



Normandie Université

Innovations dans la BCPO : Oxygénothérapie à haut débit

Dr. Maxime Patout

CCA - CHU de Rouen - EA3830 - GRHV

maxime.patout@chu-rouen.fr

@gavsplf

@maximepatout



GAVO₂
Groupe assistance
ventilatoire et oxygène

Conflits d'intérêts en lien avec le sujet

- F&P : Bourse de recherche, frais, honoraires
- B&D : Bourse de recherche
- Resmed, Philips Respironics : Board
- ADIR : Bourse de recherche
- Asten : Frais

Progrès technologique



The last of the iron lungs - gizmodo.com

Progrès technologique



Philips RespiRONICS

Progrès technologique



VitalAire Grèce

Progrès technologique pour le patient BPCO

Symptômes

Dyspnée

Sommeil

Qualité de vie

Sécrétions

Fonction respiratoire



Exacerbations

Ventilation

Comorbidités

Oxygénation

Morbi-mortalité

Progrès technologique pour le patient BPCO

Symptômes

Dyspnée

Sommeil

Qualité de vie

Sécrétions

Fonction respiratoire



Exacerbations

Ventilation

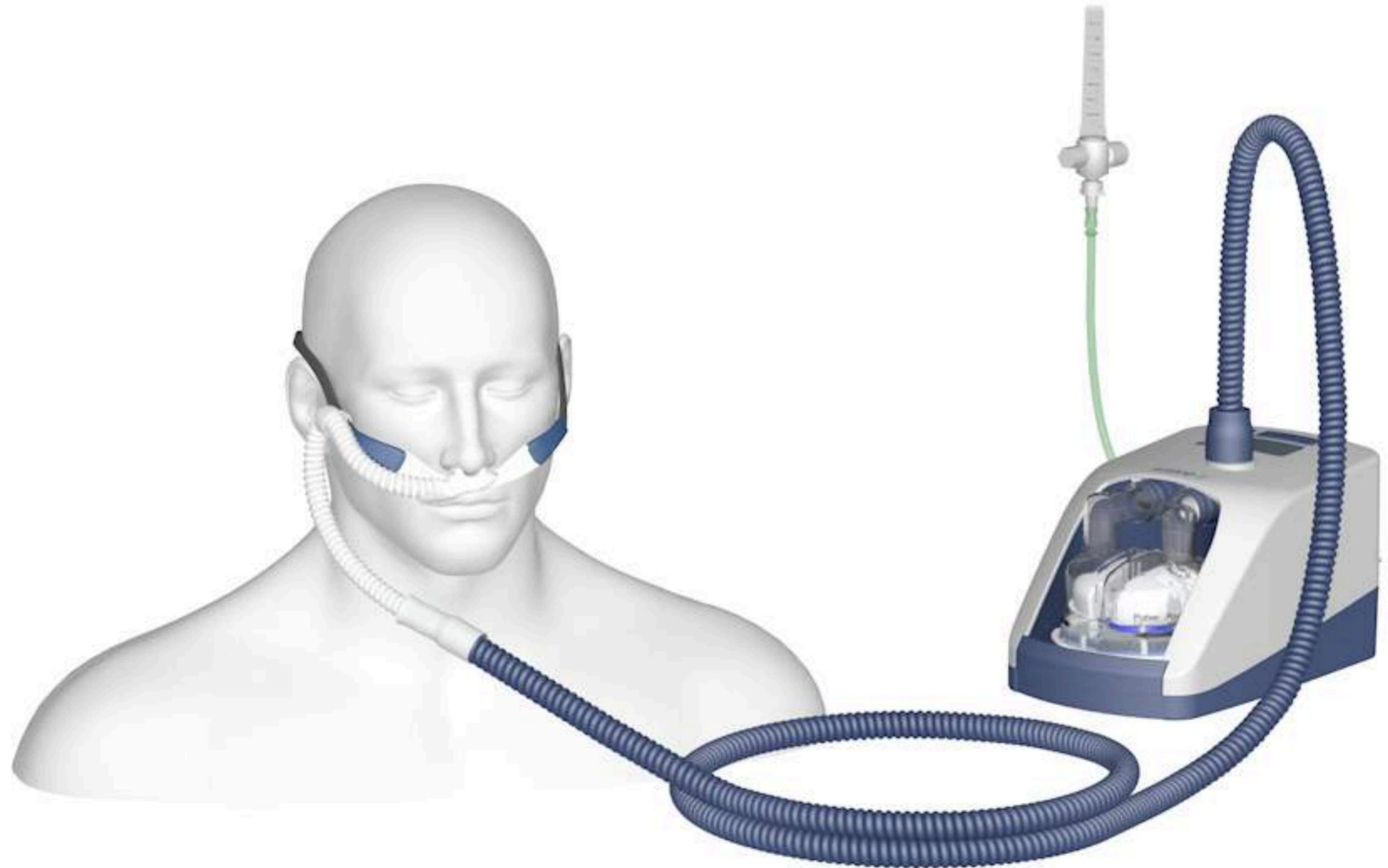
Comorbidités

Oxygénation

Morbi-mortalité

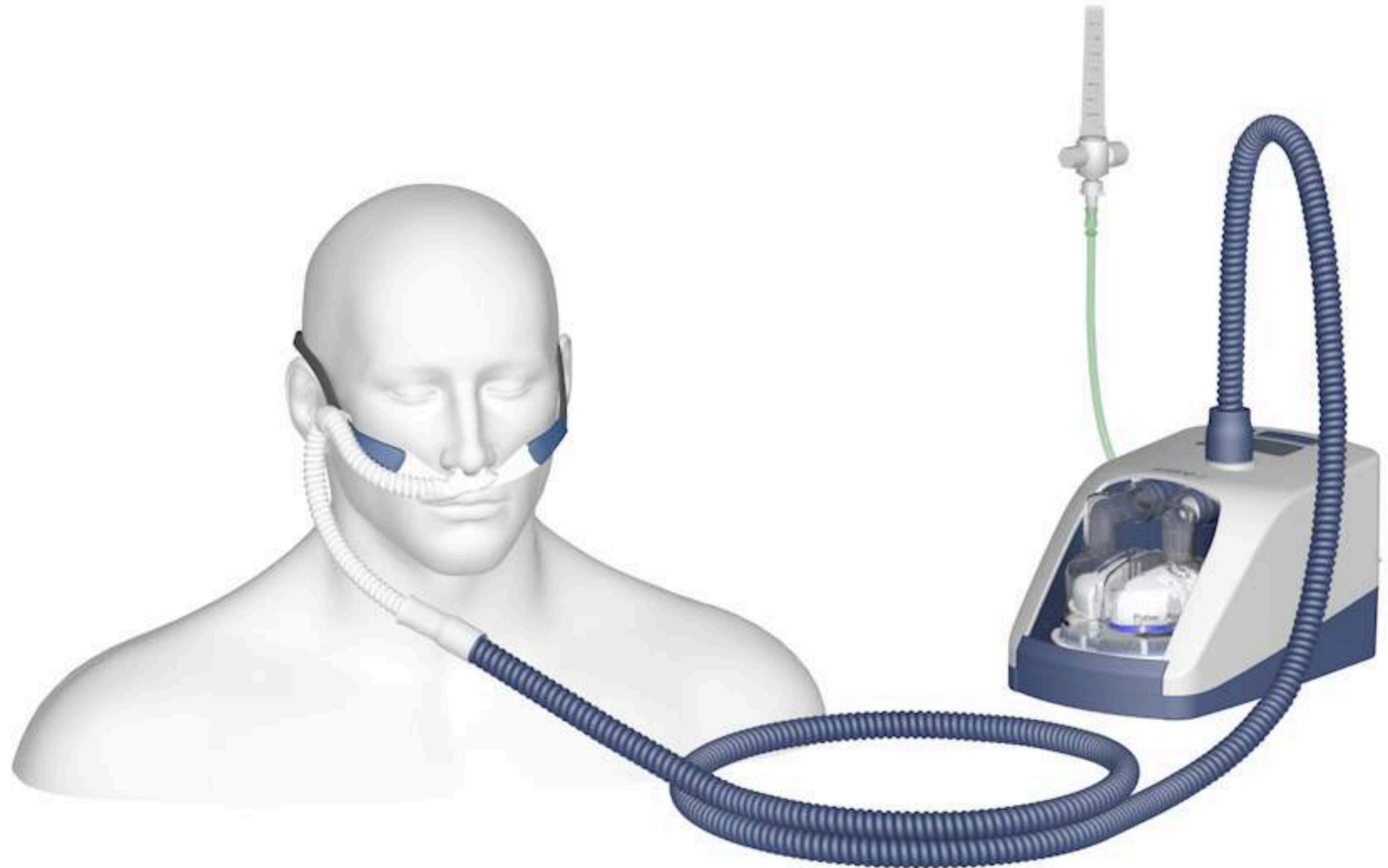
Avantages comparativement à l'O2 longue durée

- Humidification
- Température
- Débit d'air
- Débit d'O2 : FiO2

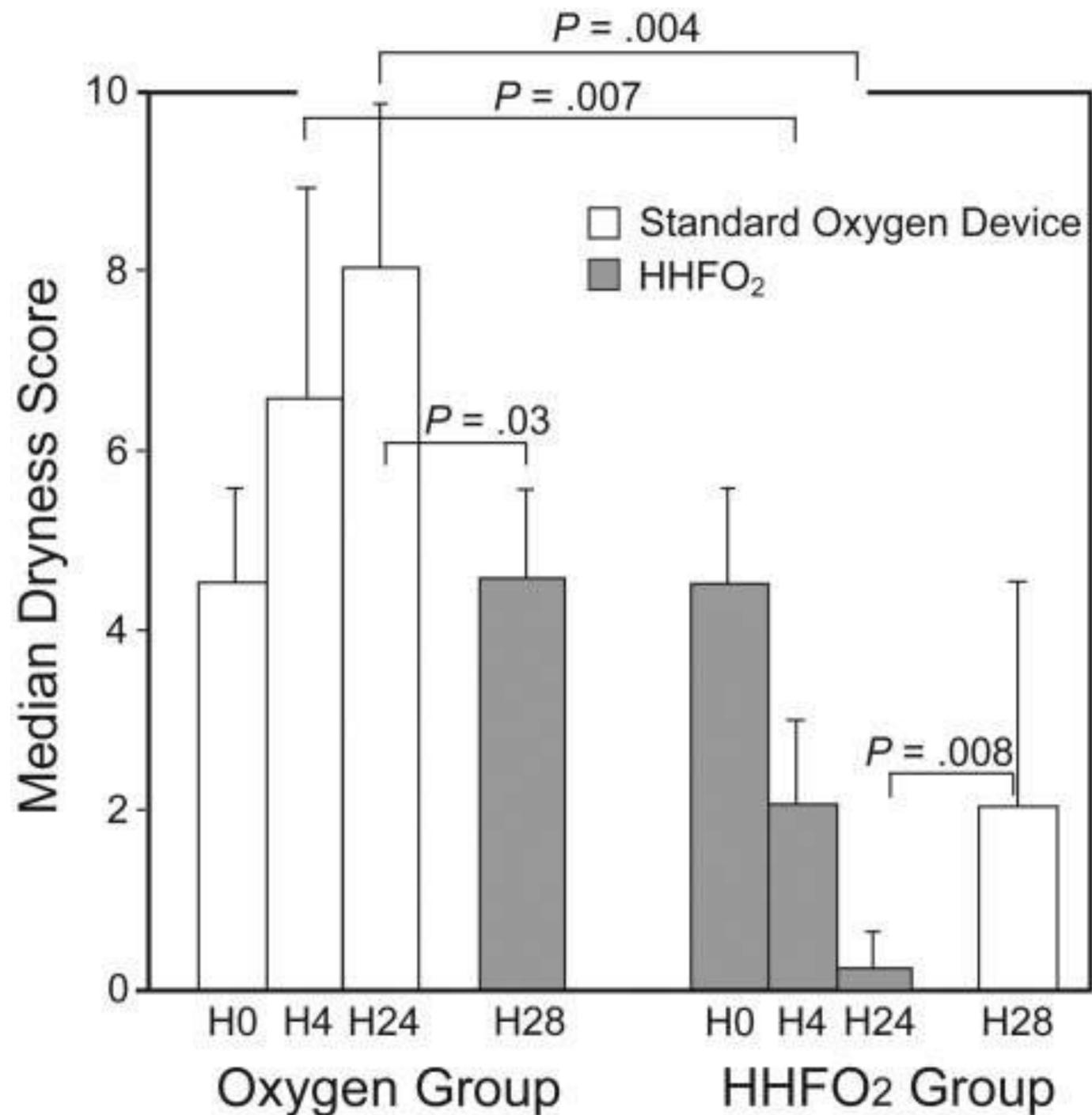


Avantages comparativement à l'O2 longue durée

- **Humidification**
- **Température**
- **Débit d'air**
- Débit d'O2 : **FiO2**



Apport de l'humidification - Sécheresse

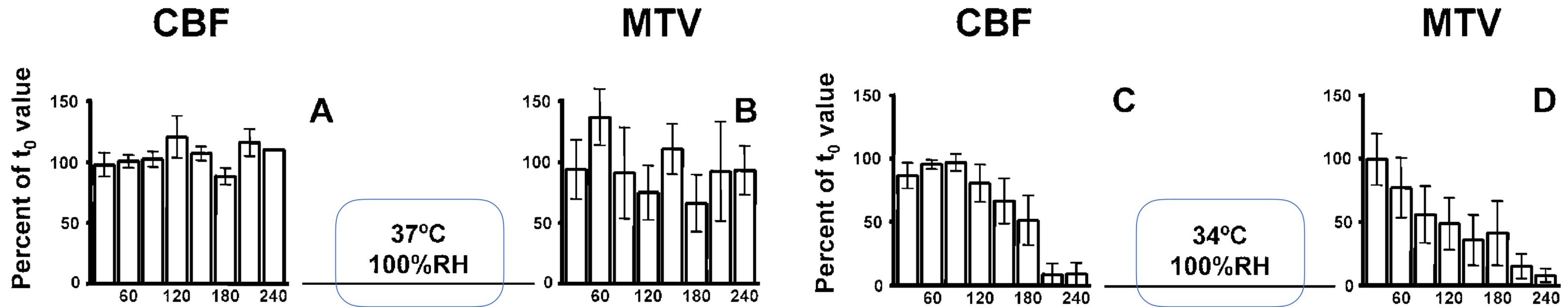


	Dryness Score, median (IQR)		<i>P</i>
	Oxygen Group (<i>n</i> = 12)	HHFO ₂ Group (<i>n</i> = 18)	
Nose			
Hour 0	4 (0–9)	4 (1–7)	.60
Hour 4	6 (2–9)	2 (0–3)	.007
Hour 24	8 (0–10)	0 (0–2)	.004
Hour 28	4 (0–6)	2 (0–5)	.6
Throat			
Hour 0	5 (1–8)	4 (1–8)	.6
Hour 4	3 (0–8)	0 (0–4)	.2
Hour 24	0 (0–7)	0 (0–5)	.3
Hour 28	0 (0–3)	1 (0–3)	.6

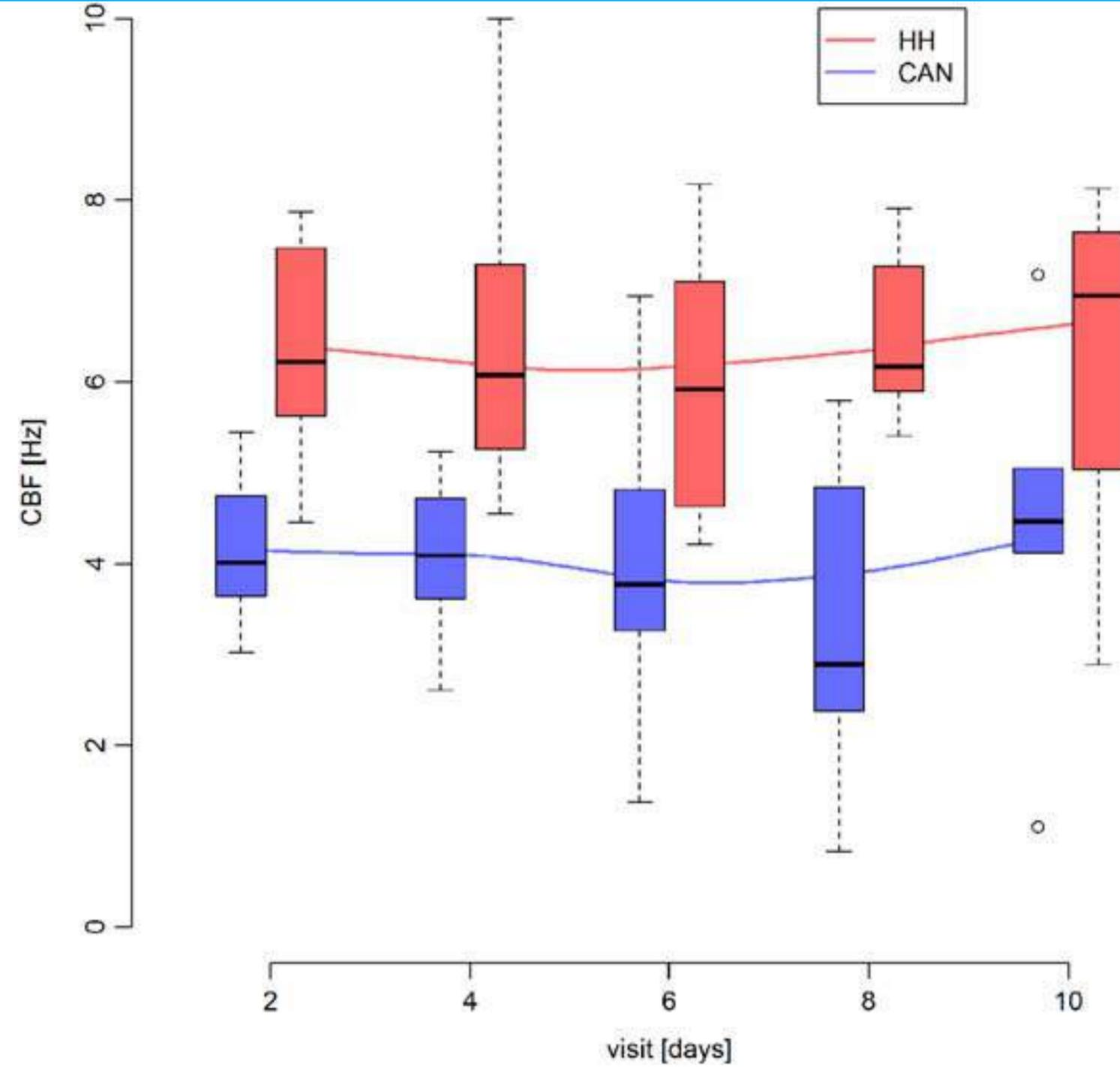
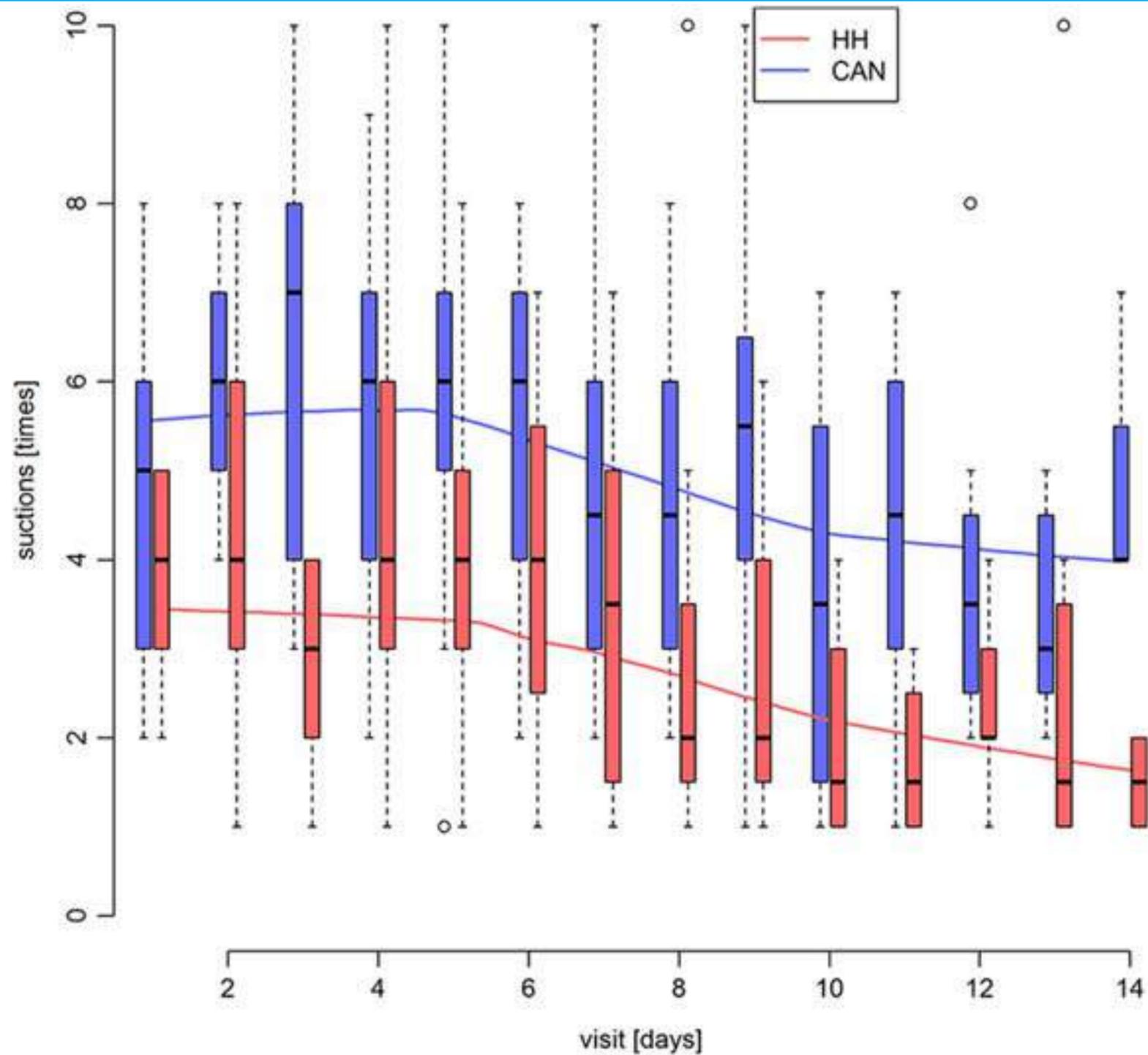
* After 24 hours the subjects were switched to the other device.

