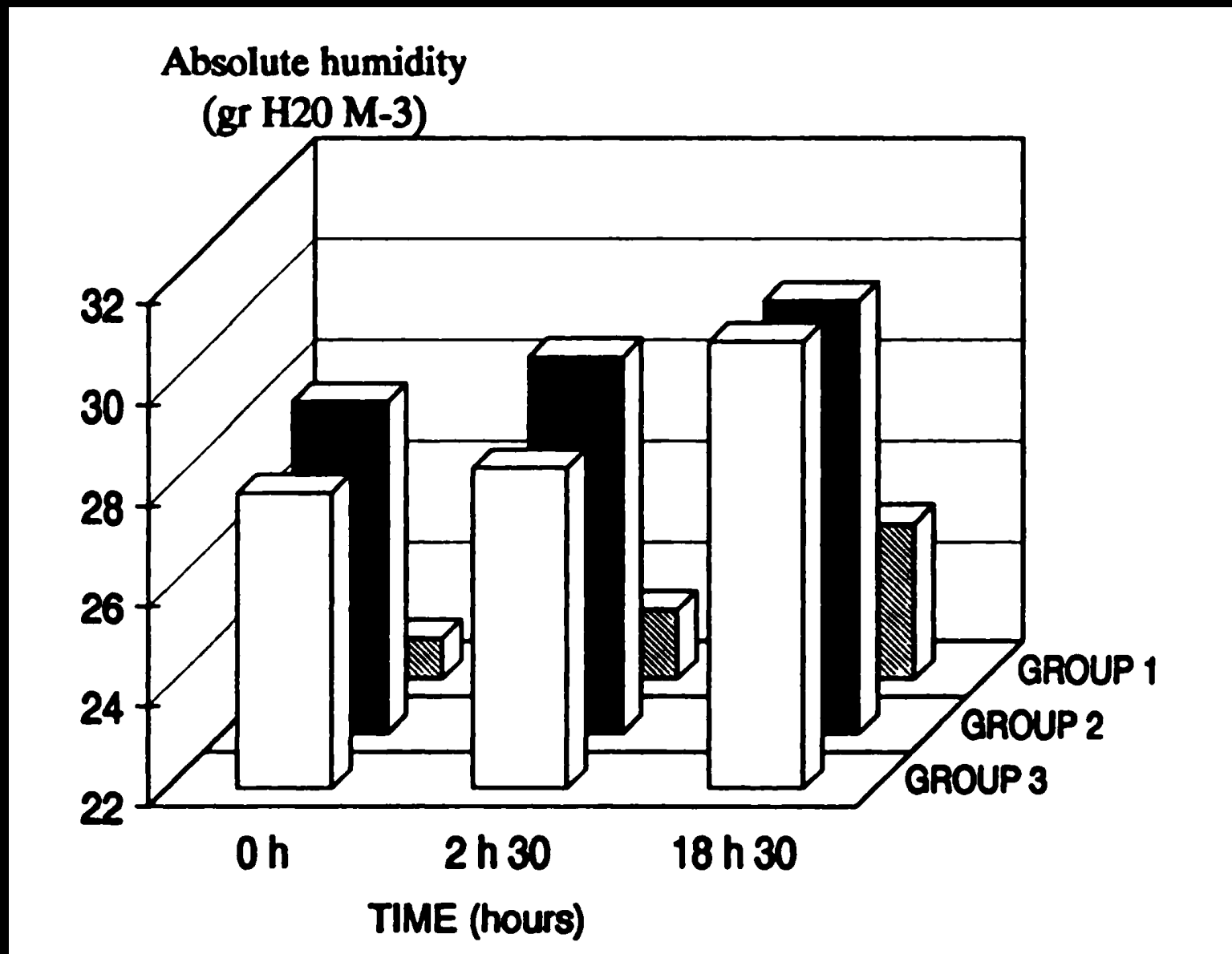
Rathberger, ICM, 2002

Heat and Moisture Exchange: « Are They Doing What They Are Supposed to Do? »





