

Hypoxémie, Hypercapnie, Lequel est le plus délétère ?



Session Kinésithérapeute

Nicolas Péron

09/06/2021

MIR

HEGP



AP-HP. Centre
Université
de Paris





réanimation 2021

PARIS 9-11 JUIN

Palais des Congrès de Paris
Porte Maillot



Orateur : Nicolas PERON, Paris

Je n'ai pas de lien d'intérêt potentiel à déclarer

Quelques définitions



- Hypoxémie : $\text{PaO}_2 < 70 \text{ mmHg}$
 - Définitions variables selon les auteurs
 - Profonde si $< 60 \text{ mmHg}$
- Hypoxie : Diminution de l'oxygénation tissulaire
 - Conséquence de l'hypoxémie
 - Autres causes ?

Quelques définitions



- Insuffisance respiratoire aigüe :

- Altération aigüe de l'hématose

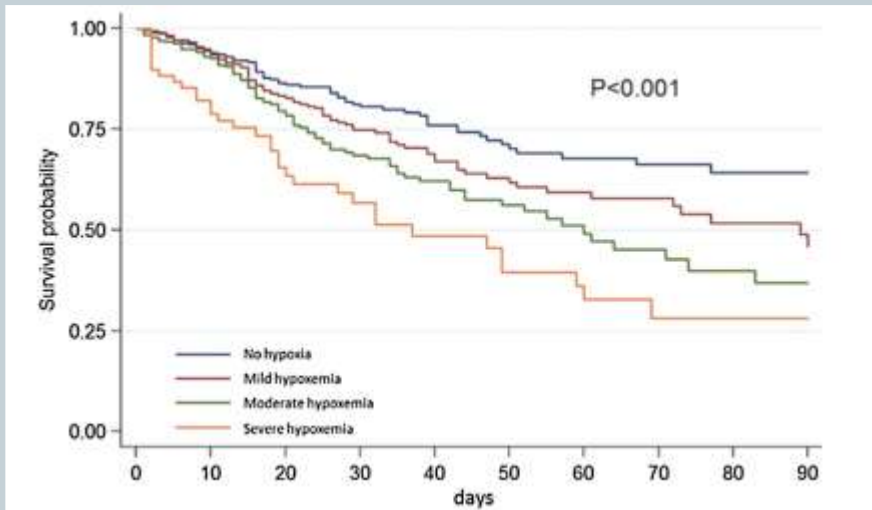
- OU
- ✦ Hypoxémie ($\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$)
 - ✦ Hypercapnie ($\text{PaCO}_2 > 42 \text{ mmHg}$)

Type I
Type II

- Insuffisance respiratoire chronique :

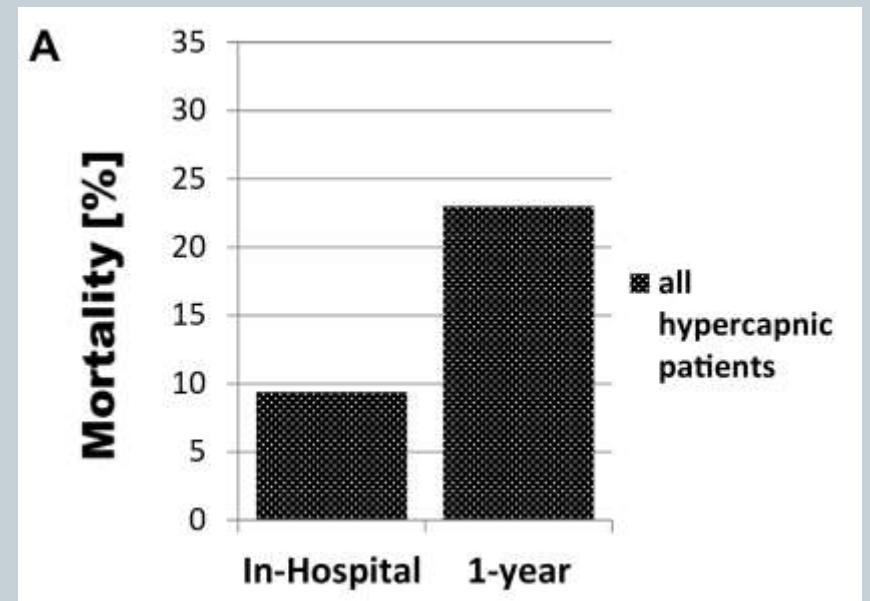
- Hypoxémie ($< 70 \text{ mmHg}$)
- Au repos, à l'état stable
- Hypercapnique ou non
- IRC grave si $\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$