HHFO₂ = heated humidified high-flow oxygen therapy

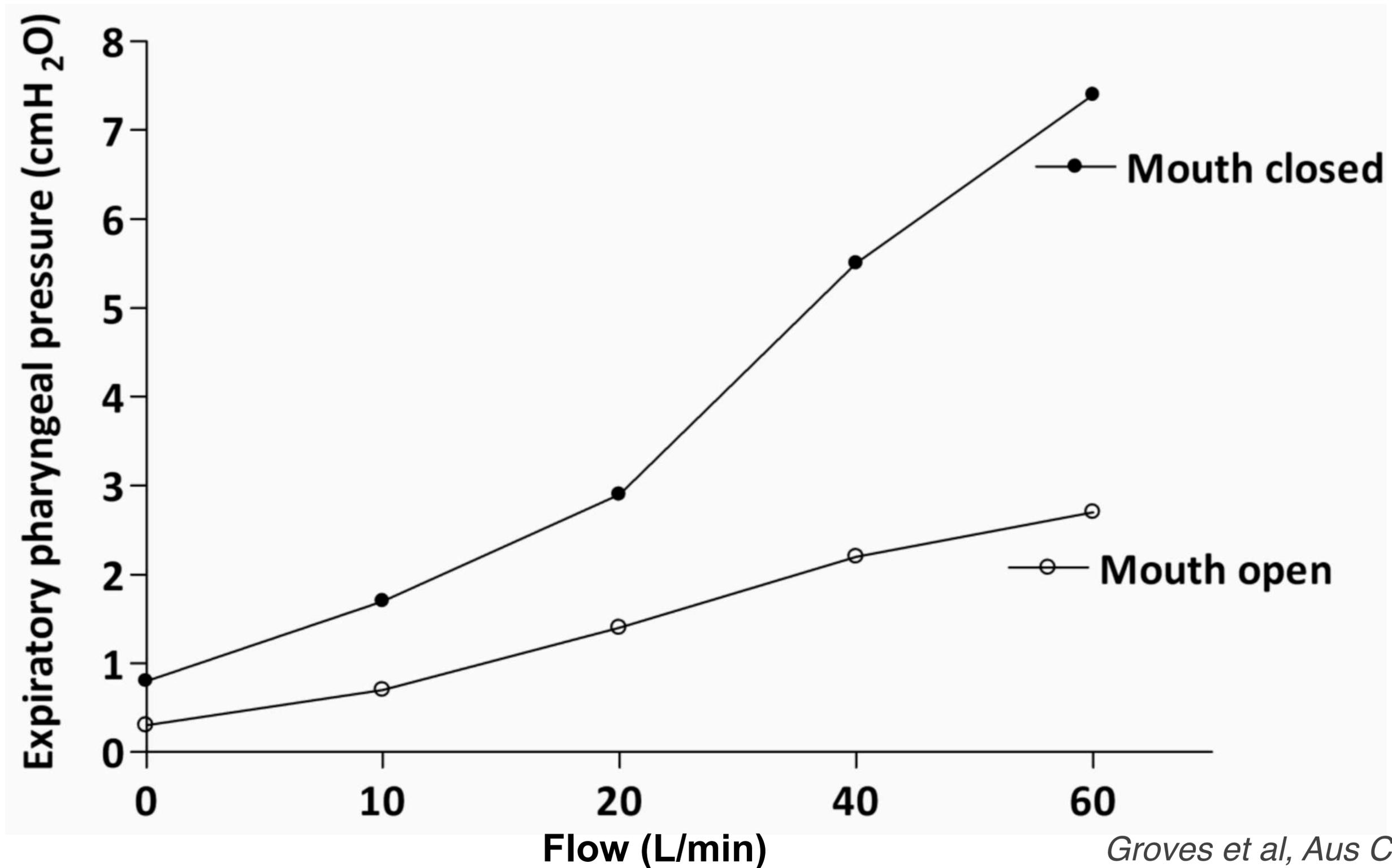
Apport de l'humidification - Chauffage



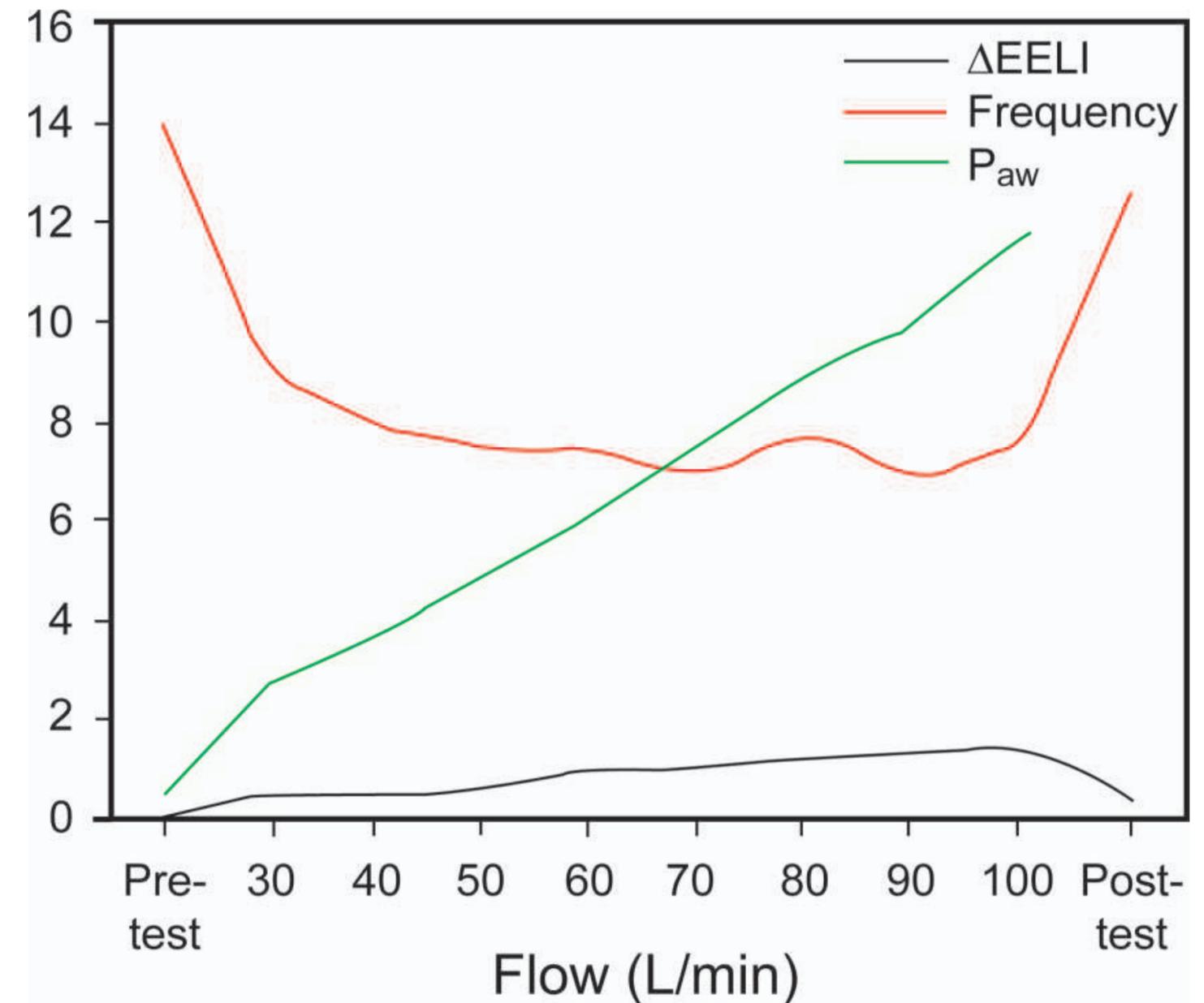
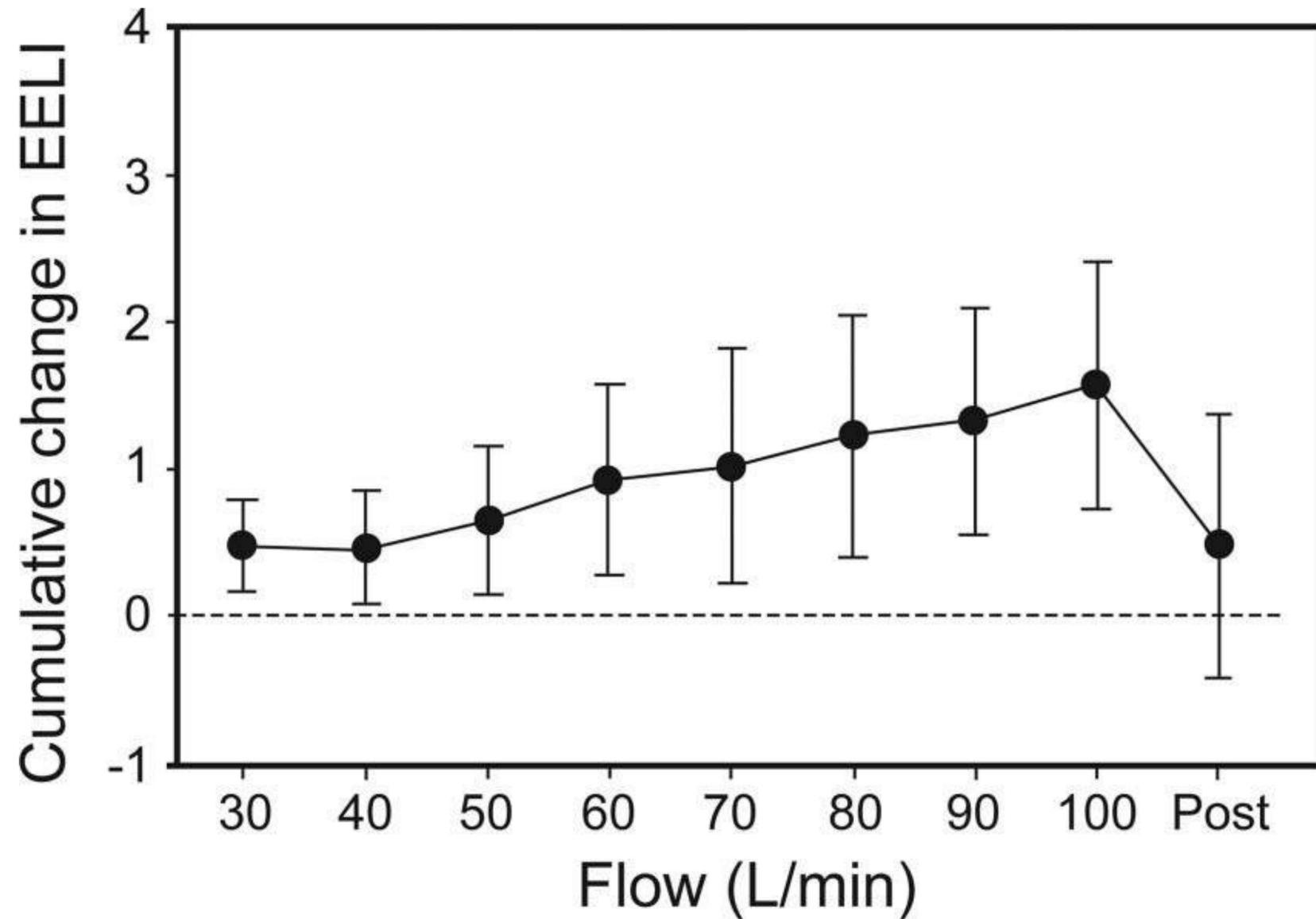
Apport de l'humidification