Sottiaux, Chest, 1993, 104, 220



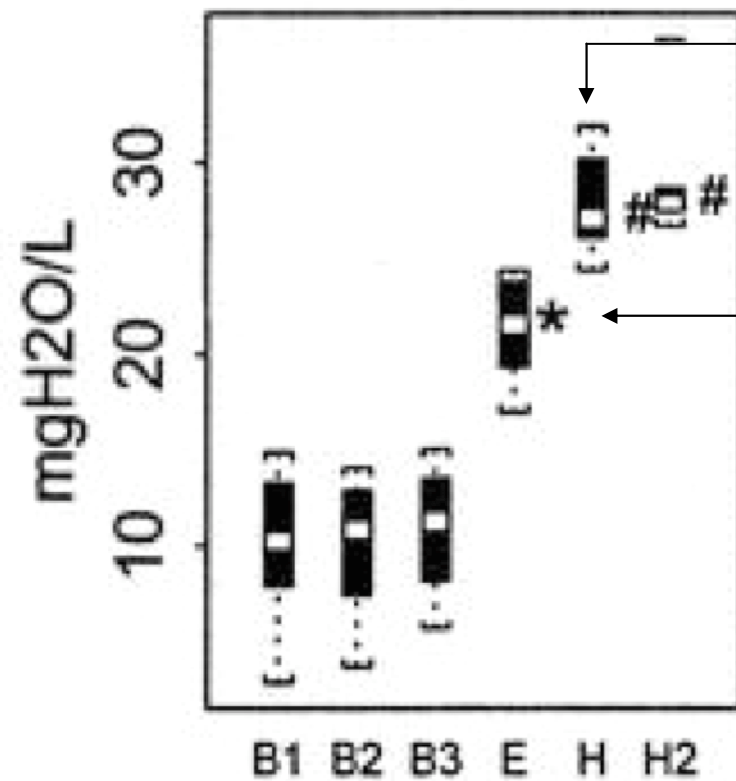
Sottiaux, Chest, 1993, 104, 220



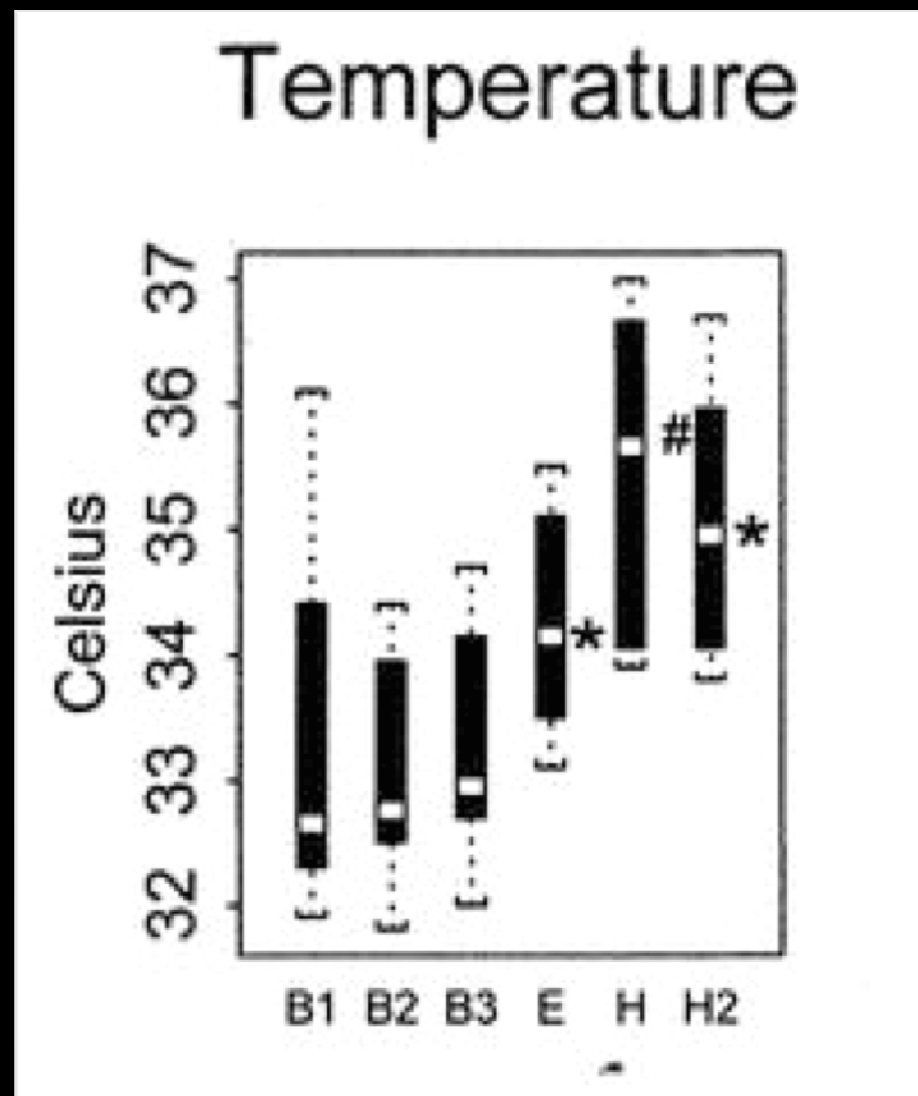
Fresh Gas Flow 3 L.min⁻¹
70% N₂O
CO₂ absorber
Capacity Sensor :