Généralités



Variables	Total	PaO ₂ ≥ 48 mm Hg	p Value	PaCO ₂ ≤ 48 mm Hg	Age ≤ 70 yr	p Value	Age ≥ 70 yr	%IBW ≤ 90%	p Value	%IBW ≥ 90%
Patients	73	54	NS	19	55	NS	18	22	NS	51
Age, yr	65 ± 8	66 ± 8	NS	64 ± 8	62 ± 5	NS	74 ± 4	66 ± 6	NS	63 ± 8
%IBW	106 ± 26	108 ± 26	NS	102 ± 27	108 ± 27	NS	100 ± 24	78 ± 9	0.001	117 ± 22
BMI	23 ± 6	22 ± 6	NS	24 ± 7	23 ± 7	NS	22 ± 5	17 ± 3	0.001	25 ± 6
PaO ₂ , mm Hg	54 ± 8	51 ± 4	0.044	60 ± 7	52 ± 6	NS	39 ± 6	53 ± 4	NS	54 ± 6
PaCO ₂ , mm Hg	52 ± 10	56 ± 7	0.0049	38 ± 4	51 ± 10	NS	33 ± 10	52 ± 12	NS	52 ± 9
pH	7.39 ± 0.03	7.39 ± 0.03	NS	7.40 ± 0.02	7.39 ± 0.03	NS	7.40 ± 0.04	7.40 ± 0.04	NS	7.39 ± 0.03
Tracheotomized	32	23.5	NS	21	14	0.008	30	30	0.008	15
Mortality within 3 mo†	8 (10.9)	6 (11.1)	NS	2 (10.5)	3 (9)	NS	0 (17)	7 (31.8)	0.019	1 (2)
LTOT	69	79	0.044	53	71	NS	68	70	NS	79
Home MV	10.5	16	0.044	5	12	NS	9	13	0.039	10.5

	All	PaO ₂ < 60 mmHg	PaO ₂ ≥ 60 mmHg	p
nMWD	400 [305, 470] †	305 [266, 393] †	410 [320, 480] †	<0.0001
3-year mortality	79 (9%)	20 (14%)	59 (16%)	0.026



SRLF trial group, Ann Intensive care, 2018

Vitaca, Chest, 2005

Zysman, Int J COPD, 2021

Vonderbank, Emergency medicine, 2020

Hypoxémie aigüe et
chronique

Hypercapnie aigüe et
chronique

Cas cliniques

Conclusion

Hypoxémie aigüe et
chronique

Hypercapnie aigüe et
chronique

Cas cliniques

Conclusion

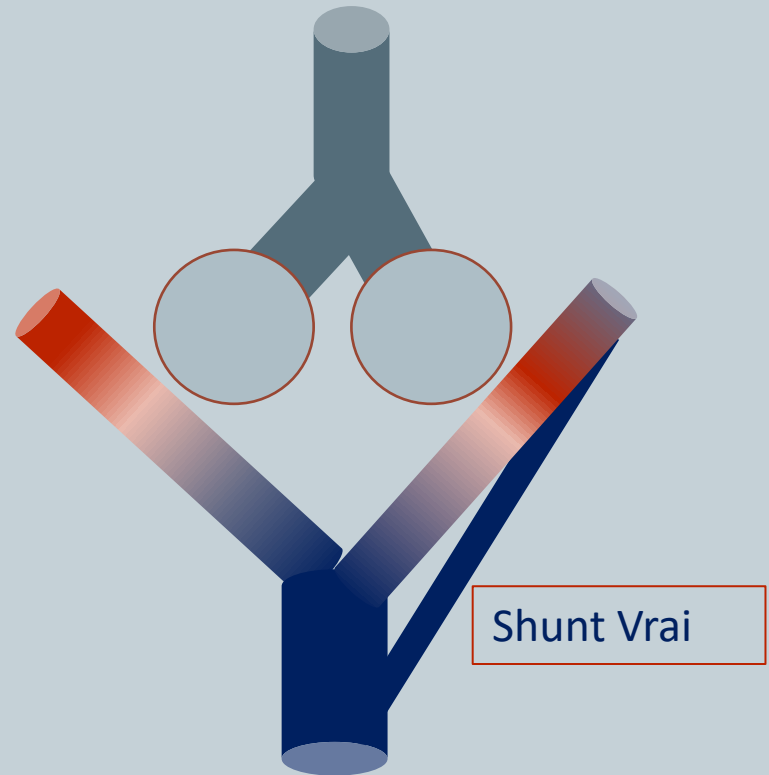
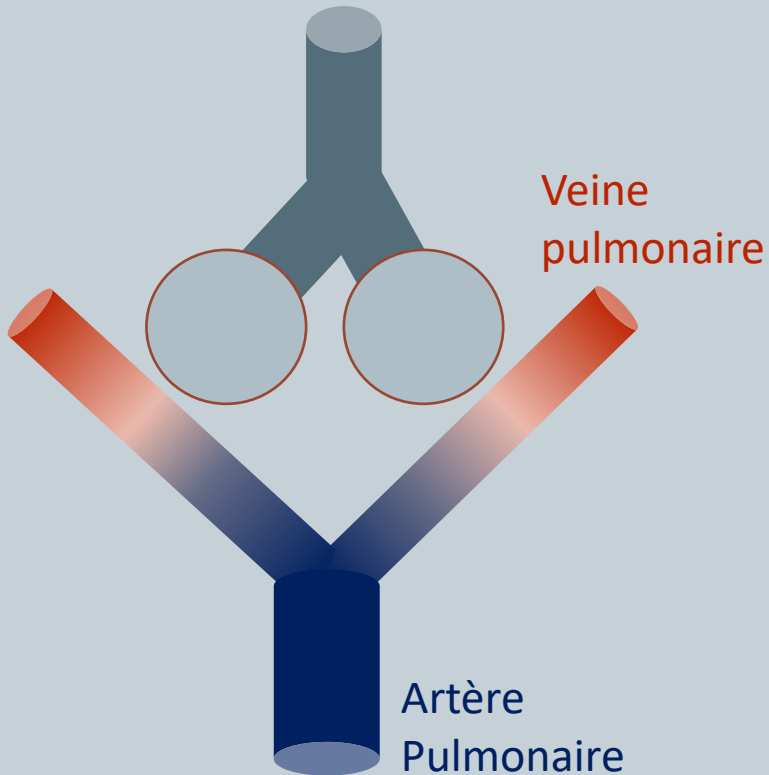
Hypoxémie aigüe