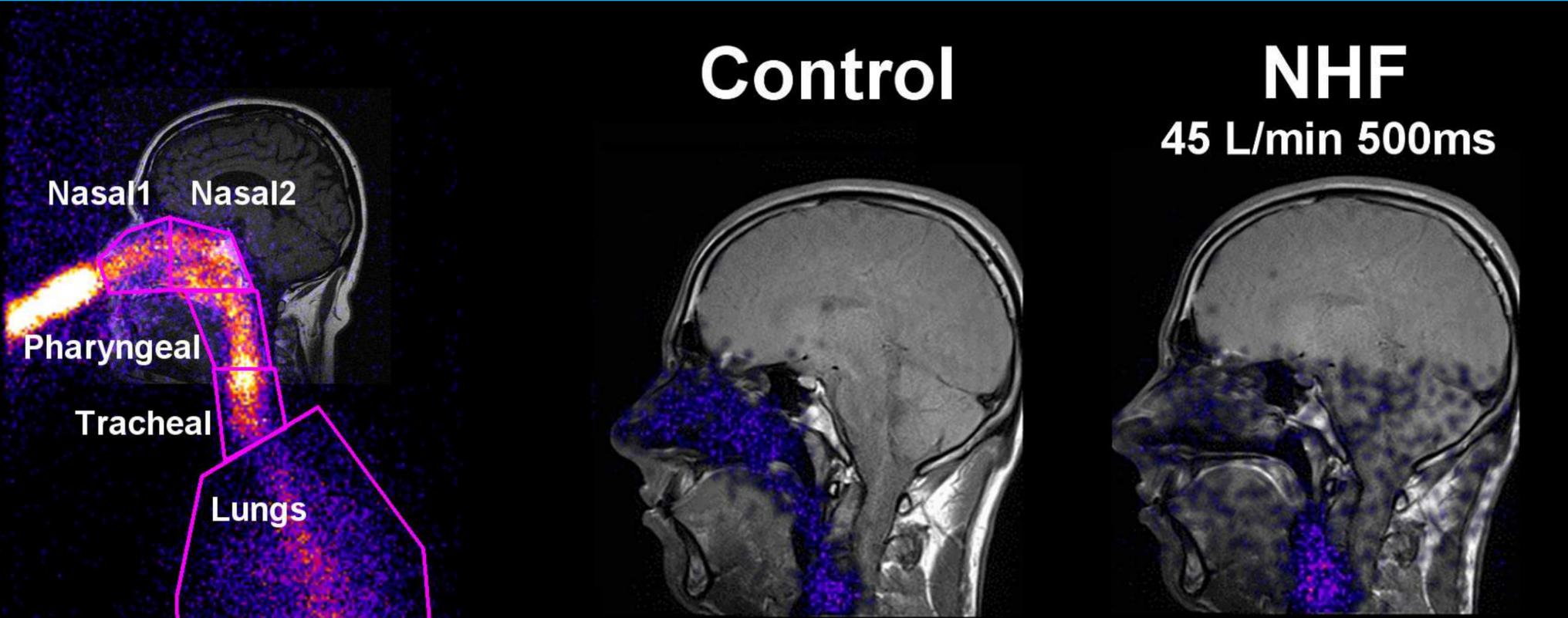
Apport du haut débit d'air - Effet PEP



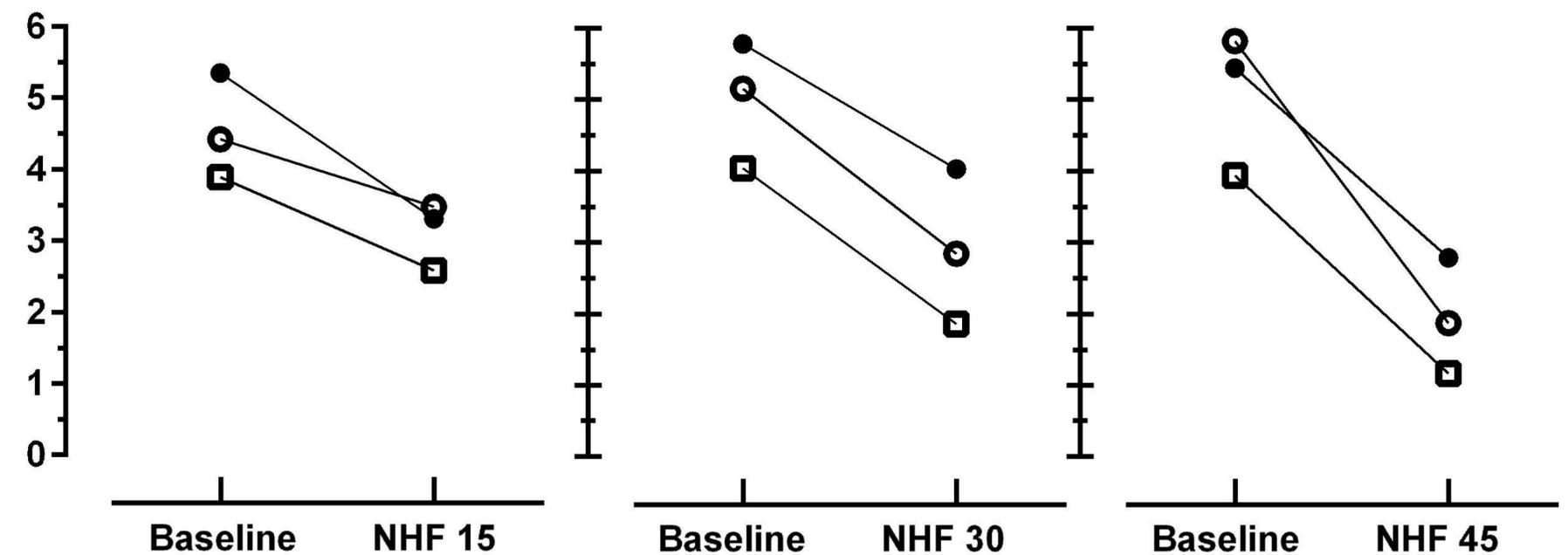
Apport du haut débit d'air - Effet PEP



Apport du haut débit d'air - Rinçage de l'espace mort

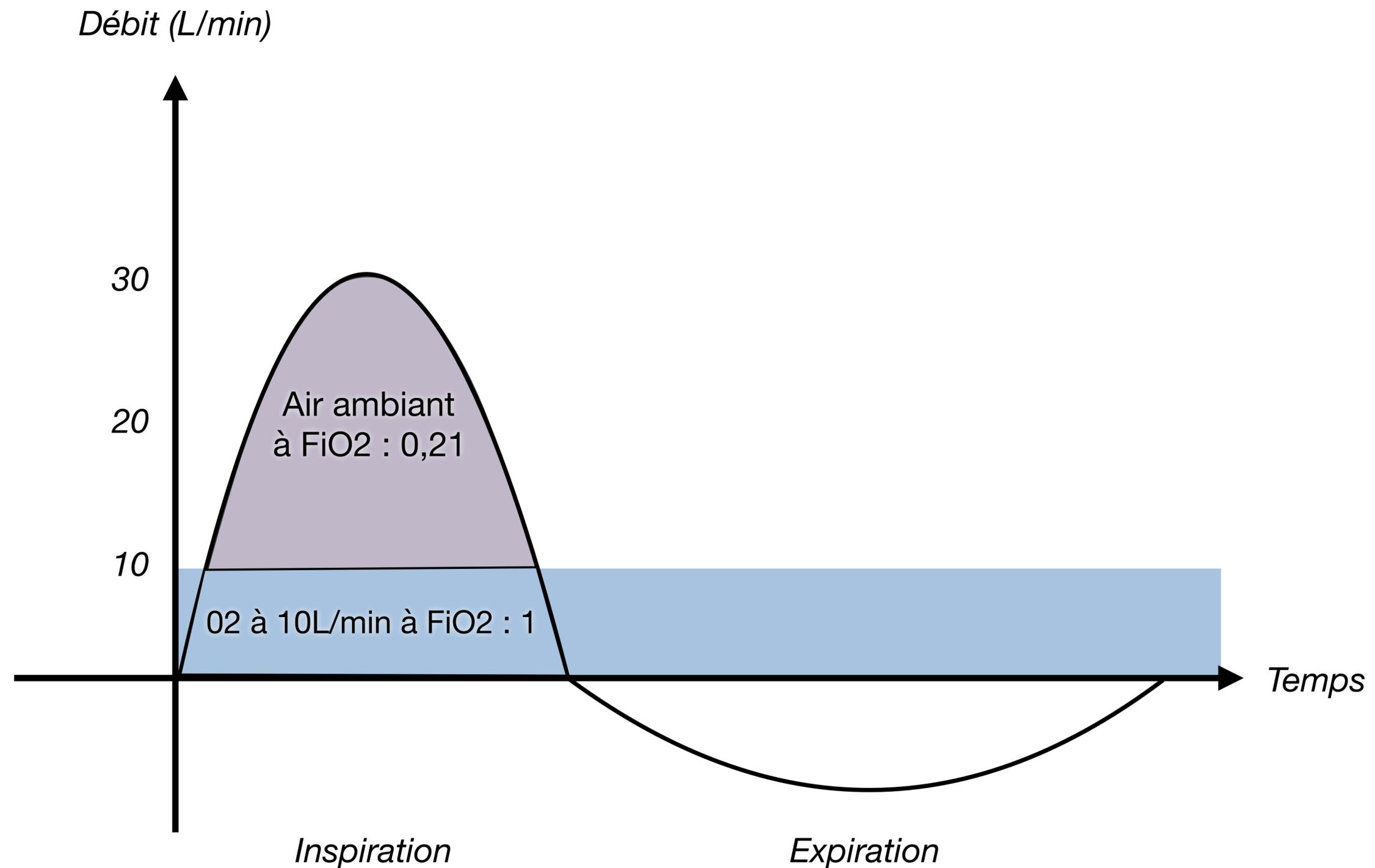


Inspired tracheal CO₂ (mL)



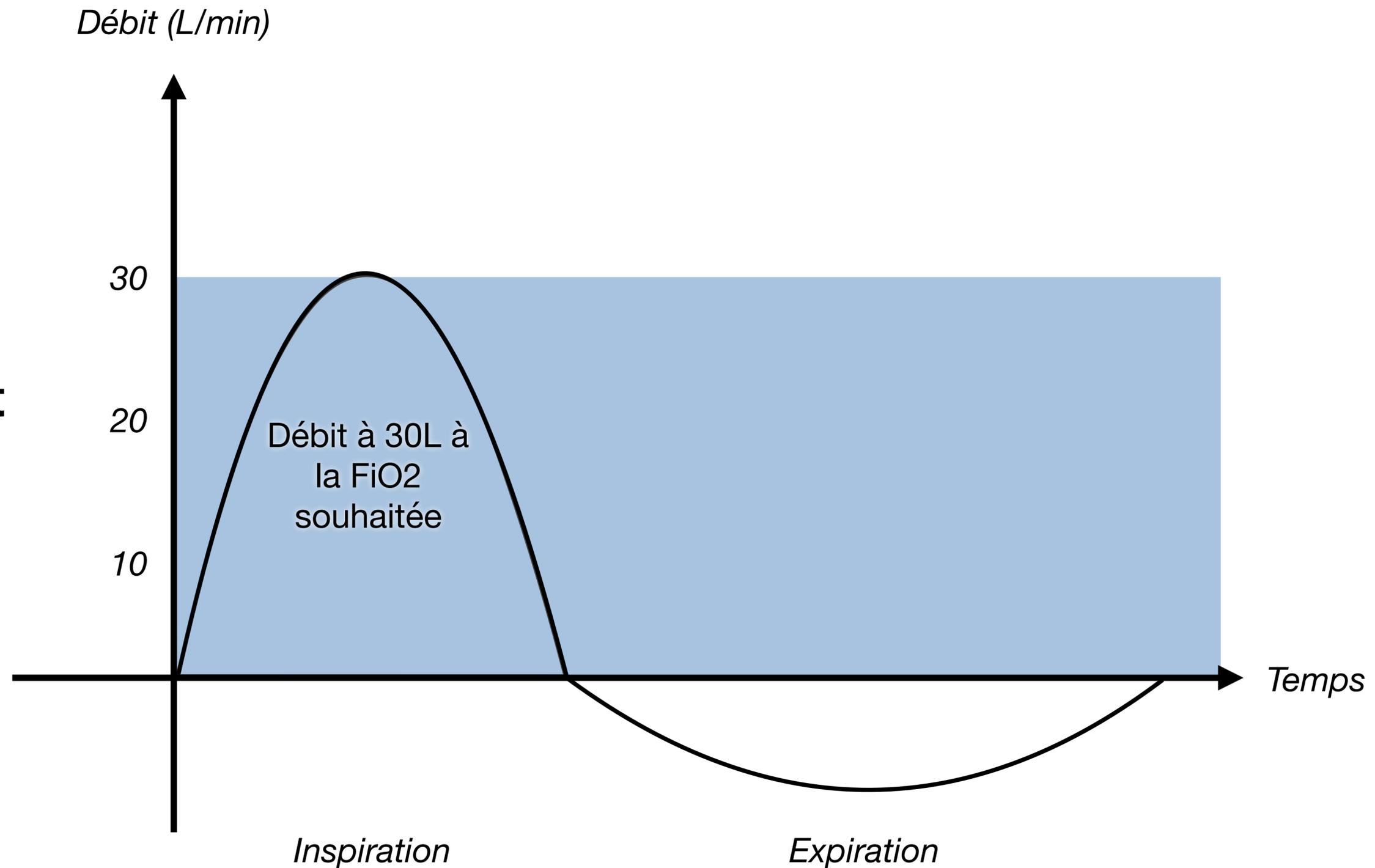
Apport du haut débit d'oxygène - FiO2

O2 standard



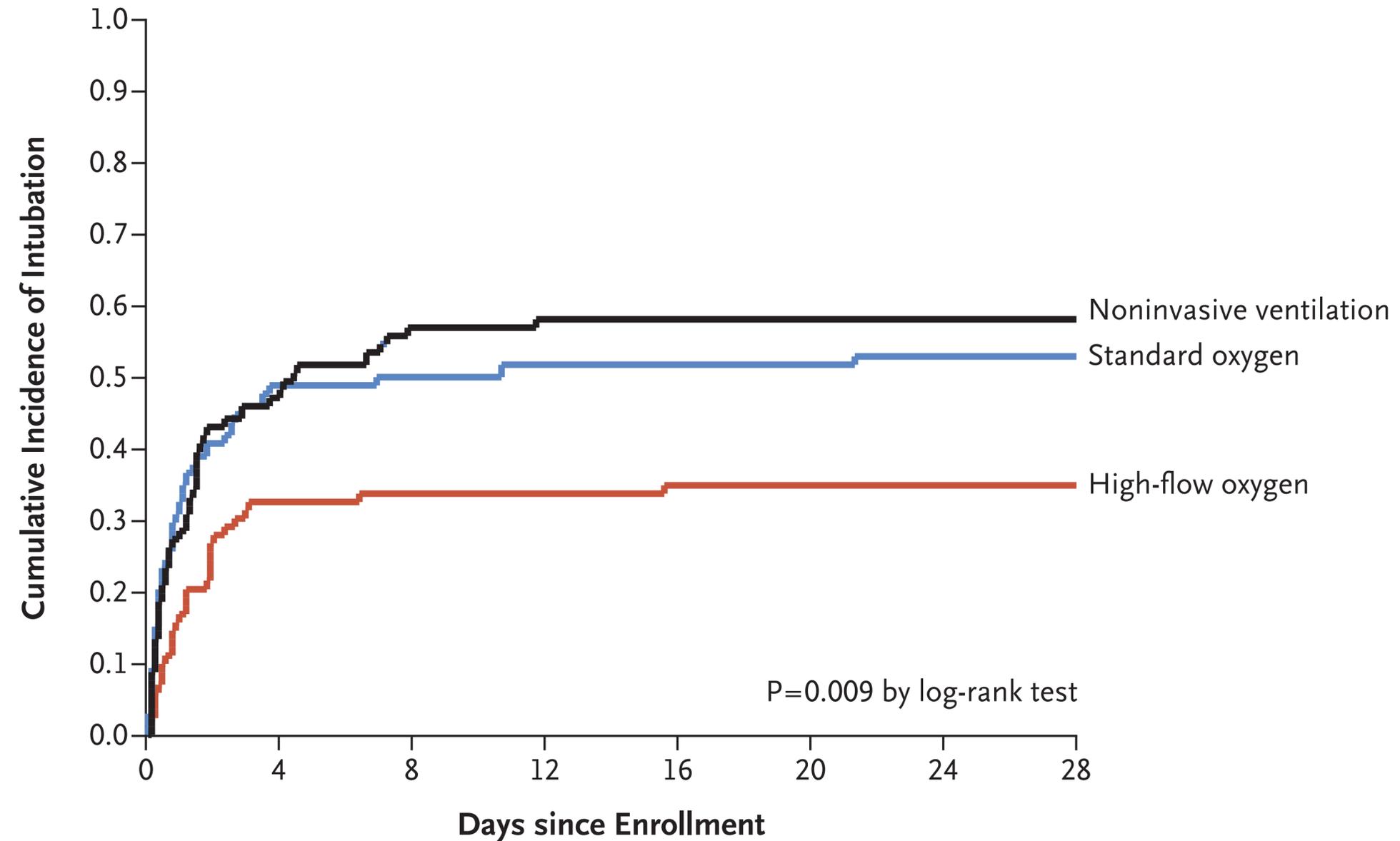
Apport du haut débit d'oxygène - FiO2

O2 Haut débit



Apport du haut débit d'oxygène - FiO₂

B Patients with a Pao₂:Fio₂ ≤200 mm Hg

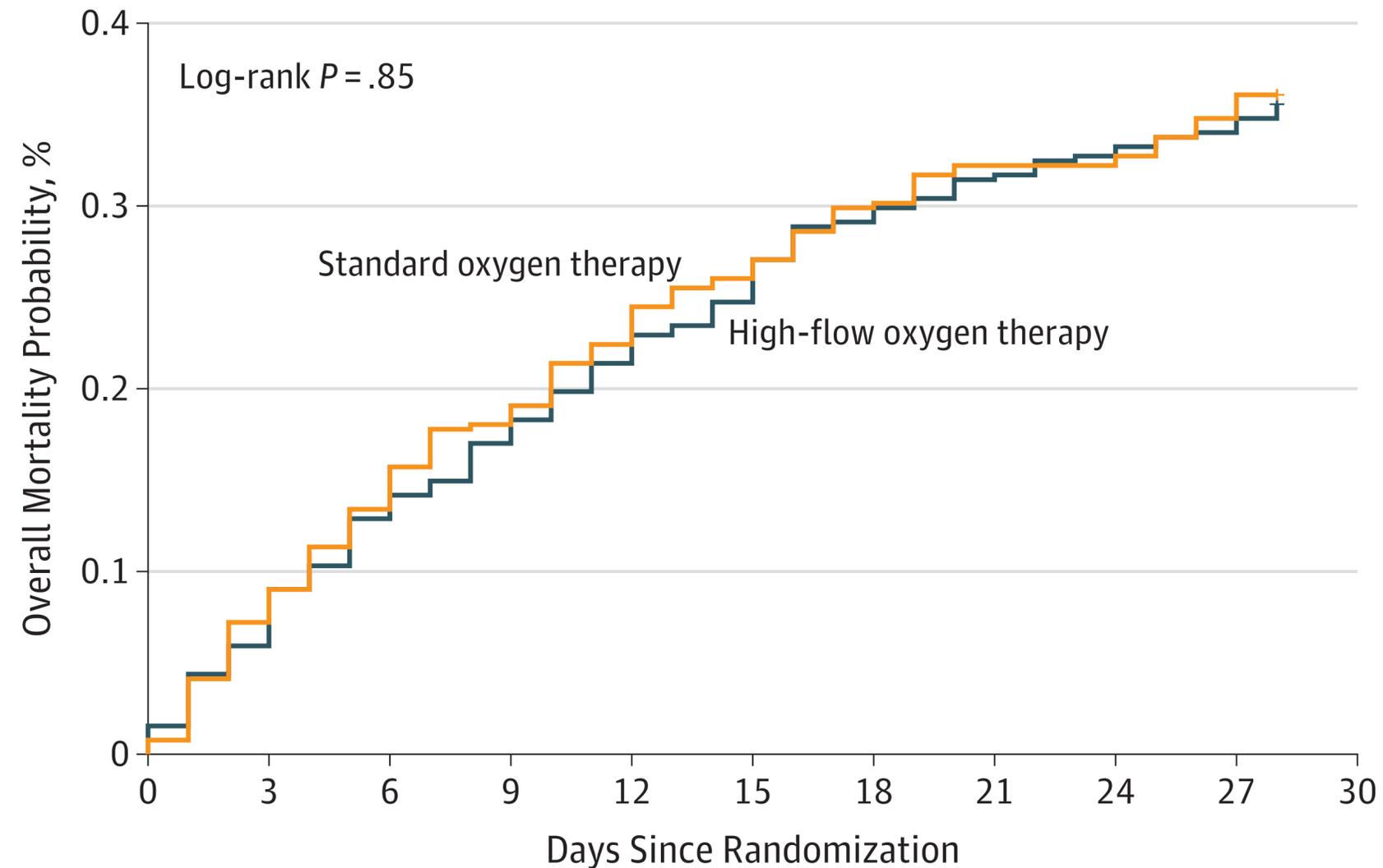


No. at Risk

High-flow oxygen	83	55	54	54	53	53	53	53
Standard oxygen	74	37	35	34	34	34	33	33
Noninvasive ventilation	81	41	34	32	32	32	32	32

Apport du haut débit d'oxygène - FiO2

Figure 2. Probability of Day-28 Mortality in Immunocompromised Patients With Acute Respiratory Failure Receiving High-Flow Oxygen Therapy or Standard Oxygen Therapy



No. at risk

High-flow oxygen therapy	388	365	338	322	305	292	275	266	261	256	0
Standard oxygen therapy	388	360	336	318	301	287	272	263	263	253	0

Apport du haut débit d'oxygène chez les BPCO

Variable	LTOT	NHF	p Value
Oxygen saturation (%)*	95.8 (94.6 to 96.9)	95.7 (93.1 to 97.1)	0.06
Transcutaneous O ₂ (mm Hg)	101.2 (22.5)	97.1 (24.2)	0.01
Transcutaneous CO ₂ (mm Hg)	46.7 (9.4)	43.3 (9.5)	<0.001
Respiratory rate (breaths/min)	19.2 (6.3)	15.4 (4.8)	0.001
Inspiratory:expiratory ratio	0.86 (0.20)	0.75 (0.25)	0.02
Tidal volume (L)*	0.40 (0.34, 0.46)	0.50 (0.41, 0.54)	0.003
Minute volume (L/min)*	6.20 (4.84, 8.18)	6.18 (4.75, 7.69)	0.88
Heart rate (beats/min)	70.1 (59.1, 79.3)	69.8 (61.3, 79.8)	0.21
End-expiratory lung impedance (%Δ)*	113 (98, 128)	174 (161, 187)	<0.001

Apport du haut débit d'oxygène chez les BPCO

Table 1 Breathing pattern, inspiratory effort and lung mechanics in different settings

	Baseline	HFOT 20 (closed)	HFOT 20 (open)	HFOT 30 (closed)	HFOT 30 (open)	NIV
Tl,p (seconds)	0.95±0.2	0.85±0.4	0.96±0.2	0.94±0.3	0.92±0.3	1.00±0.2
TE,p (seconds)	1.94±0.4	2.35±0.4*	2.19±0.5*	2.30±0.5*	2.20±0.3*	2.61±1.0*
Breathing frequency (breaths/min)	24.8±2.3	19.01±5.2†	20.8±5.8	18.7±3.6†	19.64±2.8	17.8±3.8†
Tidal volume (mL)	314.50±84	391.22±106‡		364.22±66		456.20±100‡
Pdi swing (cmH ₂ O)	13.5±6.7	8.7±4.1§	12±5.8	8.2±3.7§	10.2±5.2§	5.1±2.2§¶
PTPdi/min (cmH ₂ Oxs/min)	238.3±82.1	164.2±51.3**	172.7±45.4**	143.2±48.9**	157.3±56.9**	101.7±42.9**††
PEEPi,dyn (cmH ₂ O)	2.12±0.9	1.48±0.7‡‡		1.03±0.6‡‡		0.9±0.02‡‡

Table 2 Arterial blood gas values and comfort scores at different settings

	Baseline	HFOT 20 (closed)	HFOT 30 (closed)	NIV
pH	7.40±0.03	7.42±0.04	7.43±0.04	7.44±0.04
PaCO ₂ (mm Hg)	61.2±9.2	57.2±11.7	55.7±10.6	55.2±11.9
PaO ₂ (mm Hg)	70.6±12.6	70.3±17.3	61.5±11.1	83.3±33.2
Comfort score	7 (5–8)	5.5 (5–8)	5.5 (2–8)	5 (3–5)