Lemmens, Anesth Analg, 2004, 98, 382

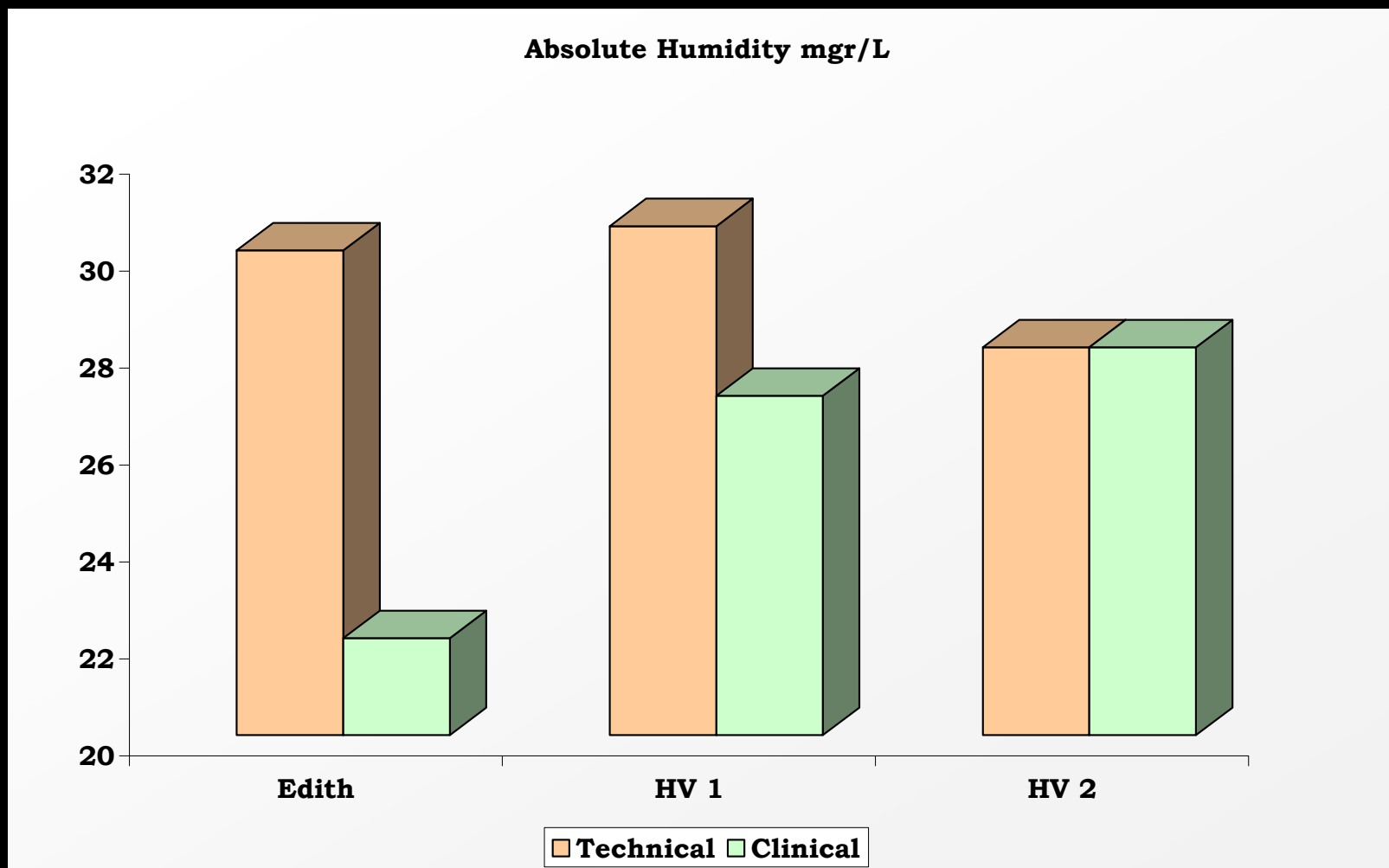
Absolute Humidity



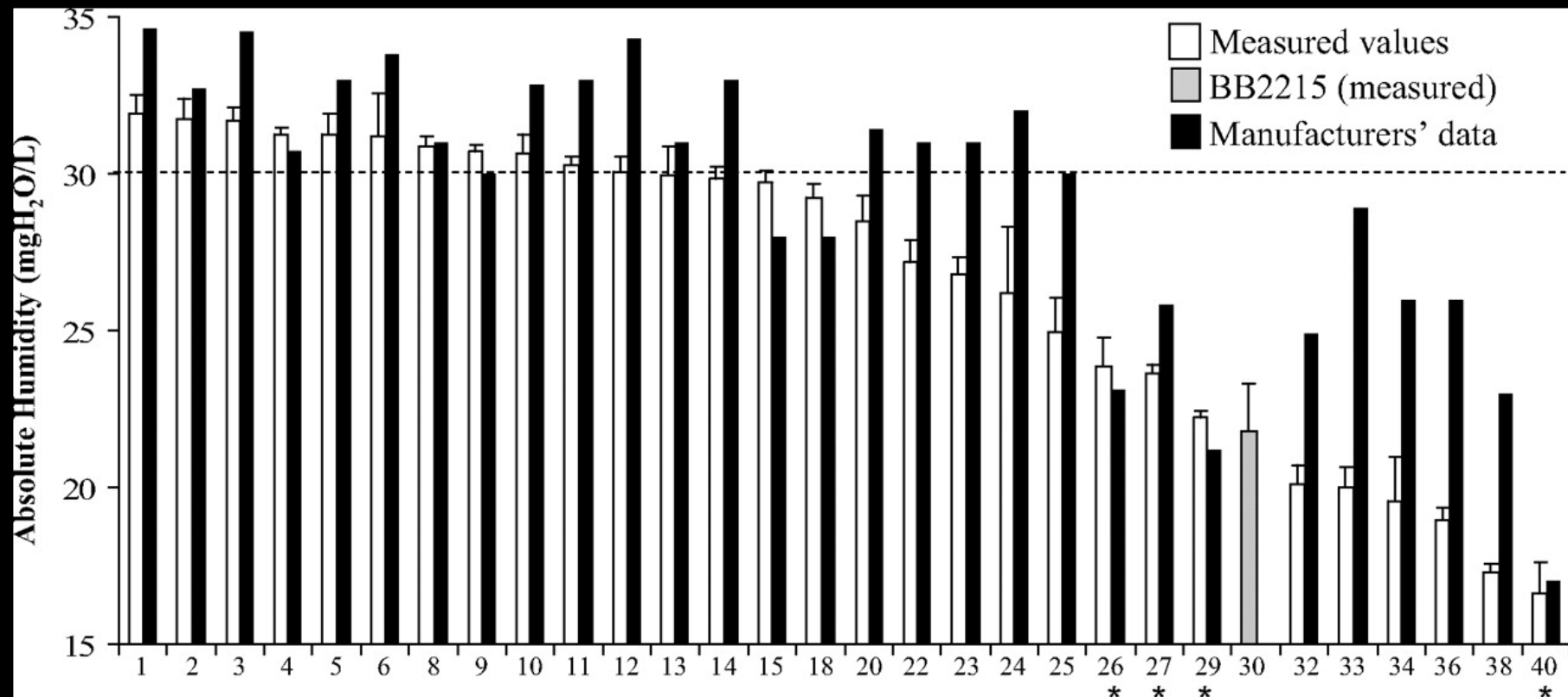
Lemmens, Anesth Analg, 2004, 98, 382