Synthèse des bénéfices de l'OHD

Haut débit

Améliore l'oxygénation

Diminue le travail respiratoire

Rince l'espace mort

Augmente la capacité résiduelle fonctionnelle



Diminue le coût métabolique de conditionnement gazeux

Améliore la clairance des sécrétions

Améliore le confort de l'oxygénothérapie

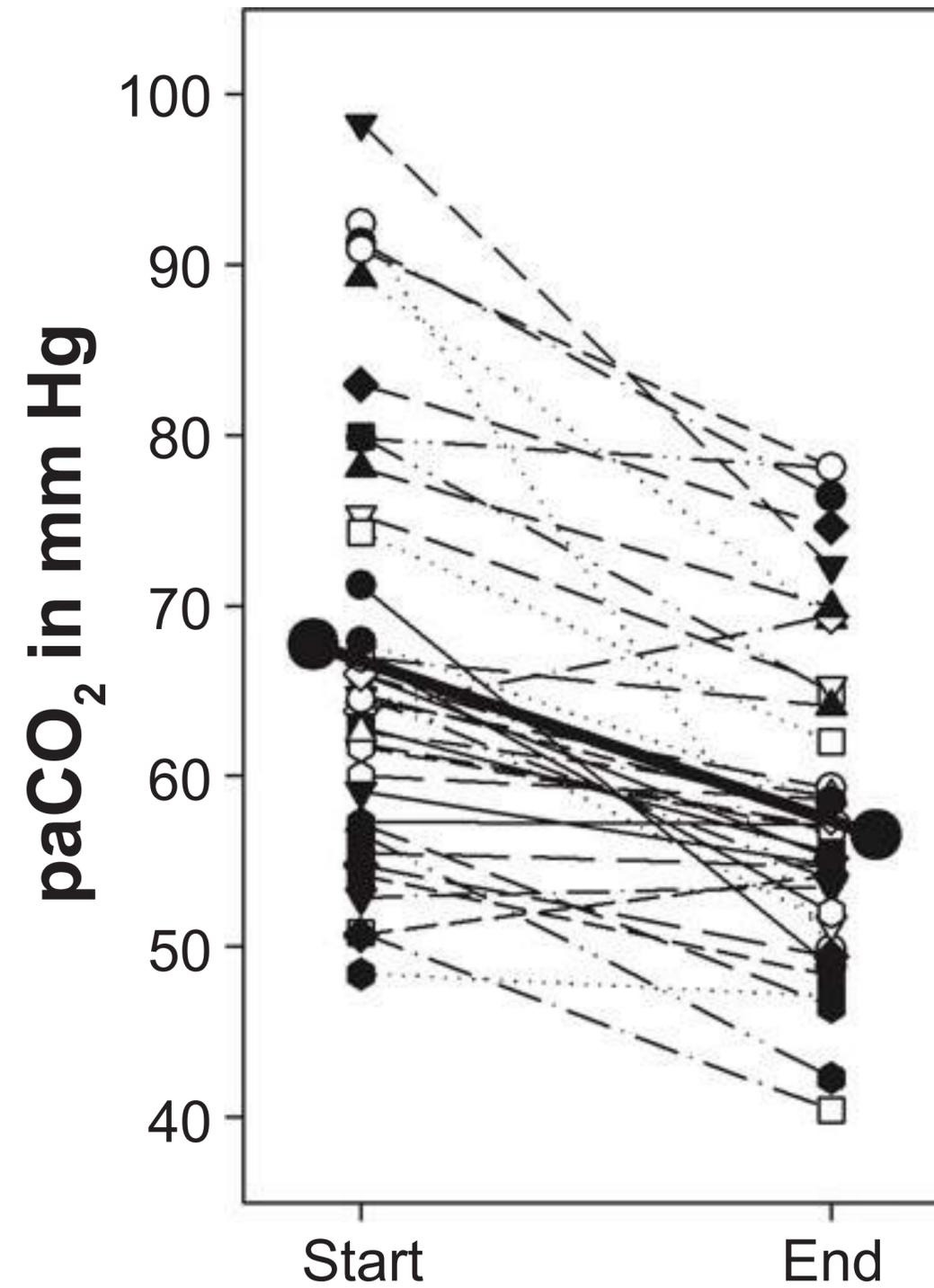
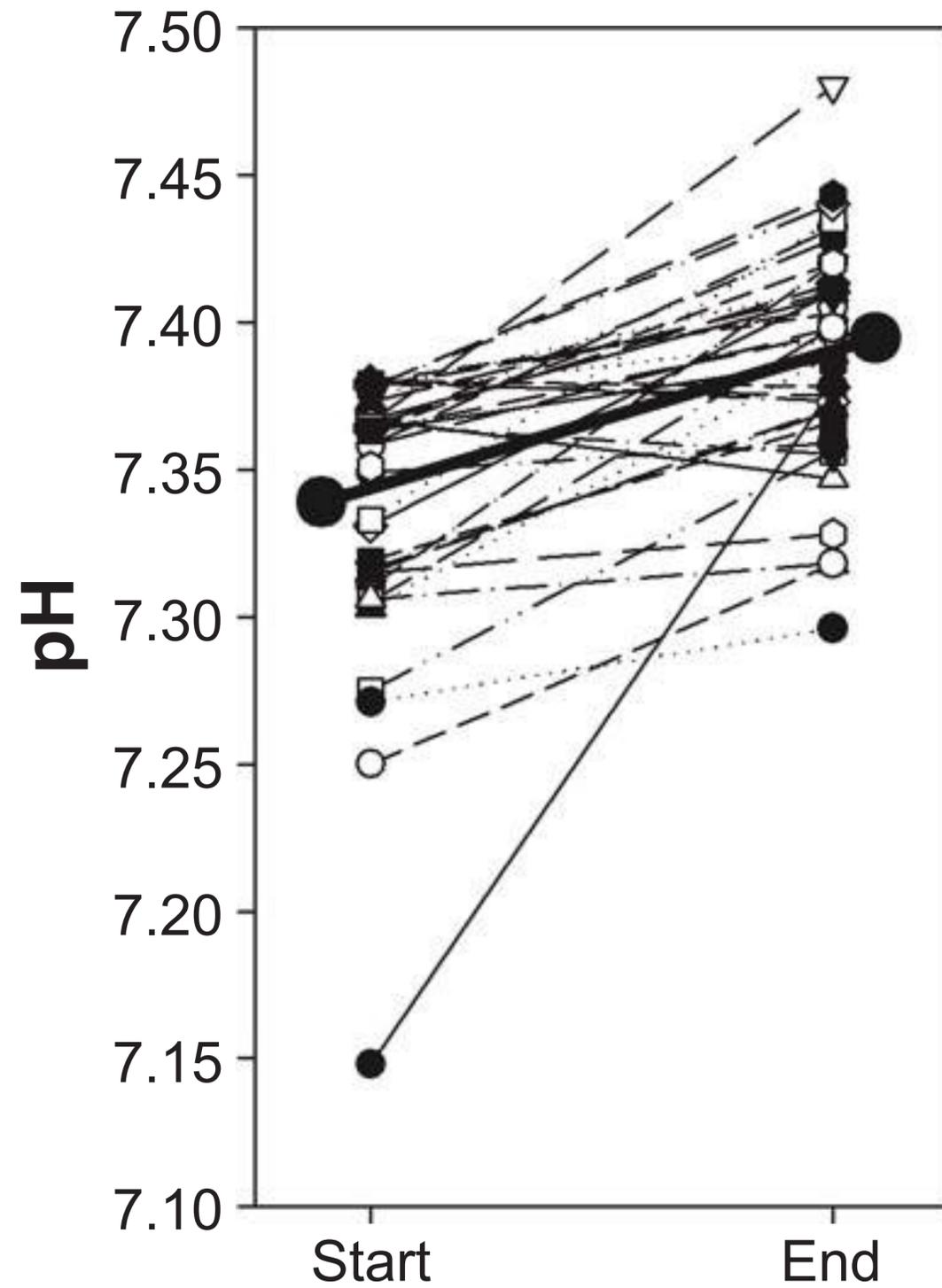
Humidification chauffée

HFO - Exacerbation BPCO

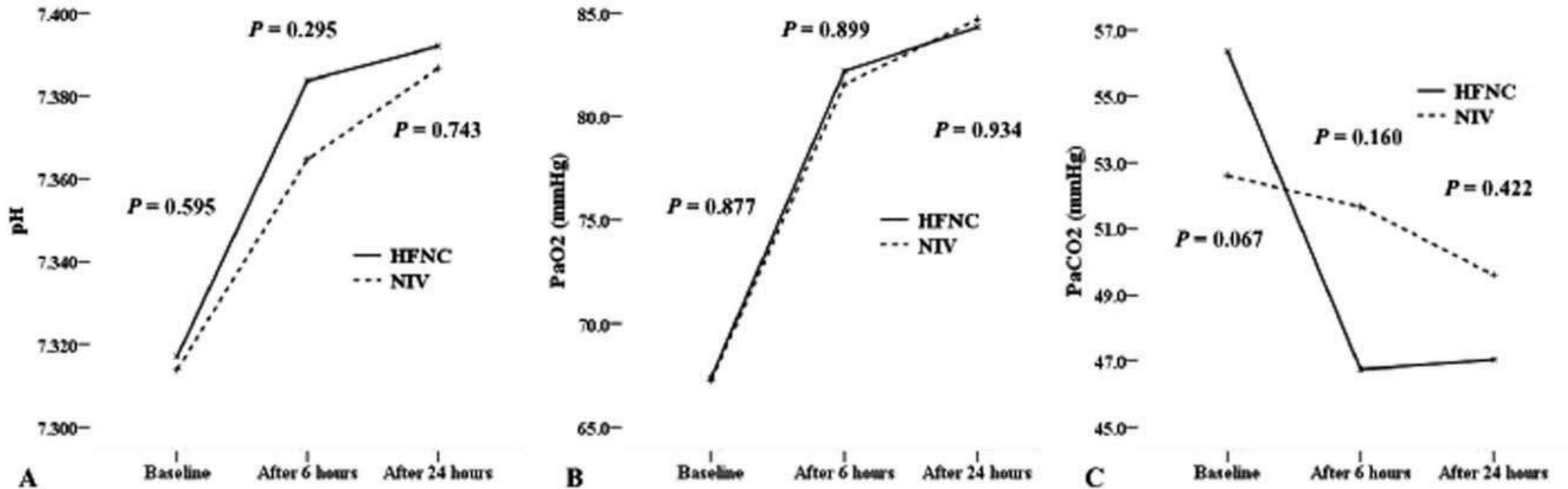
Intervention status	Time (min)	NHF Mean (SD)	SNP Mean (SD)	NHF minus SNP adjusted for time zero (95% CI)	<i>P</i>
Intervention	0	49.0 (10.3)	48.9 (10.4)	N/A	N/A
	5	48.0 (10.1)	48.8 (10.3)	-0.8 (-1.3 to -0.4)	<0.001
	10	47.3 (10.0)	48.7 (10.1)	-1.5 (-2.1 to -0.8)	<0.001
	15	47.4 (10.0)	48.8 (10.1)	-1.5 (-2.2 to -0.7)	<0.001
	20	47.7 (10.3)	48.3 (10.1) [†]	-0.9 (-1.8 to 0.0) [†]	0.052
	25	47.8 (10.1)	48.0 (10.0) [†]	-0.6 (-1.5 to 0.3) [†]	0.19
	30	47.4 (10.1)	48.5 (10.1) [†]	-1.4 (-2.2 to -0.6) [†]	0.001

	Time (min)	NHF Mean (SD)	SNP Mean (SD)	NHF minus SNP adjusted for time zero (95% CI)	<i>P</i>
Respiratory rate					
Intervention	0	22.3 (4.6)	21.3 (5.3)	N/A	N/A
	5	20.8 (6.3)	21.6 (4.3)	-1.3 (-3.7 to 1.1)	0.27
	10	19.3 (6.1)	22.1 (4.8)	-3.3 (-5.5 to -1.1)	0.005
	15	20.1 (6.6)	21.3 (4.9)	-1.9 (-4.3 to 0.6)	0.13
	20	20.0 (6.6)	21.5 (4.8) [†]	-2.4 (-4.7 to -0.1) [†]	0.045
	25	20.3 (6.1)	22.0 (4.2) [†]	-2.5 (-4.8 to -0.1) [†]	0.04
	30	20.1 (6.0)	21.4 (4.7) [†]	-2.0 (-4.5 to 0.4) [†]	0.099

HFO - Exacerbation BPCO

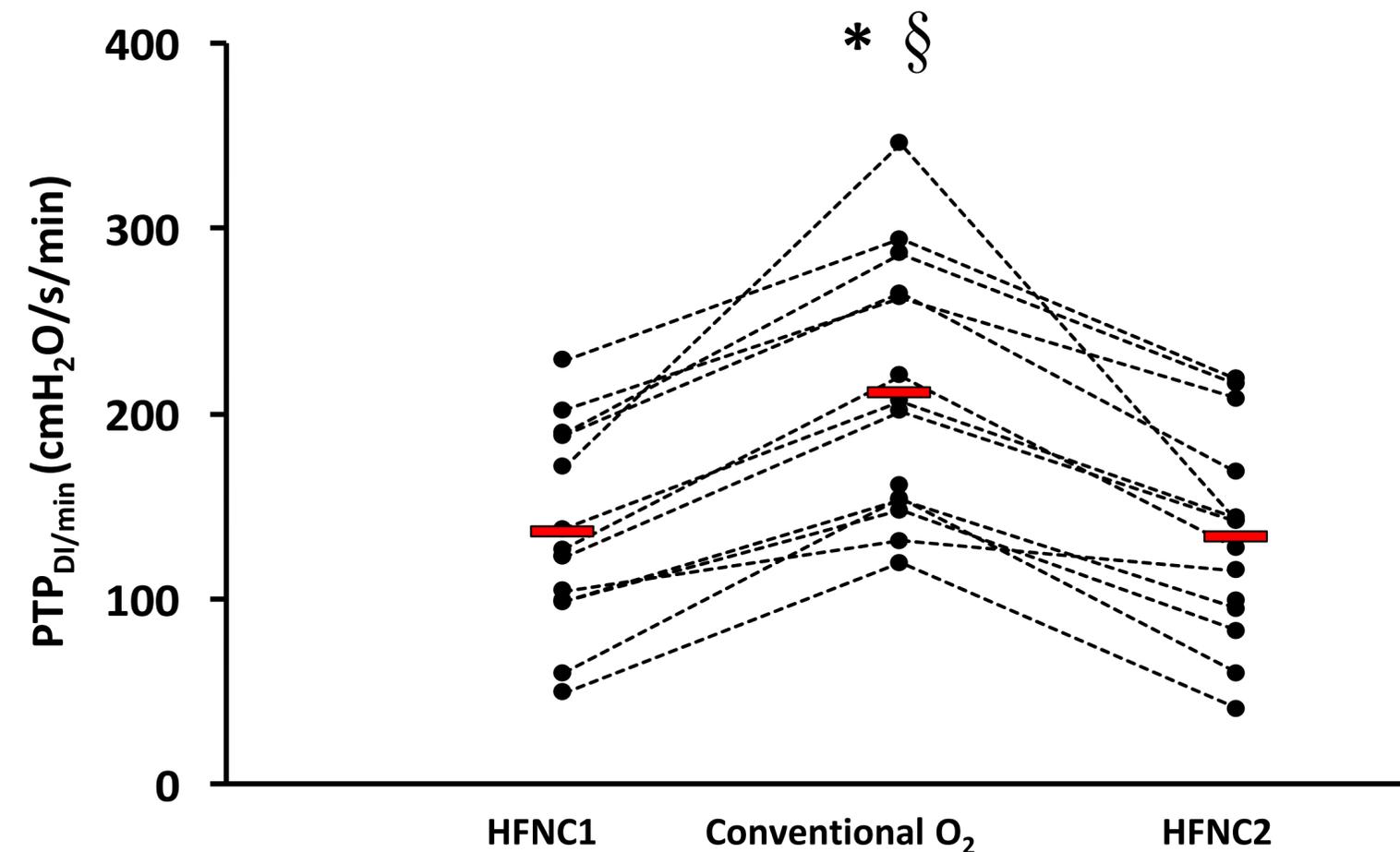


HFO - Exacerbation BPCO



HFO - Exacerbation BPCO intubée

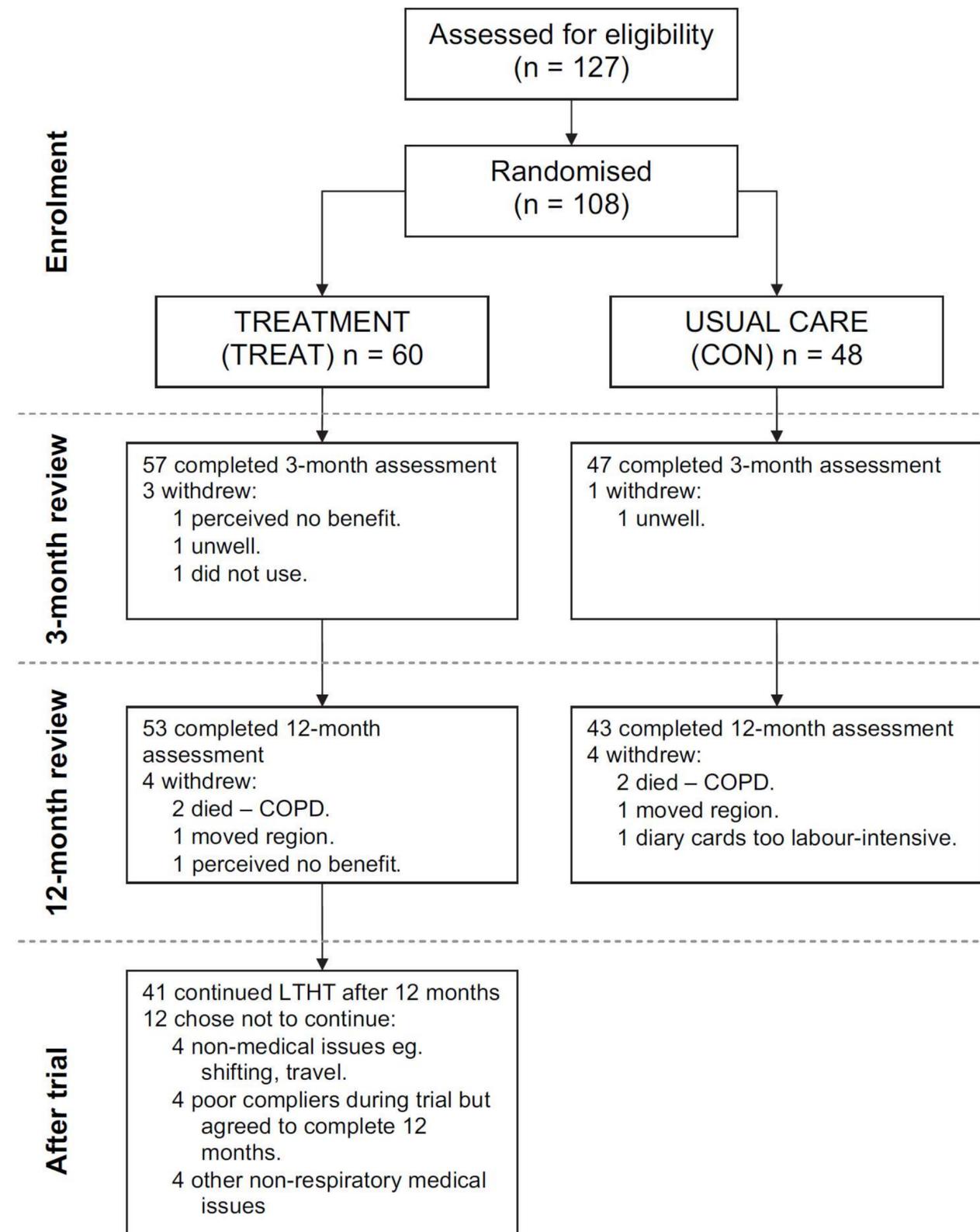
	HFNC1	Conventional O ₂	HFNC2		HFNC1	Conventional O ₂	HFNC2
RR (breaths/min)	20.5 ± 2.9	21.4 ± 4	20.0 ± 1.9	EAdi _{PEAK} (μV)	15.4 ± 6.4	23.6 ± 10.5 ^{a,b}	15.2 ± 6.4
Ti _{NEUR} (s)	0.92 ± 0.21	0.95 ± 0.22	0.92 ± 0.17	EAdi _{PTP} (μV/s)	13.7 ± 6.5	21.1 ± 11.8 ^{a,b}	12.1 ± 5.2
pH	7.45 ± 0.07	7.44 ± 0.08	7.46 ± 0.08	EAdi _{SLOPE}	18.6 ± 6.5	24 ± 14.7 ^{a,b}	17.6 ± 10.2
PaCO ₂ (mmHg)	49.9 ± 11.9	51.8 ± 12.7	50.1 ± 12.6	PTP _{DI/b} (cmH ₂ O/s)	6.7 ± 2.7	9.9 ± 3.1 ^{a,b}	6.7 ± 2.8
HCO ₃ ⁻ (mEq/L)	30.9 ± 7.6	31.3 ± 7.8	31.4 ± 8.4	PTP _{DI/min} (cmH ₂ O/s/min)	135 ± 60	211 ± 70 ^{a,b}	132 ± 56
PaO ₂ (mmHg)	75.1 ± 6.9	72.9 ± 8.6	81.2 ± 8				
Applied FiO ₂ ^a	0.46 ± 10	0.80 ± 0.19 ^{b,c}	0.46 ± 0.12				