Lemmens, Anesth Analg, 2004, 98, 382

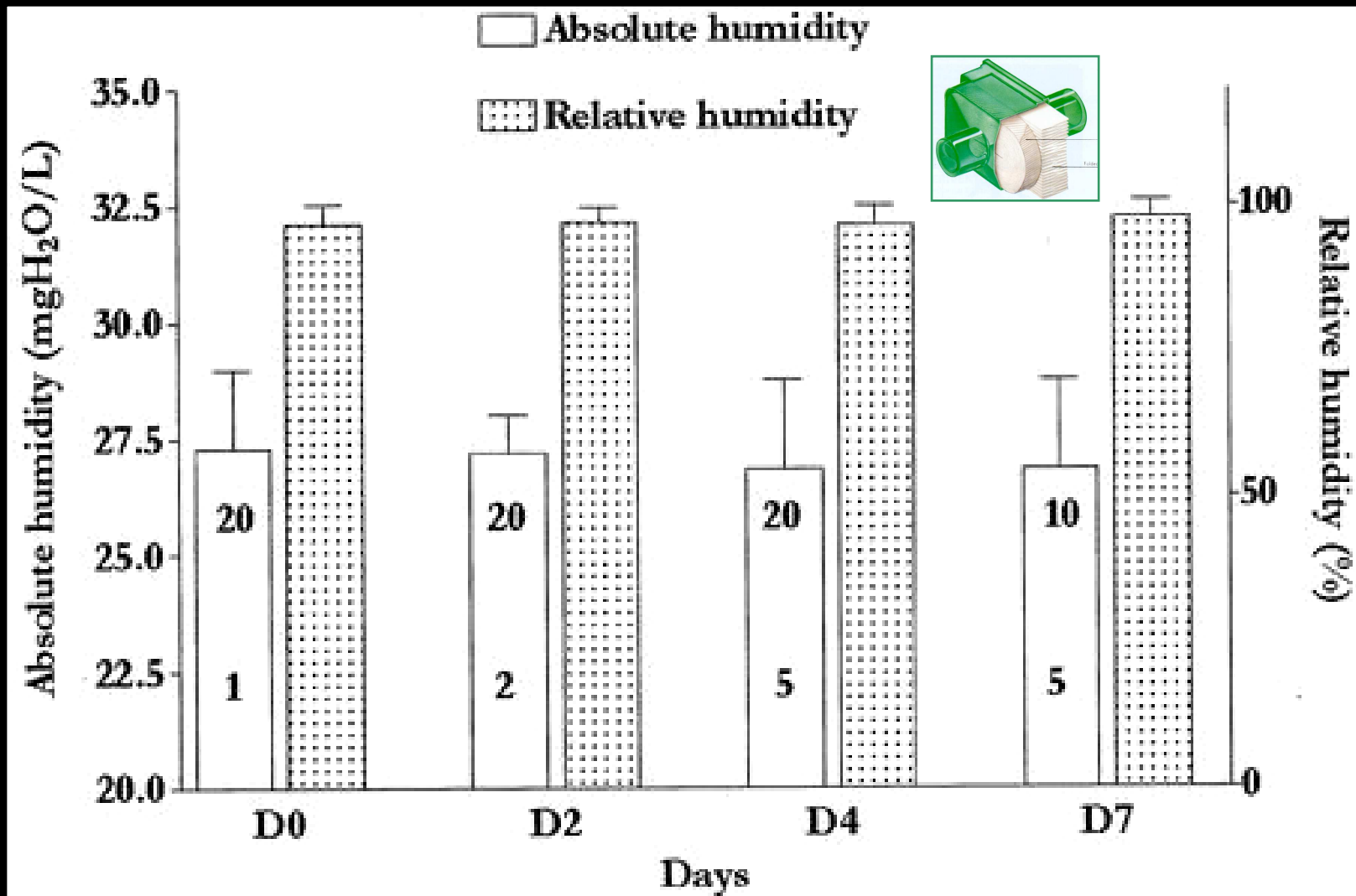


Lemmens, Anesth Analg, 2004, 98, 382

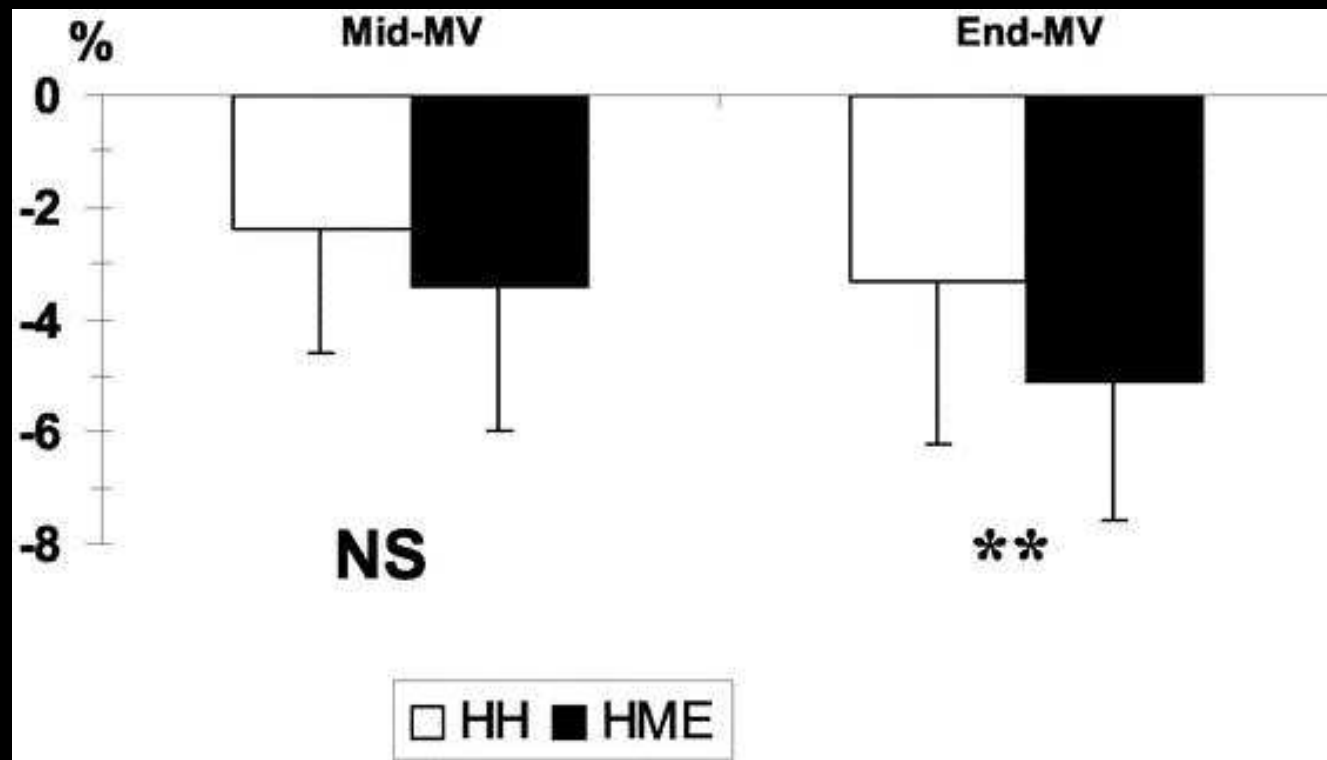


1. Hygrovent
2. Hygrobac
3. Hygrovent S
4. Hygrobac S
5. HMEF 1000
6. 9000/100
7. Servo Humidifier
8. Humid Vent Filter Compact
9. MAP 05
10. Hygroster
11. Slimeline HMEF 9040
12. BACT HME
13. Filtraflux
14. HME 12 BASIC
15. Humid Vent 2

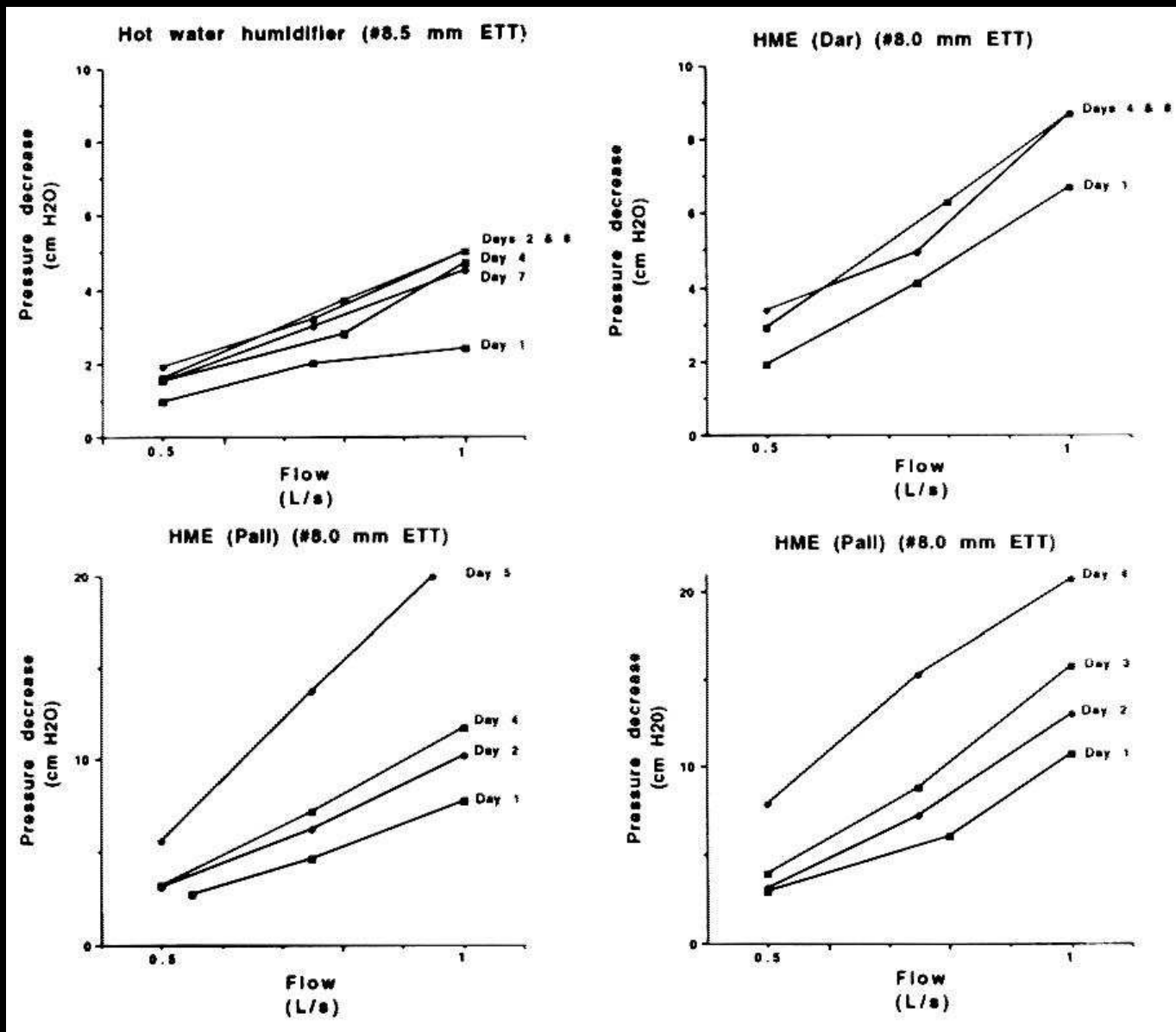
Lellouche, Chest, 2009, February



Thiery, Crit Care Med, 2003, 31, 699

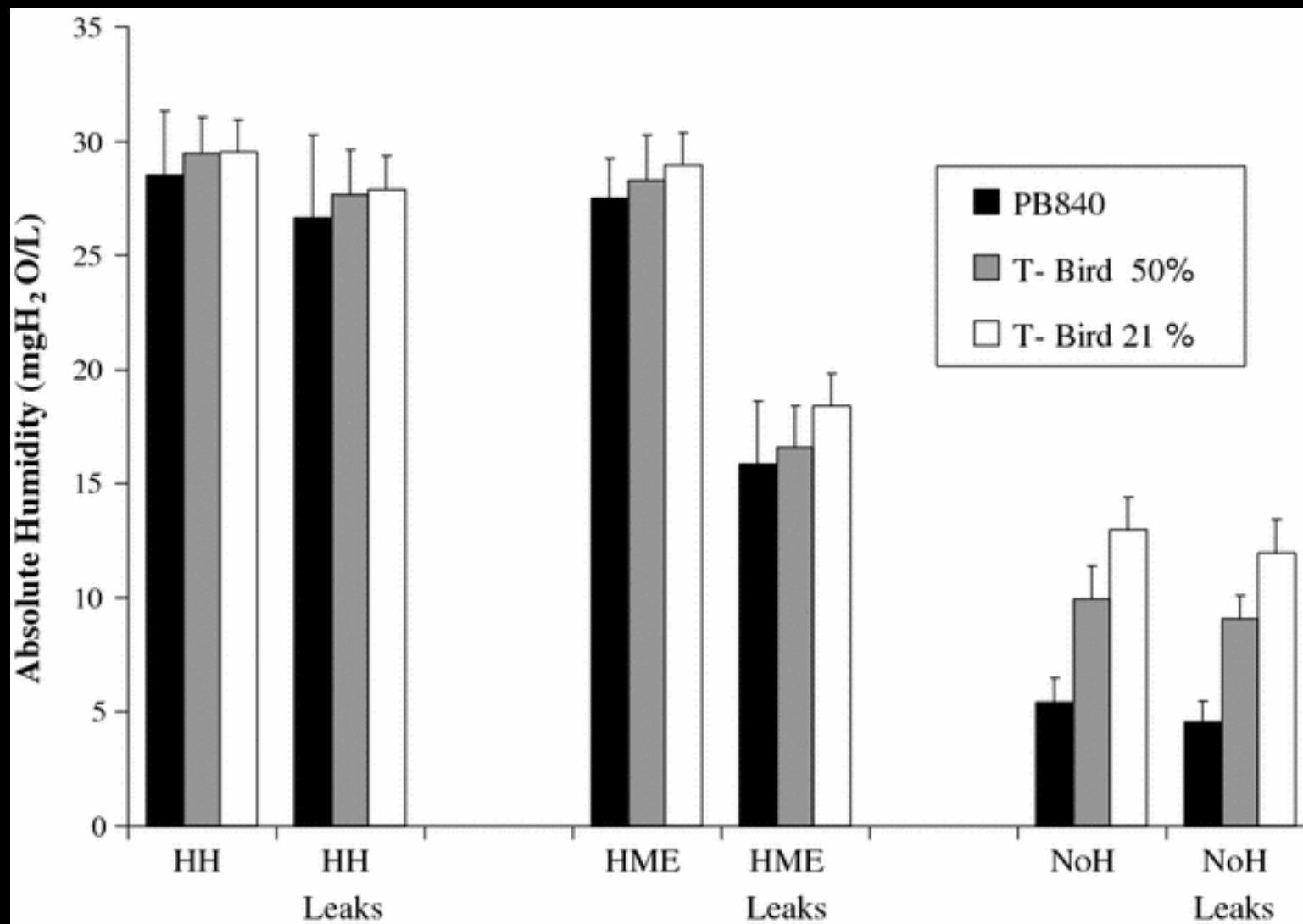


Jaber, Anesthesiology, 2004, 100