HFO - Exacerbation BPCO

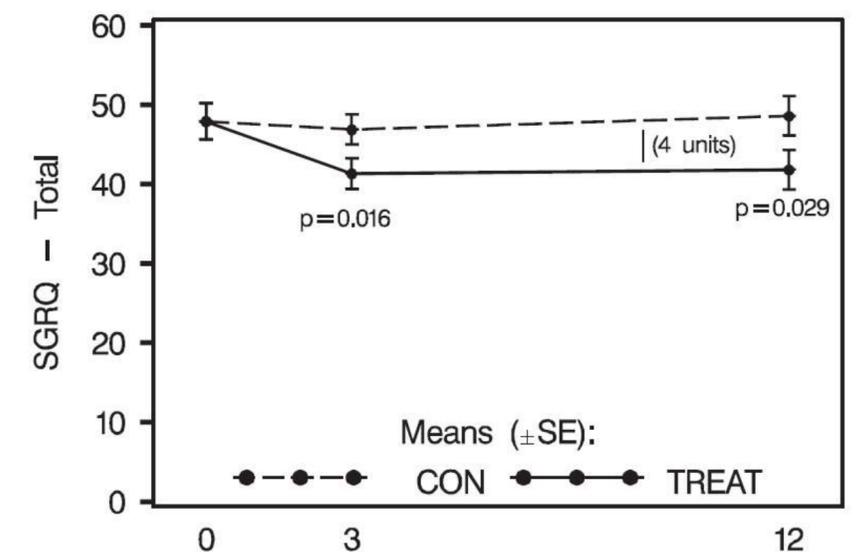
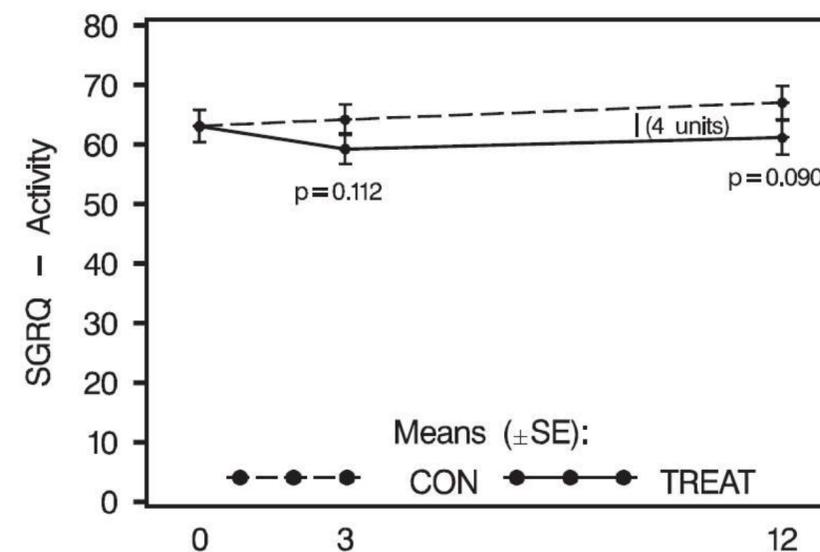
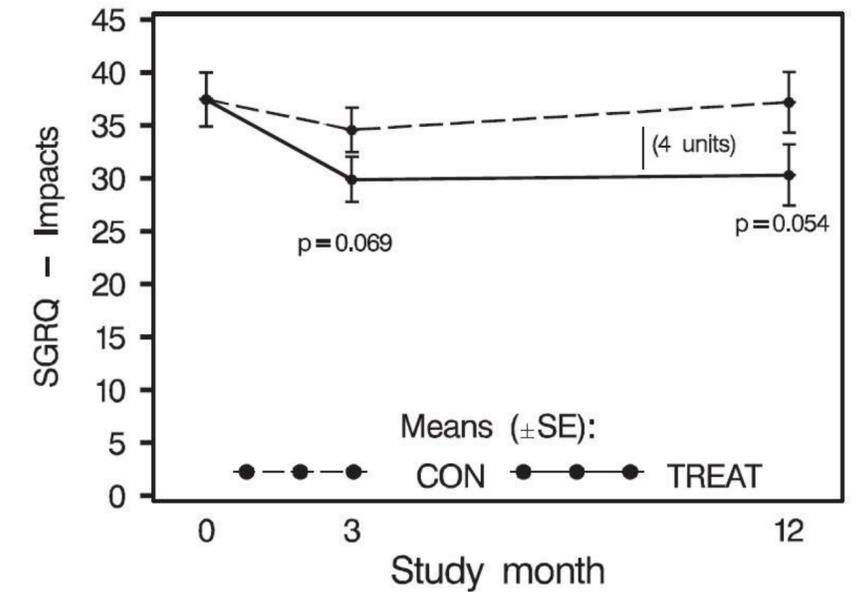
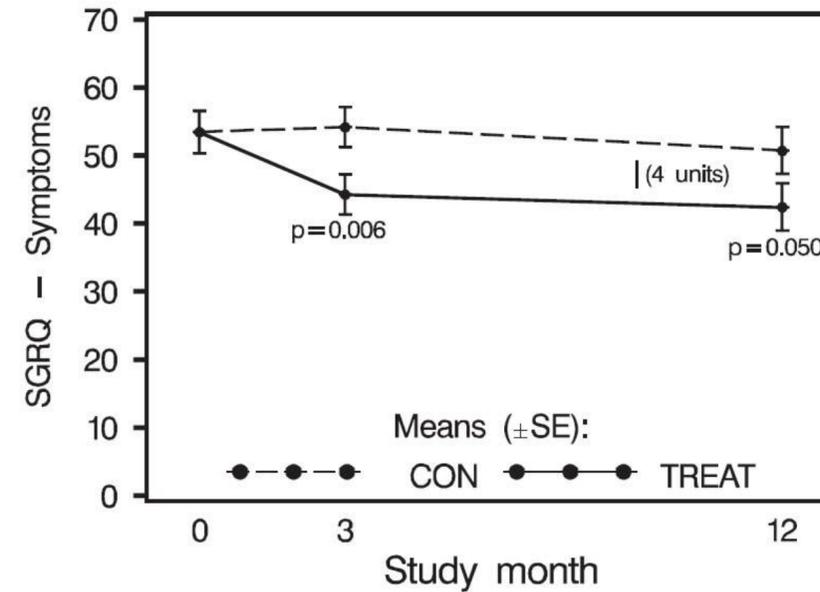
- Décompensation acide hypercapnique :
 - Niveau de preuve largement insuffisant
- Décompensation non acide hypercapnique :
 - Intérêt? Humidification?
 - * Etudes contrôlées randomisées en cours

Chronique - Dilatation des bronches/BPCO

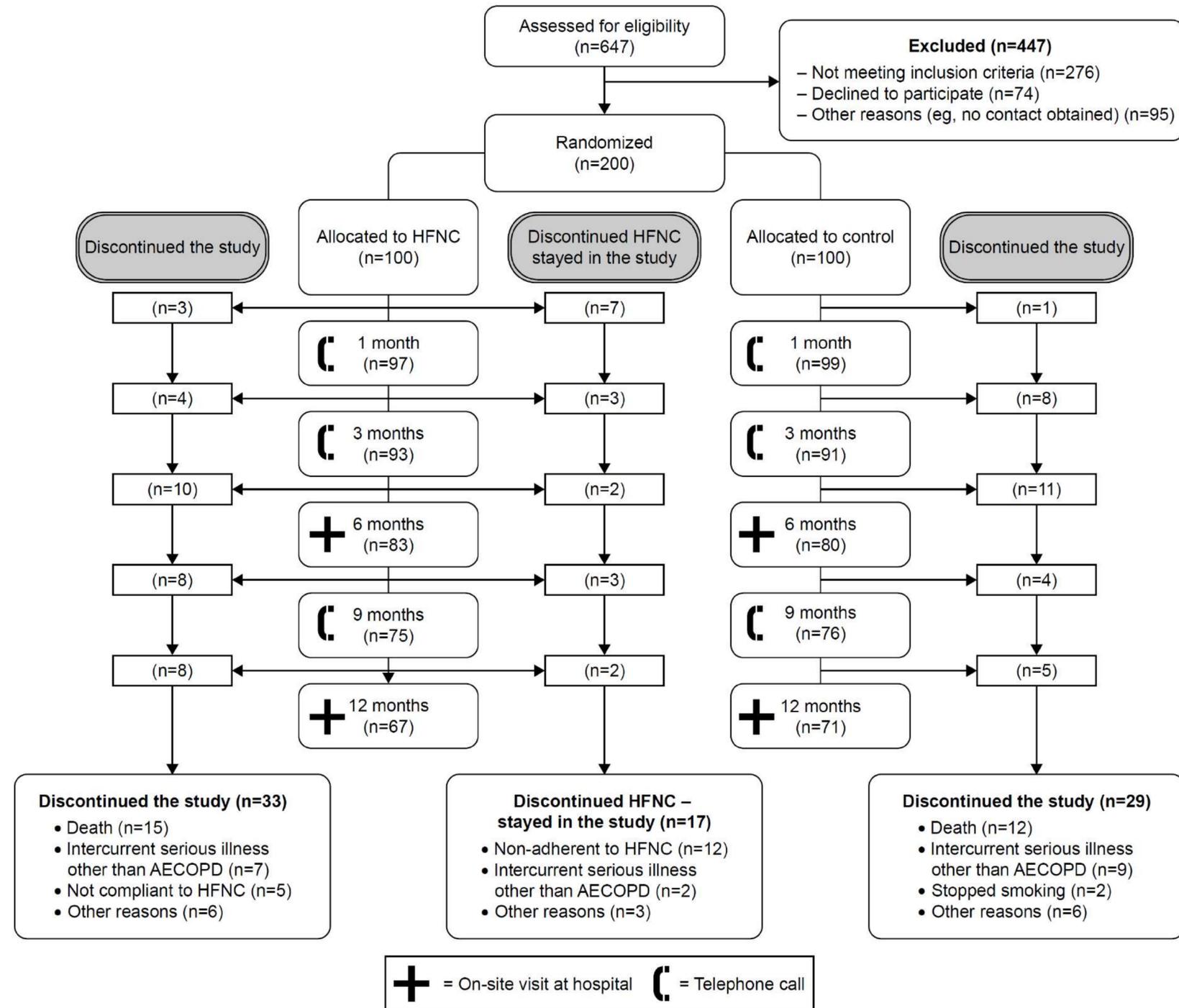


Chronique - Dilatation des bronches/BPCO

- Exacerbation :
 - 3.6 vs 2.9 (p:0.067)
- Temps jusqu'à exacerbation :
 - 27 vs. 52 jours (p:0.049)



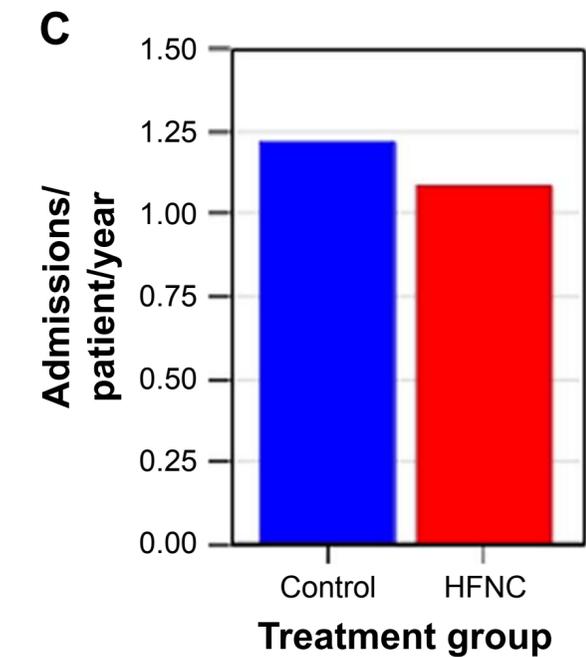
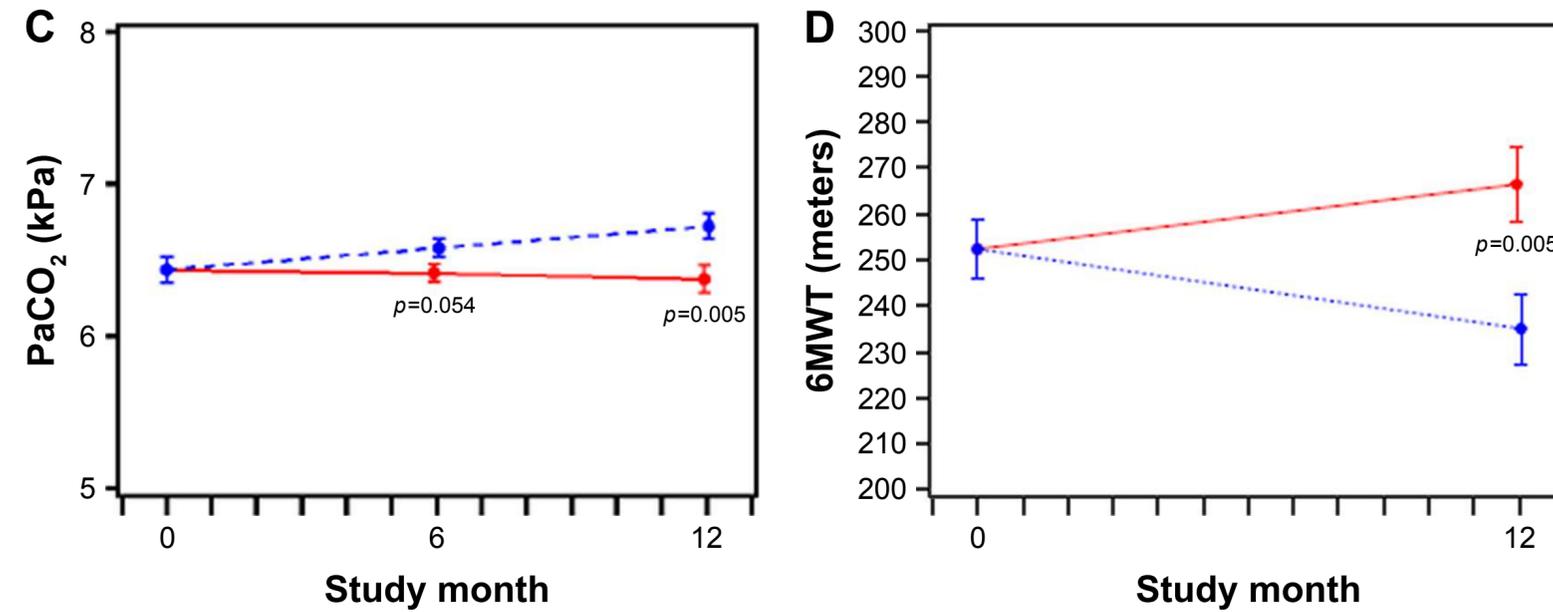
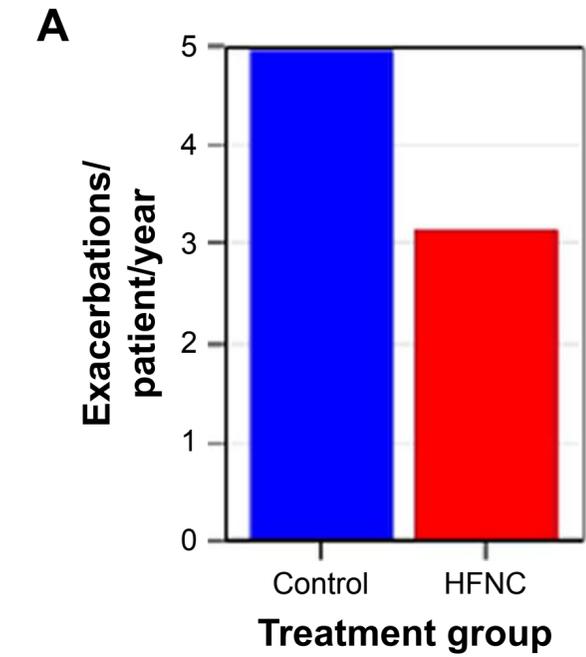
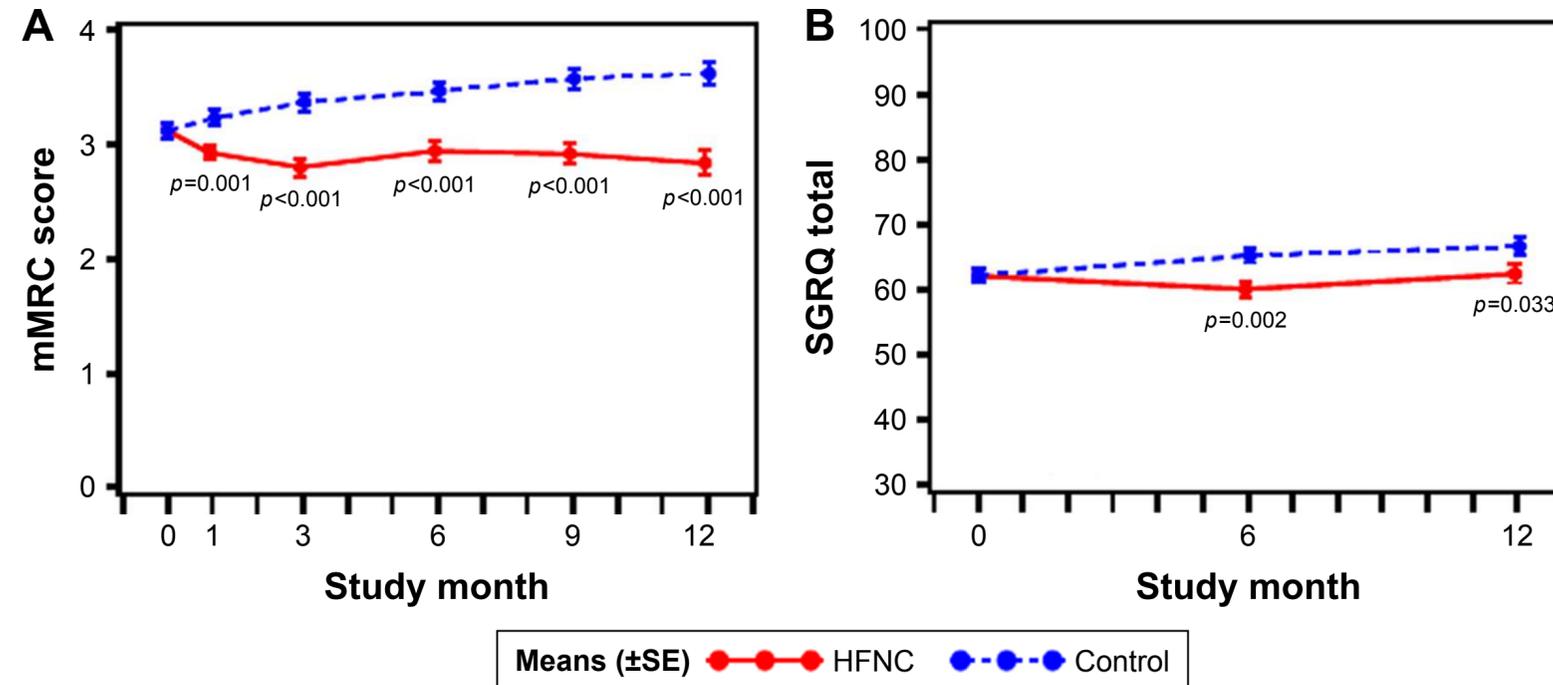
Chronique - BPCO