Mid V = 5 days of MV
End V = 10 days of MV

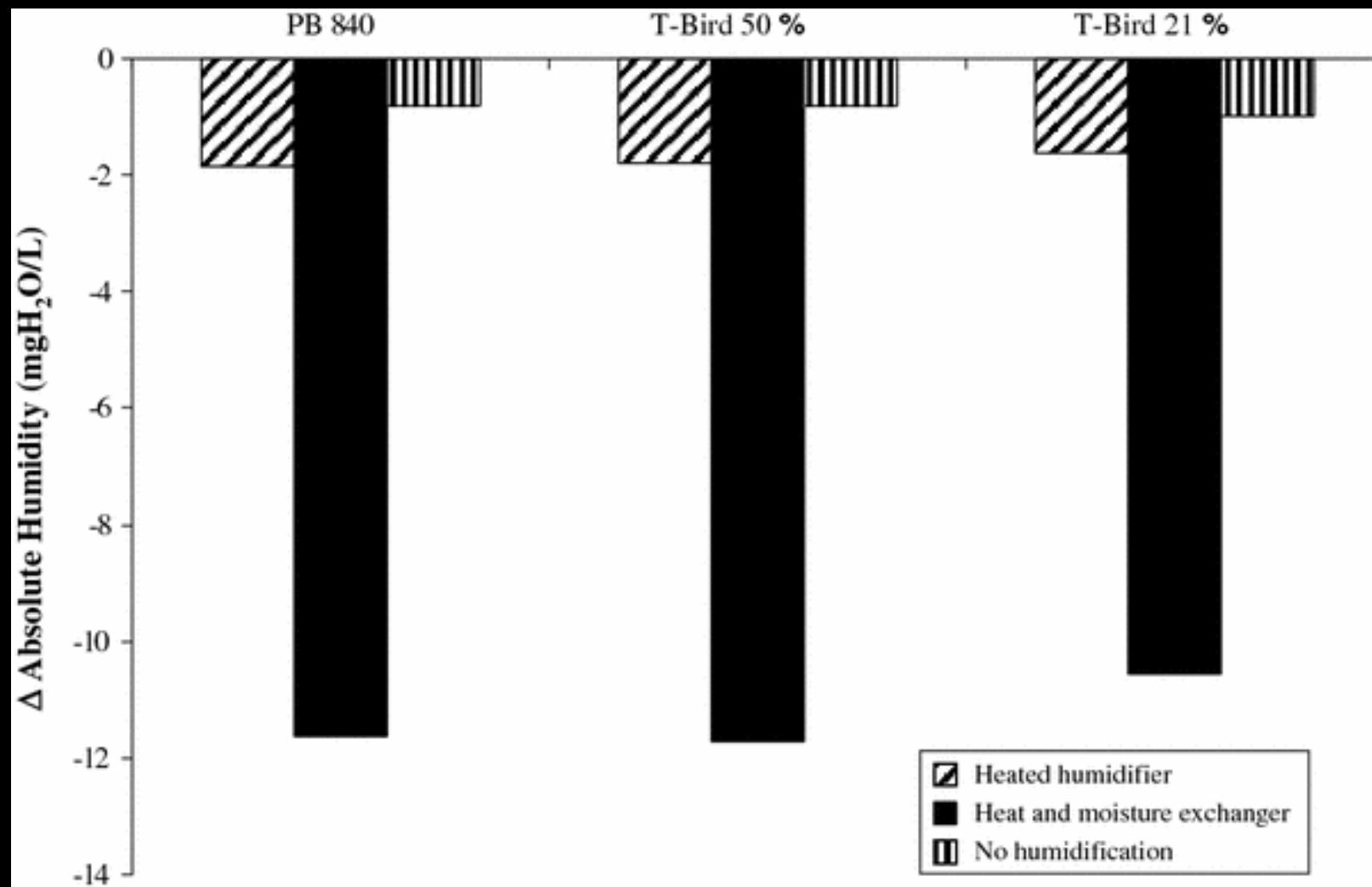


Villafane, Anesthesiology, 1996, 85, 1341

« Long term MV with this HME changed only once a week cannot be recommended ».