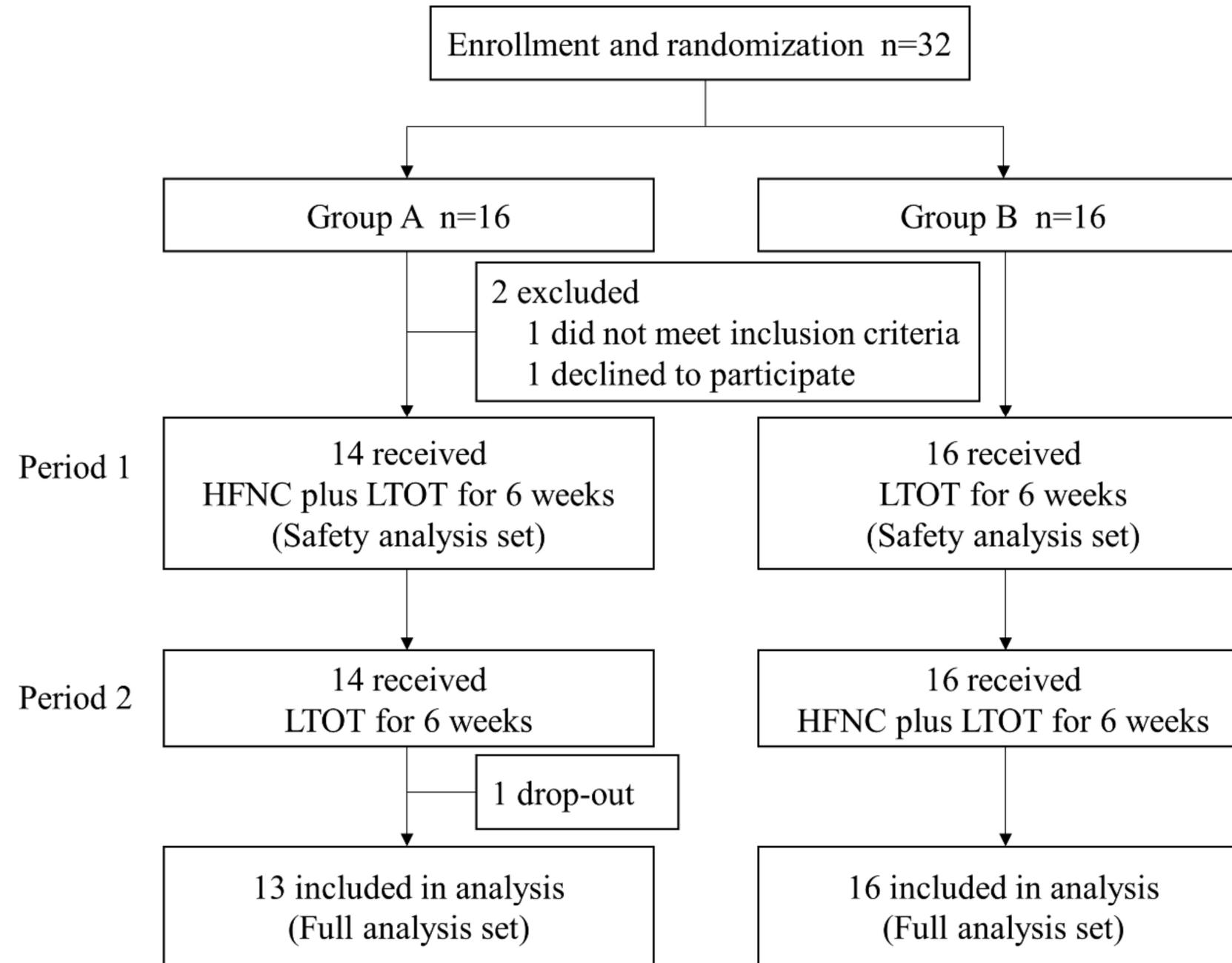
Chronique - BPCO

Variables at baseline	HFNC-treated patients (n=100)	Controls (n=100)	p-value for group difference
Sex, % female	56	63	NS
Age, years	71.0 (8.2)	70.4 (9.0)	NS
Treated with LTOT prior to inclusion, months	28.9 (32.6)	33.5 (30.6)	NS
BMI, kg/m ²	25.0 (6.4)	25.4 (6.0)	NS
Smoking status, N, never/present/former	1/14/85	0/26/74	NS
Pack-years	41.7 (17.8)	40.5 (19.5)	NS
mMRC score	3.3 (0.9)	2.9 (0.9)	0.008
Exacerbations in the preceding year	3.23 (3.1)	2.9 (2.8)	NS
Current oxygen flow, L	1.6 (0.7)	1.6 (0.8)	NS
pH	7.41 (0.04)	7.41 (0.02)	NS
PaCO ₂ , kPa	6.5 (1.3)	6.4 (1.0)	NS
PaO ₂ , kPa*	9.9 (1.8)	9.9 (1.7)	NS
SaO ₂	95 (3.1)	95 (2.7)	NS
FEV ₁ %	29.8 (12.6)	31.8 (12.9)	NS
FVC%	64.1 (18.2)	63.9 (19.0)	NS
FEV ₁ /FVC	37.5 (11.1)	40.2 (10.3)	NS
6MWT (N), m	(91) 254.6 (89.2)	(96) 245.2 (85.0)	NS
Borg score, end of test	6.3 (2.3)	6.2 (2.3)	NS

Chronique - BPCO



Chronique - BPCO hypercapnique



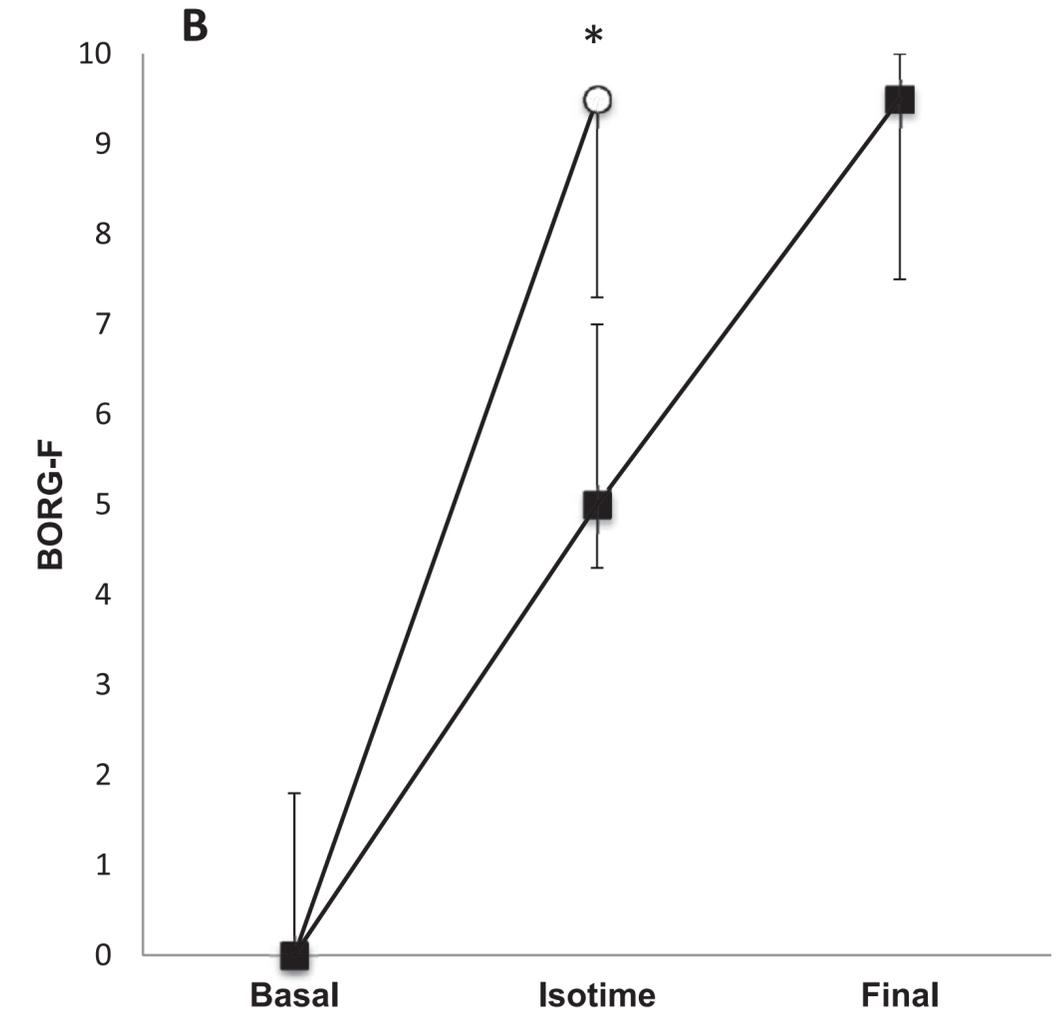
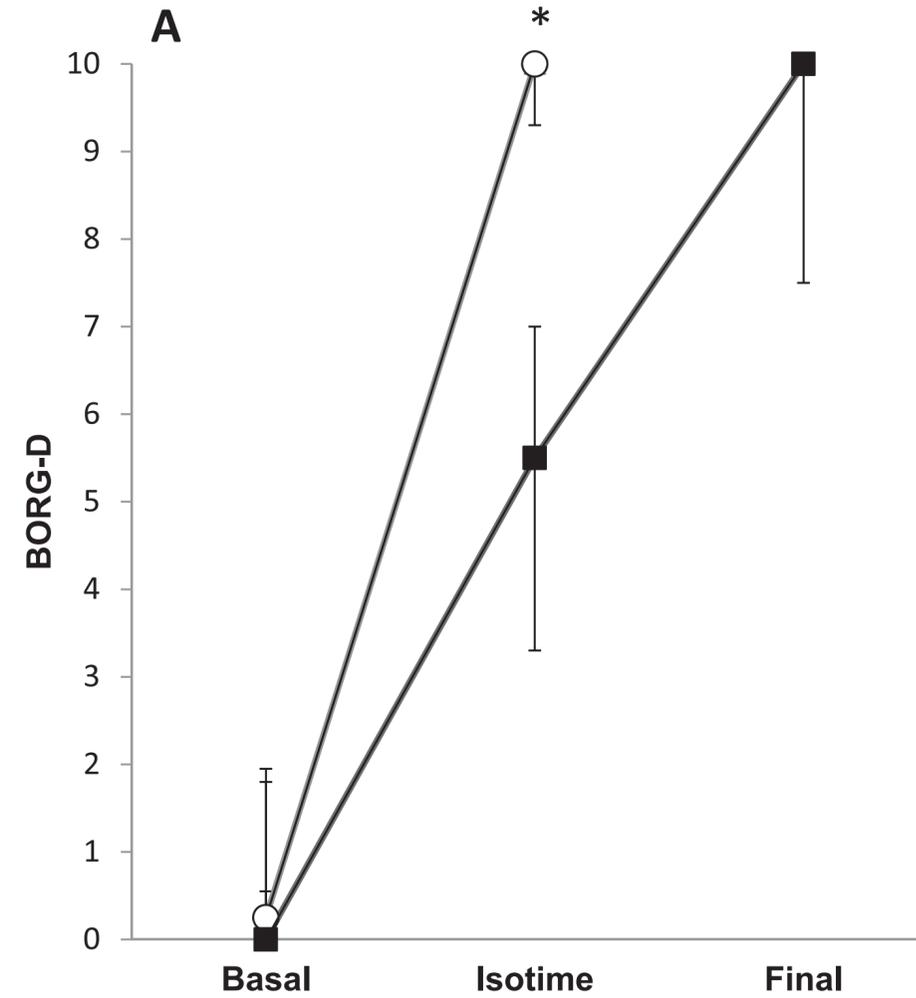
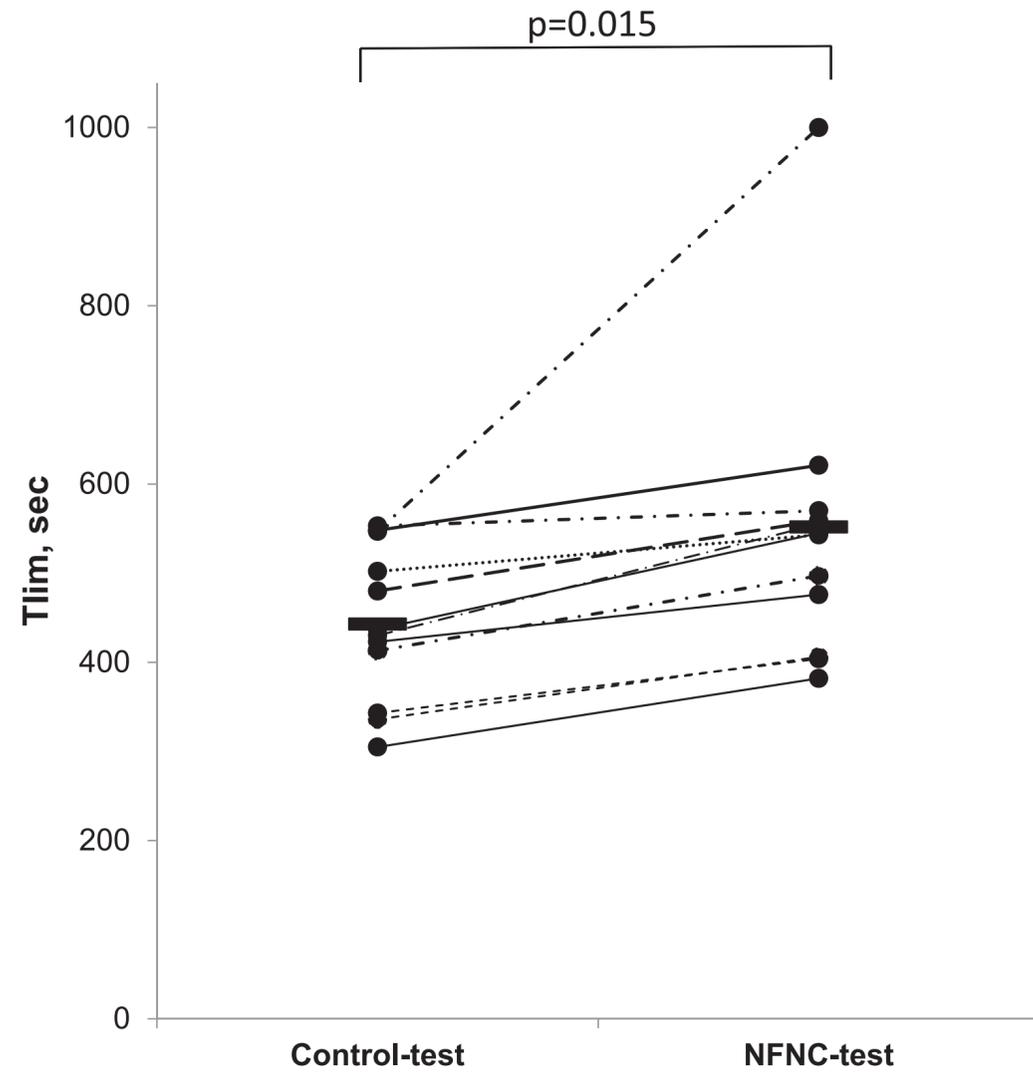
Chronique - BPCO hypercapnique

	Adjusted Treatment		LTOT		HFNC/ LTOT	
	Effect (95%CI)	P-values	No.of events (No. of patient)		No.of events (No. of patient)	
			not related	related	not related	
SGRQ-C						
Total score	-7.8 (-11.9, -3.7)	<0.01	Severe	2 (2)	0	2 (2)
Symptom score	-10.8 (-15.3, -6.3)	<0.01	Suicide	1*	0	0
Activity score	-4.7 (-8.7, -0.6)	0.03	Ileus	0	0	1*(1)
Impact score	-8.7 (-15, -2.5)	0.01	Right heart failure	1*	0	0
EQ-5D-5L score	0.05 (-0.01, 0.11)	0.08	Diverticulitis	0	0	1*(1)
EQ-5D-5L VAS	7.9 (2.9, 12.9)	<0.01	Moderate	3 (3)	0	2 (1)
mMRC scale	-0.15 (-0.46, 0.15)	0.32	Fracture of upper limb	1	0	0
Arterial blood gas			Pseudogout	0	0	1
pH	0.02 (0.01, 0.02)	0.01	Hypoxemia	0	0	1
PaCO ₂ , mmHg	-4.1 (-6.5, -1.7)	<0.01	Pneumonia	1	0	0
PaO ₂ , mmHg	-3.4 (-9.5, 2.7)	0.27	Bronchitis	1	0	0
SpO ₂ , %	0.3 (-0.4, 1)	0.38	Mild	1 (1)	6 (4)	0 (0)
Nocturnal PtcCO ₂ , mmHg			Night sweat	0	4(4)	0
95 th percentile	-4.8 (-8.1, -1.5)	<0.01	Nasal discharge	0	1(1)	0
Median	-5.1 (-8.4, -1.8)	<0.01	Insomnia	0	1(1)	0
			Skin reaction			
			Skin ulcer	1(1)	0	0
			Skin rash	0	1(1)	0

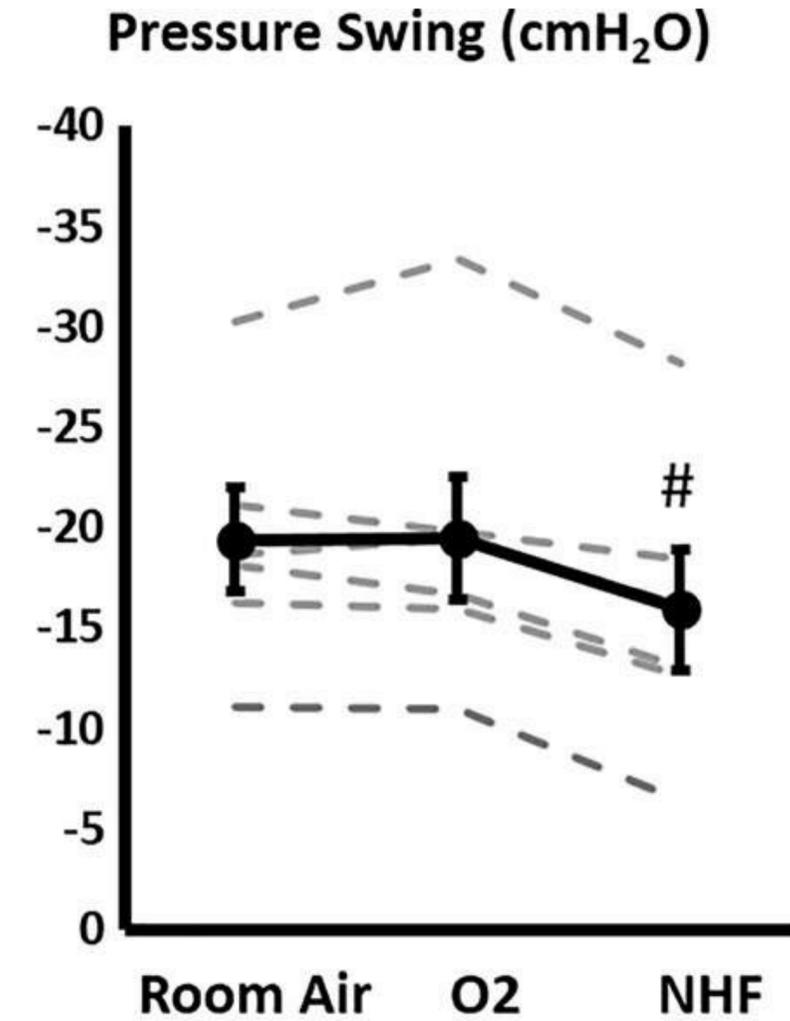
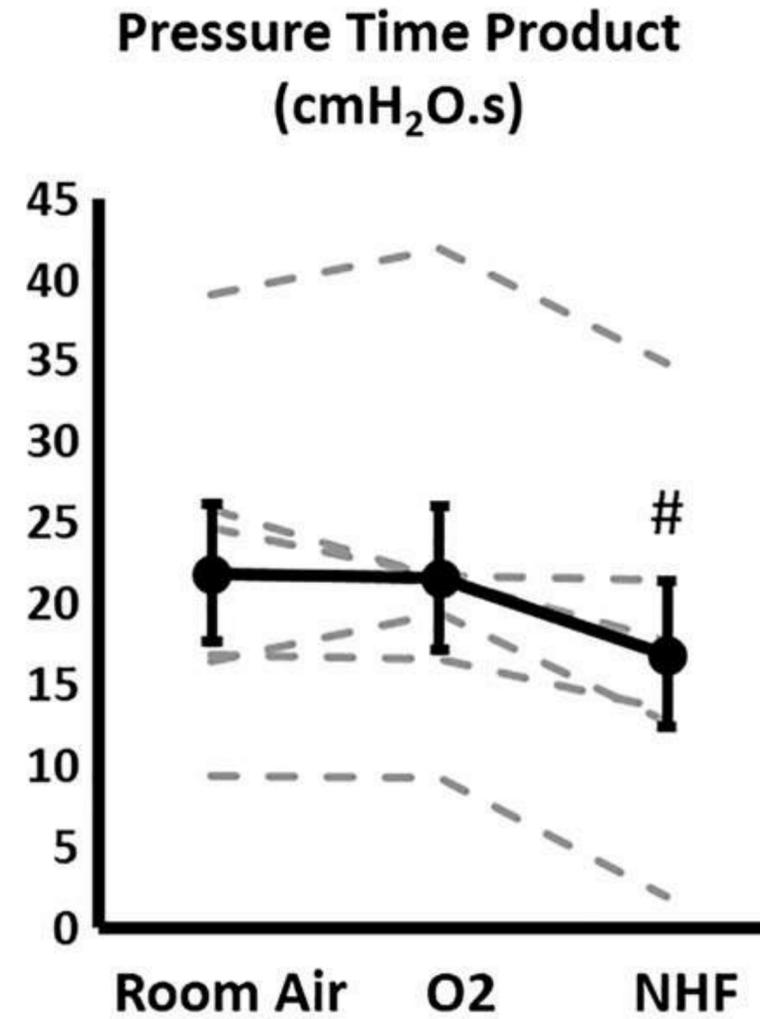
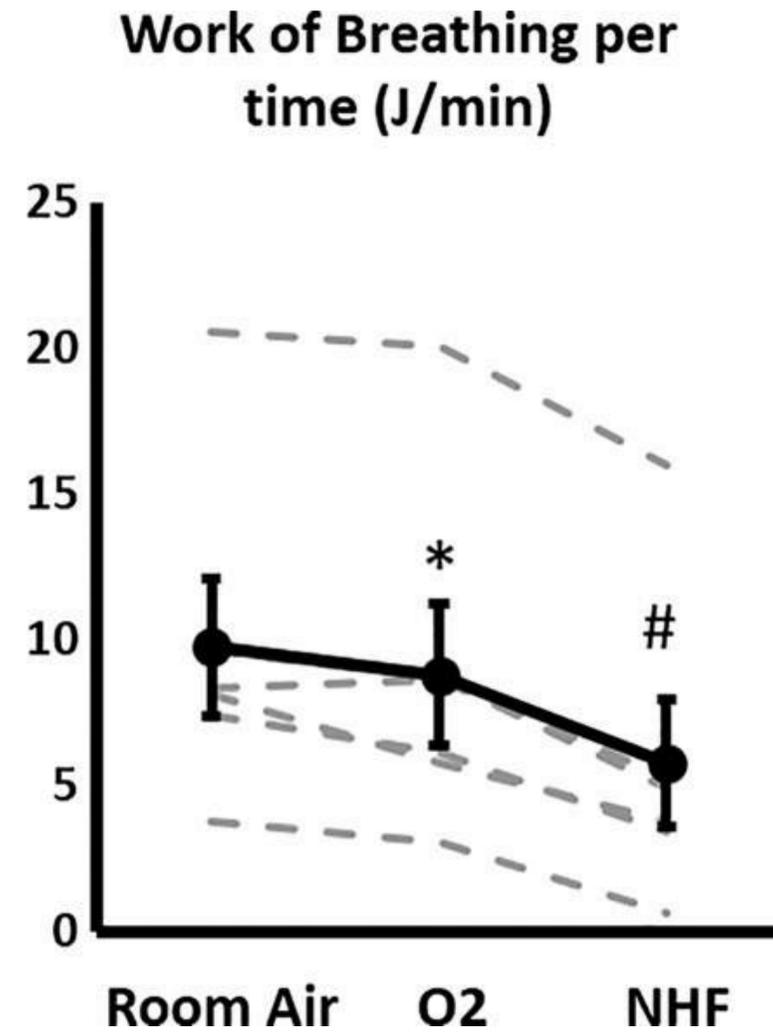
LTOT, long-term oxygen therapy; HFNC, high-flow nasal cannula oxygen therapy

*serious adverse events

Chronique - BPCO et réhabilitation respiratoire



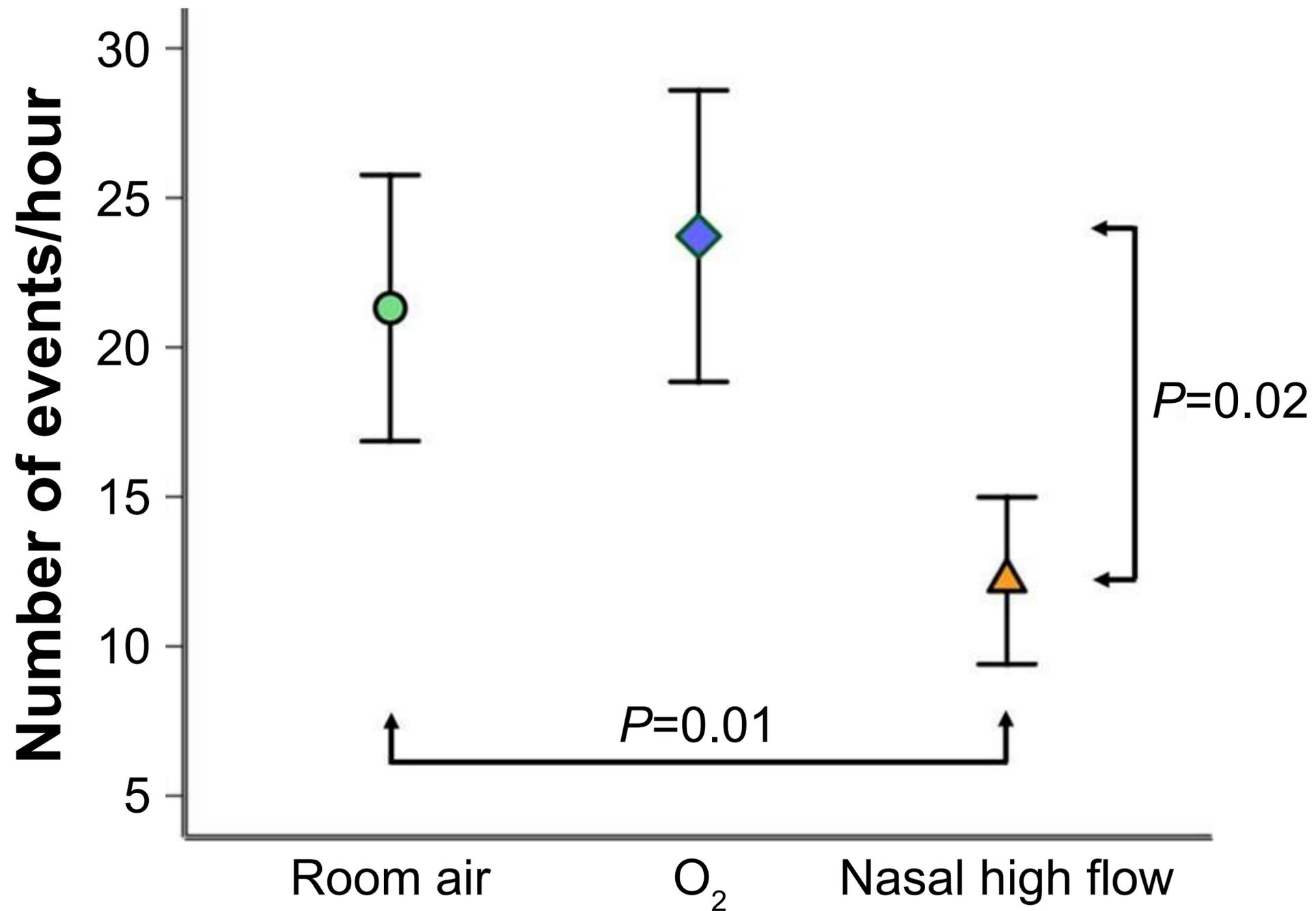
Chronique - HFO la nuit?



Chronique - HFO la nuit?

Variable	COPD		
	Room air	O ₂	NHF
Condition			
Sleep quality			
TST (minutes)	376.6±87.7	347.9±94.9	361.0±50.6
Sleep efficiency (%)	79.6±17.9	74.4±19.4	78.4±11.6
S-latency (minutes)	14.9±20.7	20.4±28.9 ^a	14.3±24.0
REM latency (minutes)	99.3±59.5	138.8±79.6	158.8±89.8
WASO (minutes)	79.4±67.4	97.5±77.8	87.0±52.6
NI (%)	13.9±9.0	14.2±9.3	13.6±11.3
N2 (%)	52.0±9.0	51.7±14.4	57.6±14.4
N3 (%)	15.7±11.7	15.4±14.5	13.4±9.7
REM (%)	18.4±6.2	18.6±6.4	15.3±8.7
Arousal index	11.0±5.3	10.5±6.4	14.6±10.5
ARI NREM (n/h)	10.0±6.6	11.6±12.0	15.1±12.1
ARI REM (n/h)	12.2±10.4	10.4±7.8	11.1±11.4

Chronique - HFO la nuit?



HFO - En dehors de l'aigu chez les patients BPCO

- En remplacement de l'OLD usuelle :
 - Niveau de preuve insuffisant
 - Phénotype des patients pouvant en bénéficier
 - Problématique de la mobilité
- Dans d'autres situations :
 - Réhabilitation?
 - Traitement symptomatique?
- Faisable?

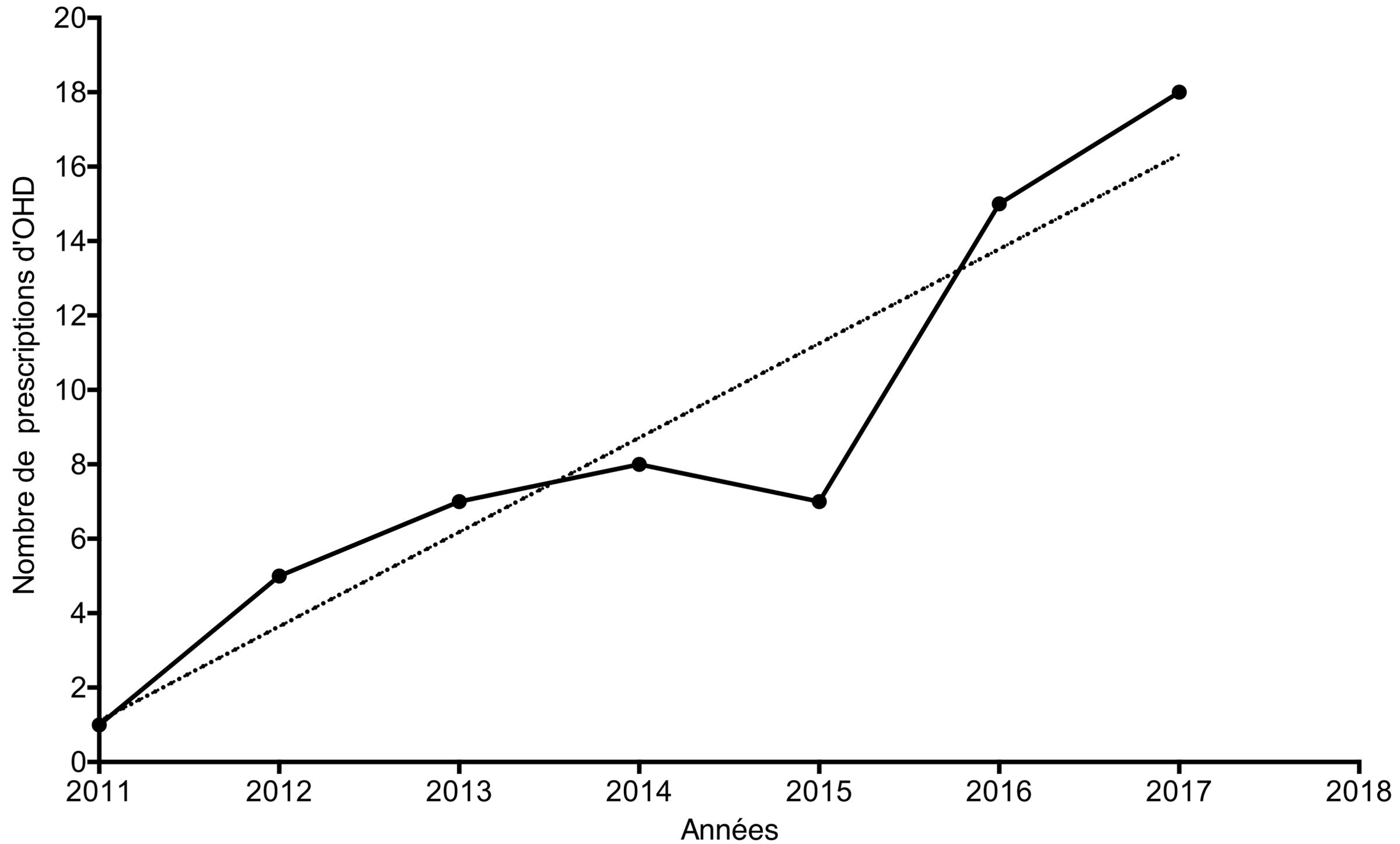
Faisabilité à domicile?

- Utilisation d'oxygénothérapie à haut débit à domicile
- Objectifs
 - Epidémiologie
 - Bénéfices de l'HFO
 - Modalités d'installation
 - Coûts

Faisabilité à domicile? - Méthodes

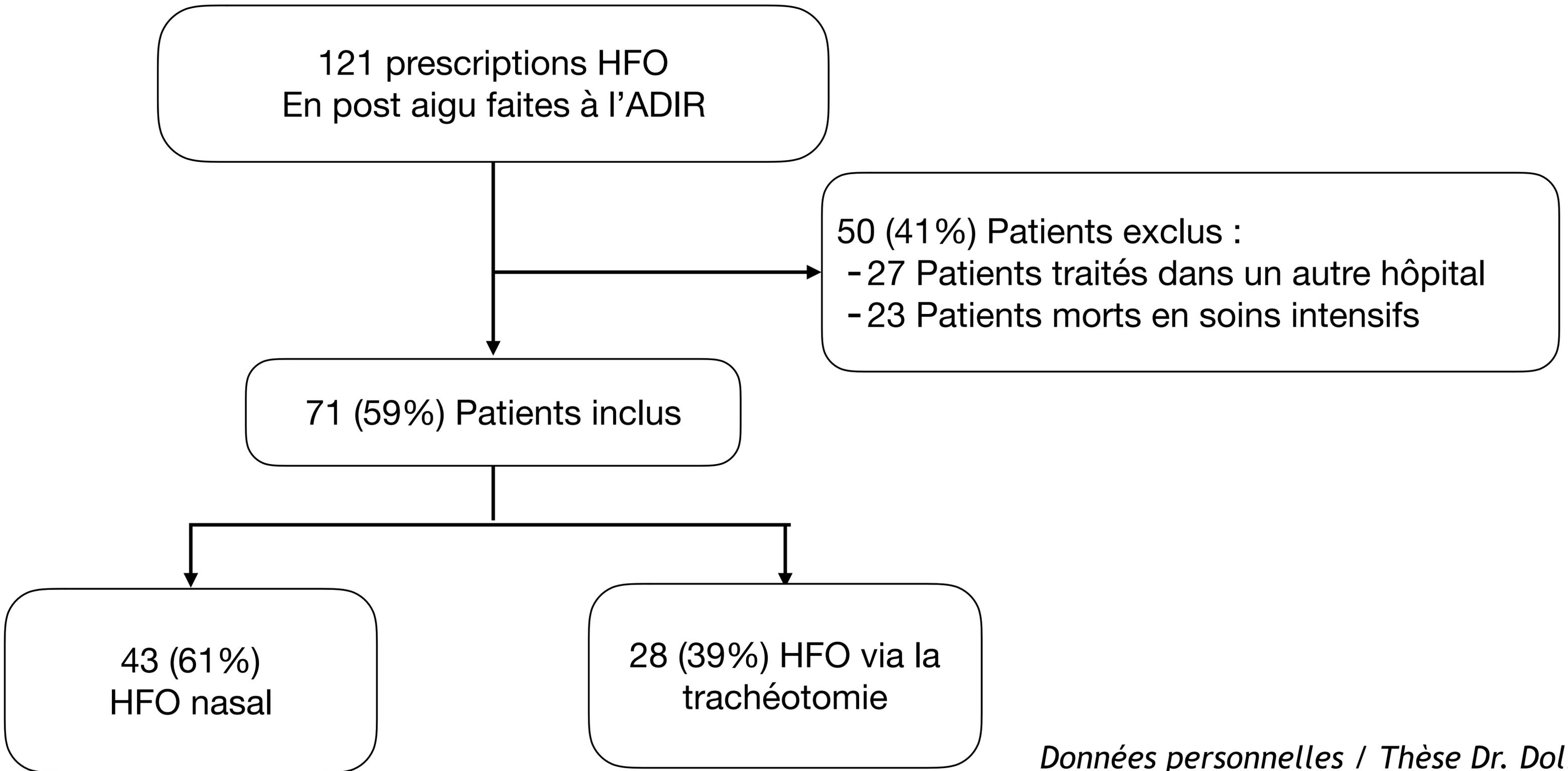
- Etude rétrospective monocentrique
- Incluant tous les patients appareillés par HFO au long cours
- Entre 2011 et 2018
- Population divisée en deux groupes:
 - HFO nasal
 - HFO trachéal