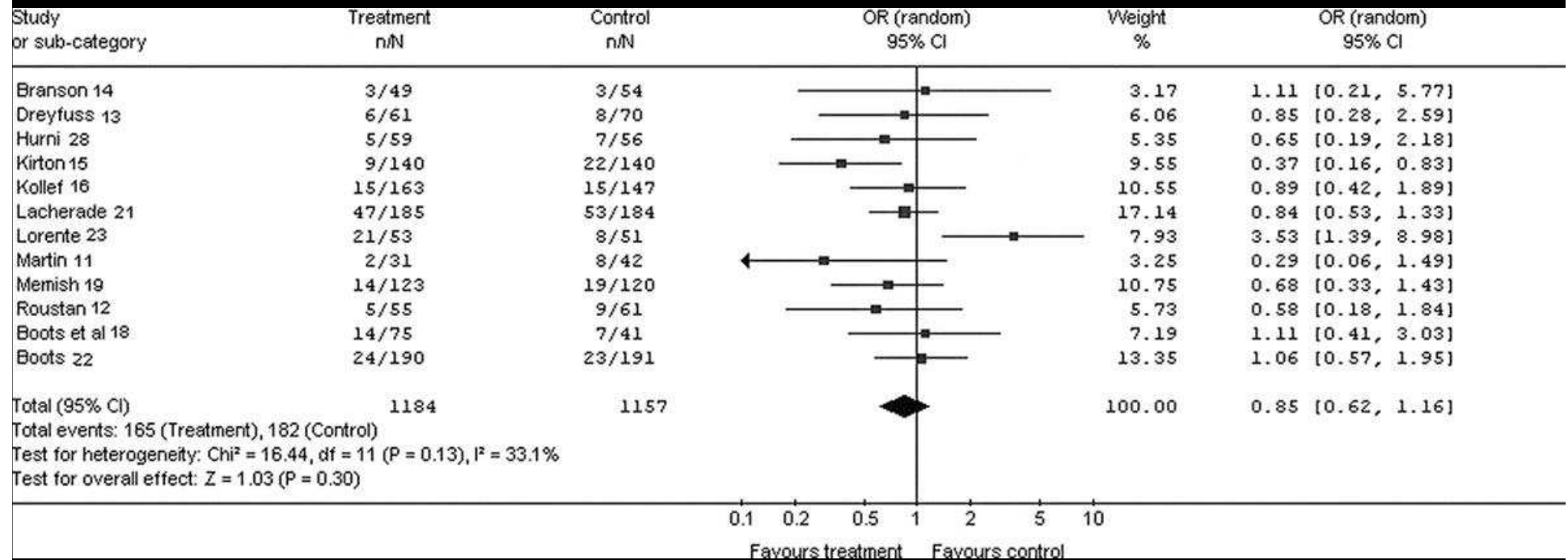


Lellouche, Int Care Med, 2009, 6, 987



Lellouche, Int Care Med, 2009, 6, 987

VAP



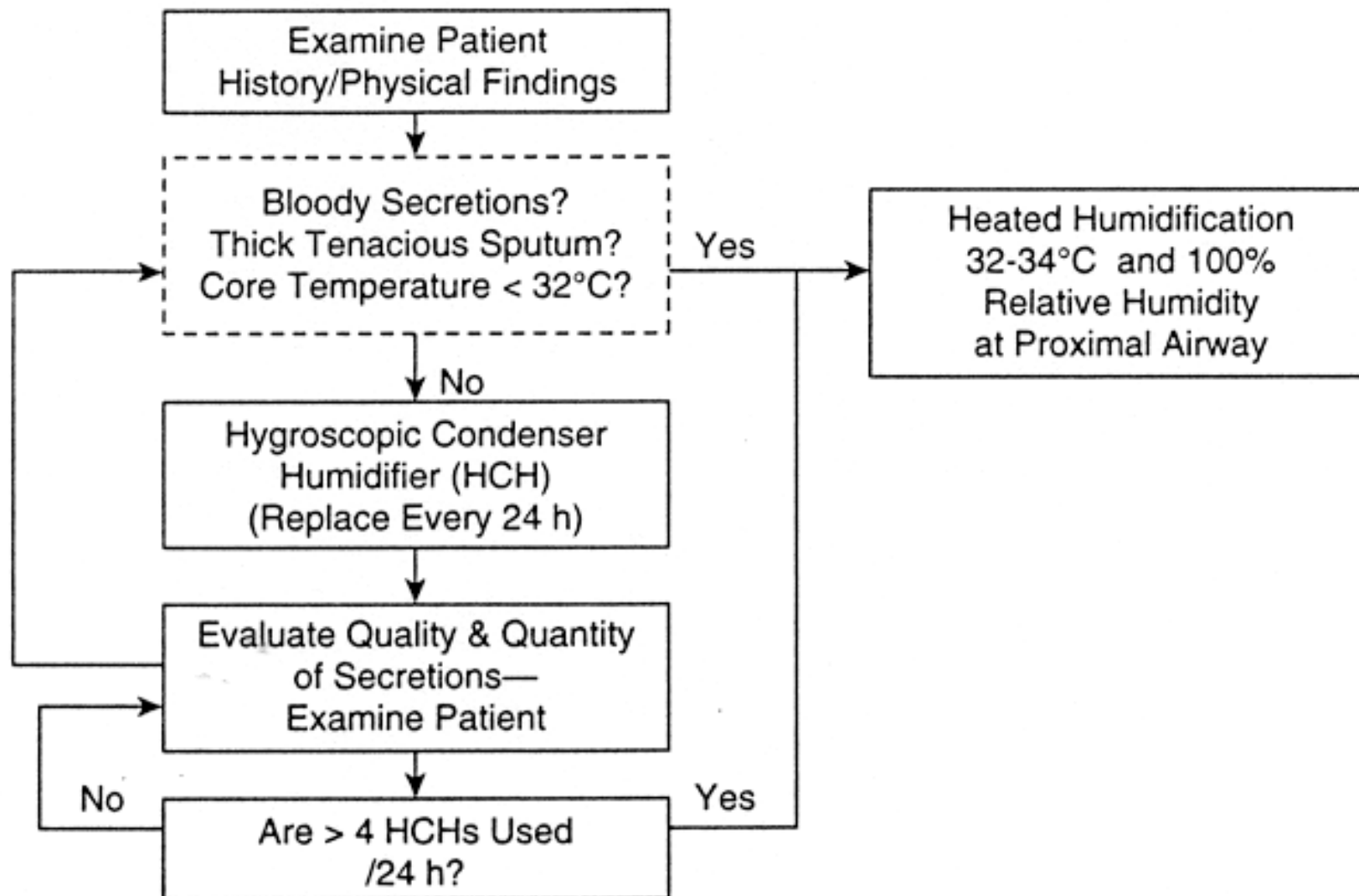
Siemplos, Crit Care Med, 2007 (dec), 35, 2943

Facteurs influençant les performances

- Volume courant
- Débit expiratoire
- Température ambiante
- Température du patient
- Fuites aériques

Effets indésirables

- Espace-mort
- Résistance



Climatisation of respiratory gases

- HCH(F) with simplified ventilatory circuit
- HCH change every one or two days or if macro contamination

-Heated Humidifier ? :

- after 4-5 days of mechanical ventilation
- sécrétions: abundants and/or viscous and/or bloody
- low V_T , high V_T
- difficult weaning
- air leaks
- persistent hypothermia ($< 32^{\circ}\text{C}$)
- non-invasive ventilation