Faisabilité à domicile? - Tendances

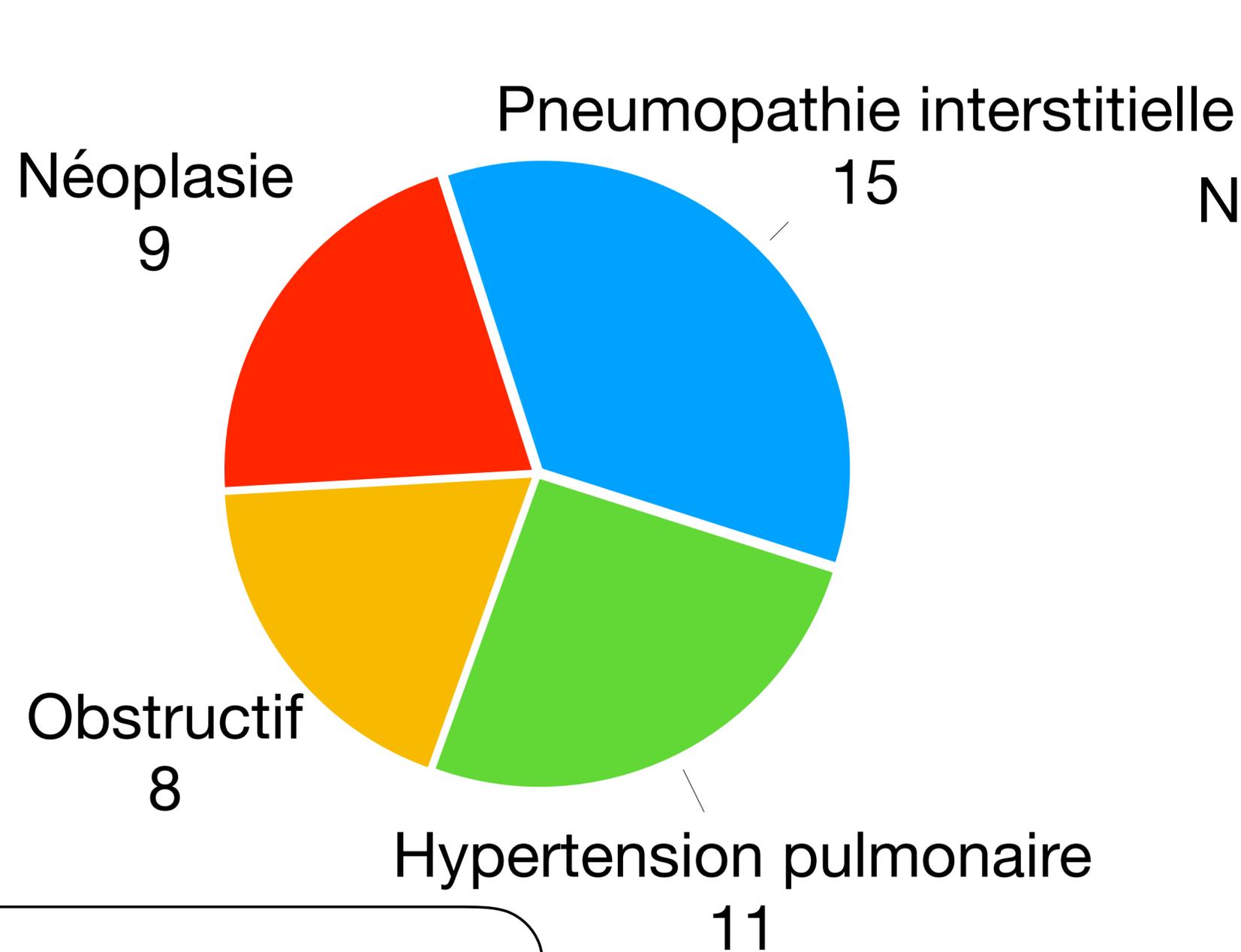


Données personnelles / Thèse Dr. Dolidon

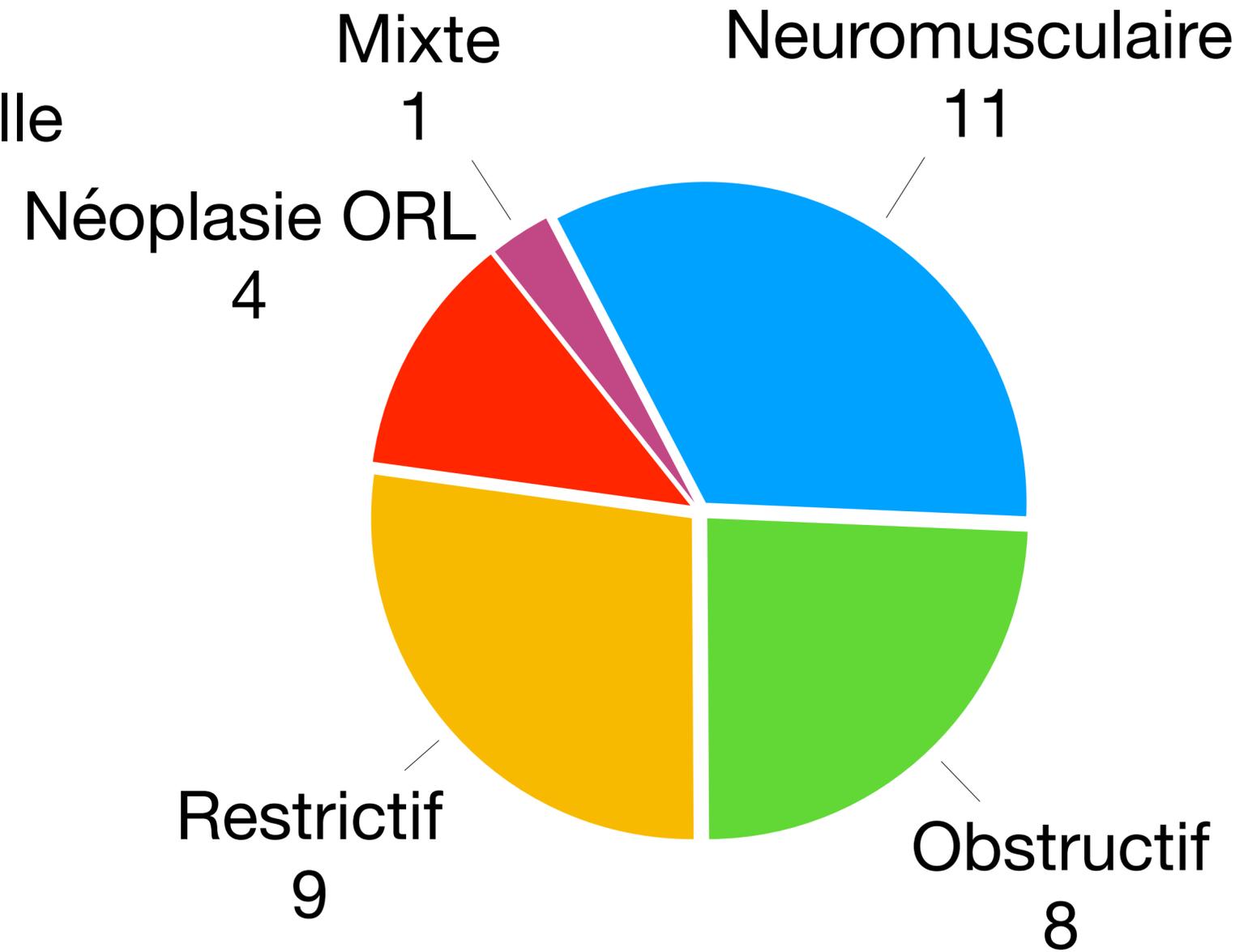
Faisabilité à domicile? - Diagramme de flux



Faisabilité à domicile? - Population



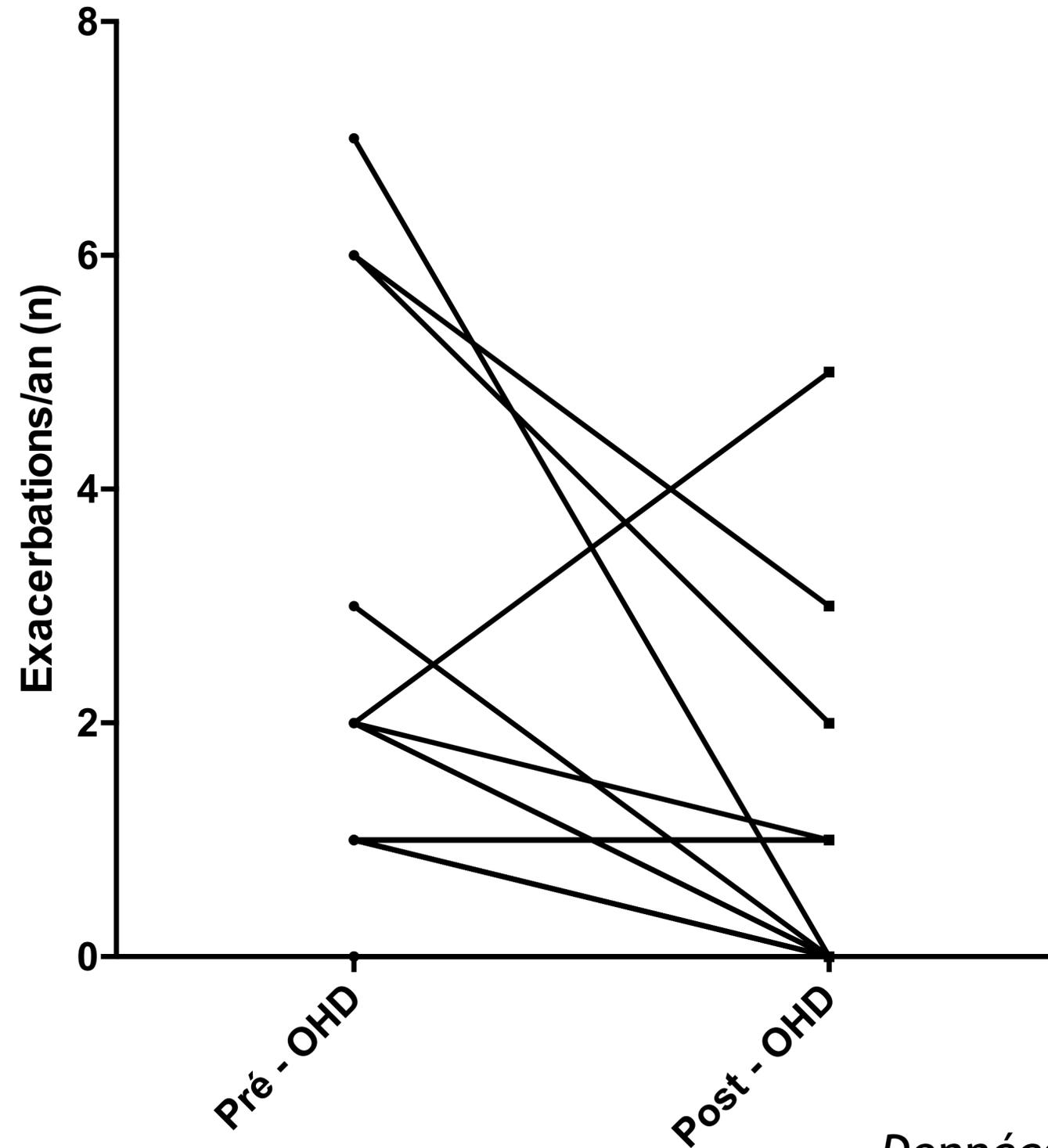
43 (61%) Patients avec
OHD nasal



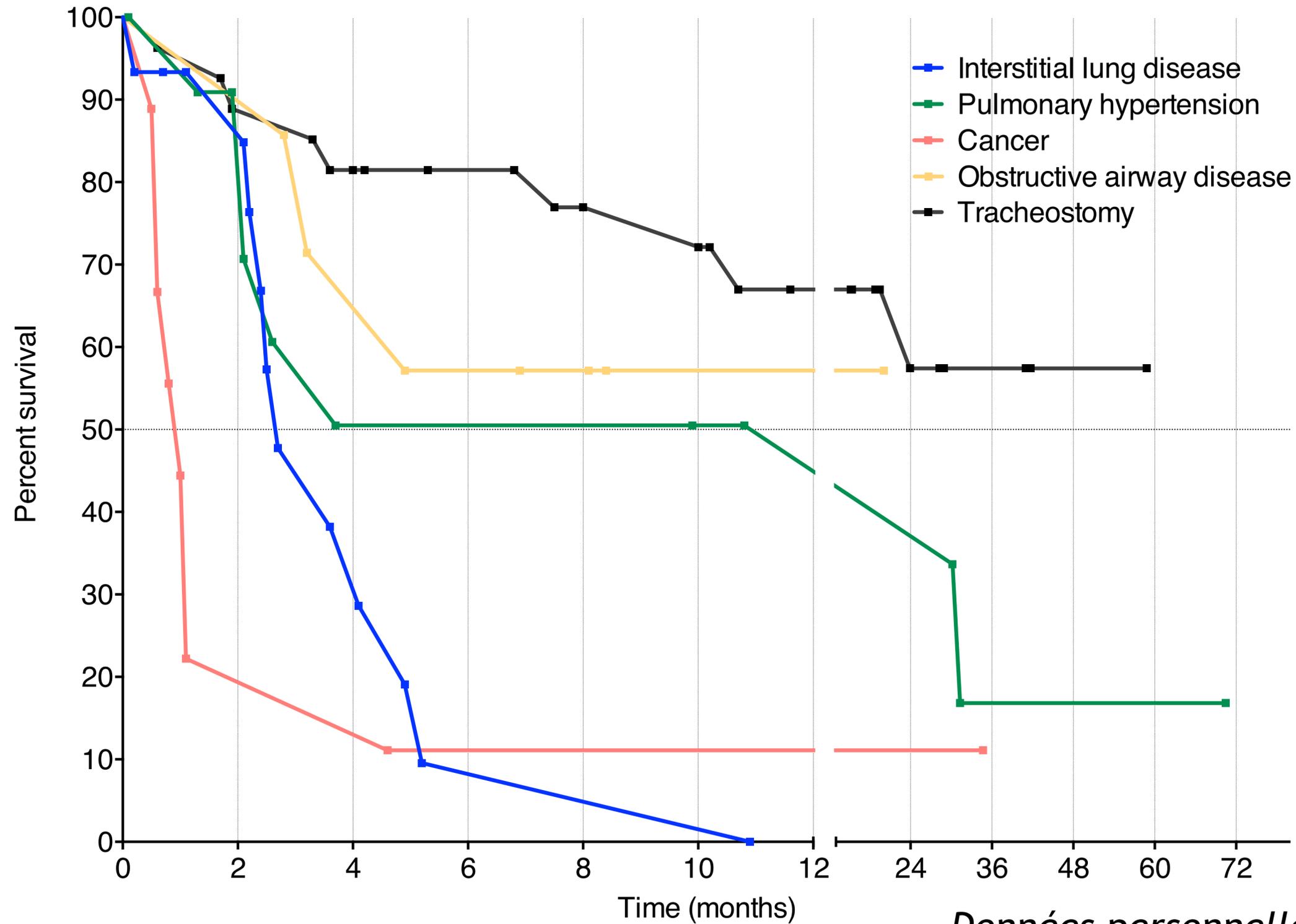
28 (39%) Patients avec
OHD via la trachéotomie

Faisabilité à domicile? - Exacerbations

- -1/an [-2 à 0]
- $p=0.015$



Faisabilité à domicile? - Devenir des patients



P < 0,001

Faisabilité à domicile? - Organisation (n=51)

Pas d'oxygène
7



Liquide
28

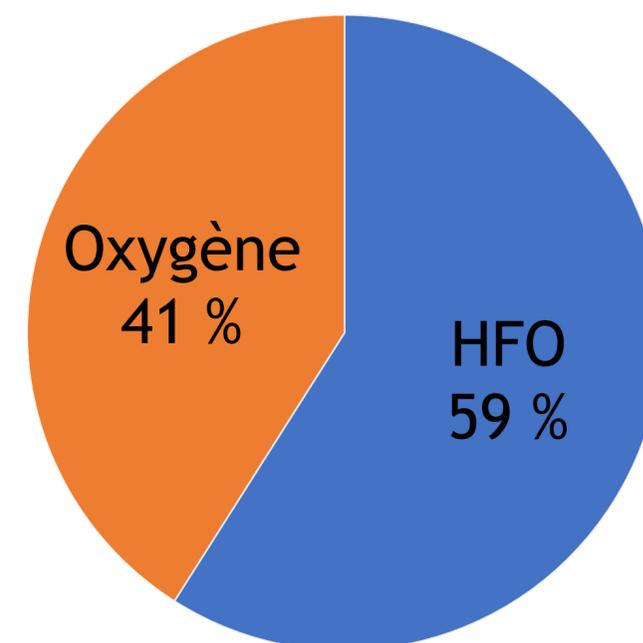
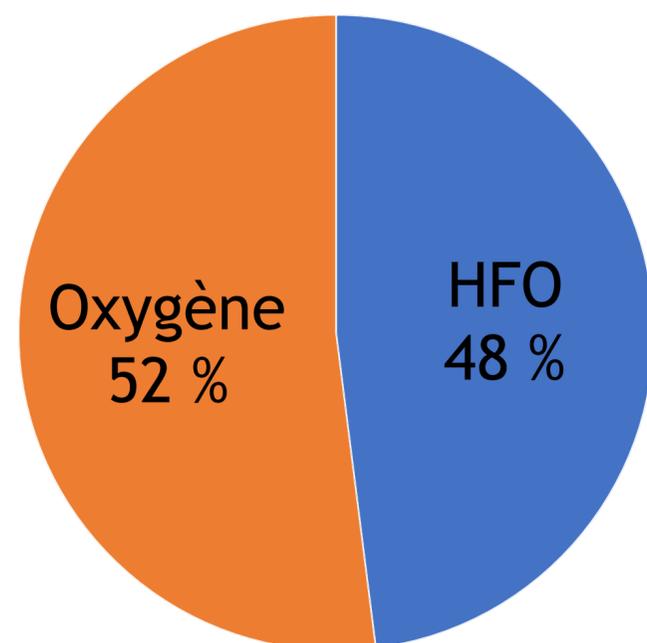
4 [3 à 4] Cuves



Concentrateur
15

Faisabilité à domicile? - €

	HFO-n	HFO-t	p
Coût total	1.712 euros [1.174 à 3.177]	4.005 euros [2.291 à 9.931]	< 0,001
Coût mensuel	520 euros [408 à 628]	296 euros [261 à 475]	< 0,001



Données personnelles / Thèse Dr. Dolidon

Faisabilité à domicile?

- Faisable
- Prise en charge essentiellement palliative
- Coût inférieur à une hospitalisation
- Qualité de vie à domicile
- Humidification pour les patients trachéotomisés

Conclusion - HFO & BPCO

- L'HFO : Une nouvelle source d'O₂?
 - Non
- L'HFO : Une nouvelle manière de ventiler?
 - Non
- L'HFO a un futur?
 - Si bénéfique physiologique = bénéfique clinique
 - Bon choix des patients



Conclusion - Conseils GAVO2

- La seule indication prouvée de l'oxygénothérapie à haut débit est l'insuffisance respiratoire hypoxémique aiguë en hospitalisation en réanimation ou en soins intensifs
- L'oxygénothérapie à haut débit, quelle qu'en soit la source, correspond à une nouvelle modalité d'administration d'oxygène. Elle ne peut être considérée comme modalité de ventilation et doit être à ce jour utilisée uniquement avec de l'O₂
- Au domicile, l'oxygénothérapie à haut débit peut être proposée en situation palliative chez les patients ayant une hypoxémie très sévère et atteint de fibrose ou d'autres pathologies respiratoires hypoxémiantes terminales, afin de favoriser un retour à domicile et diminuer la dyspnée. Devant des résultats physiologiques prometteurs, d'autres indications dans la BPCO, sont en cours d'évaluation.