Mécanismes

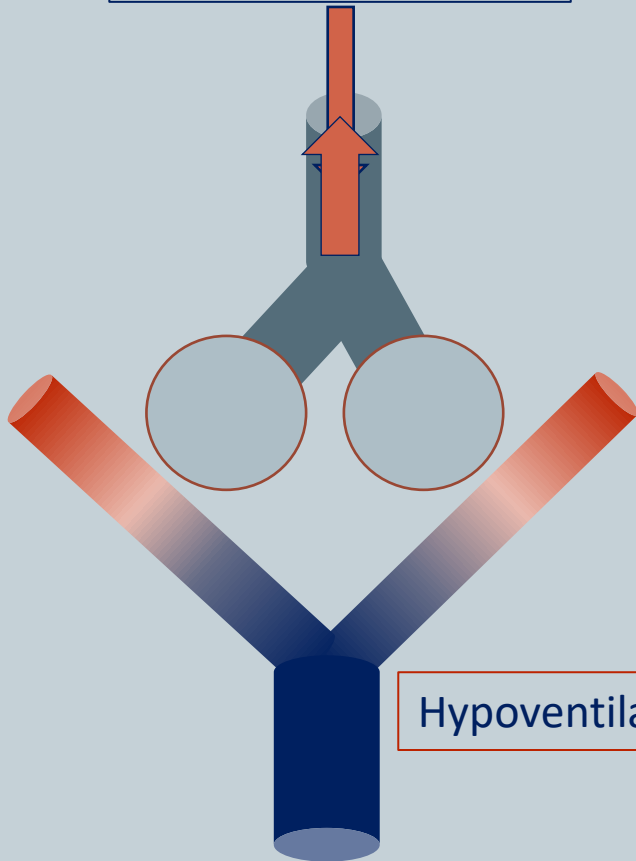


Multiples, complexes et intriqués le plus souvent

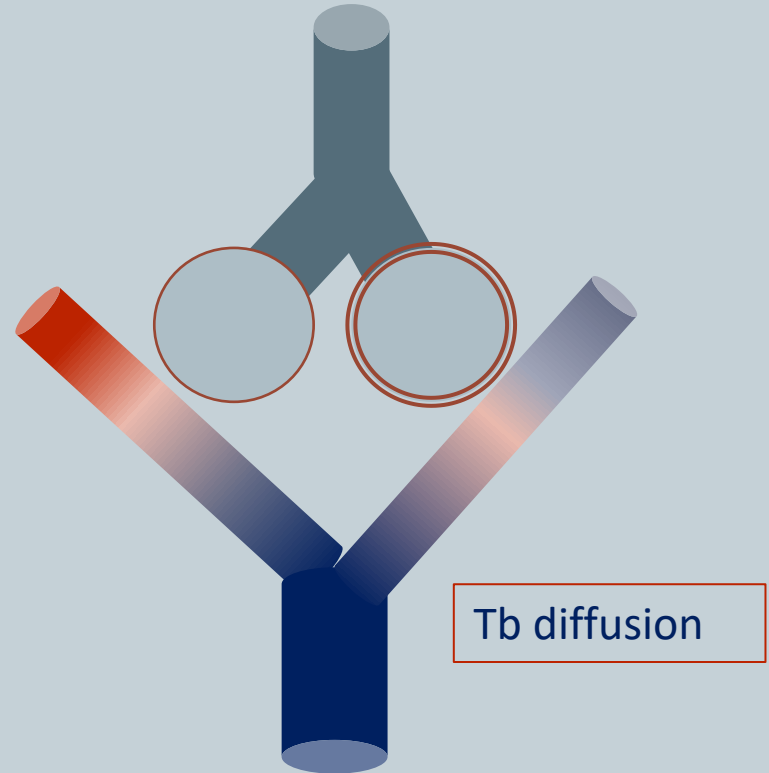


Mécanismes

Causes centrales
Neuro-musculaires
Insuffisance ventilatoire

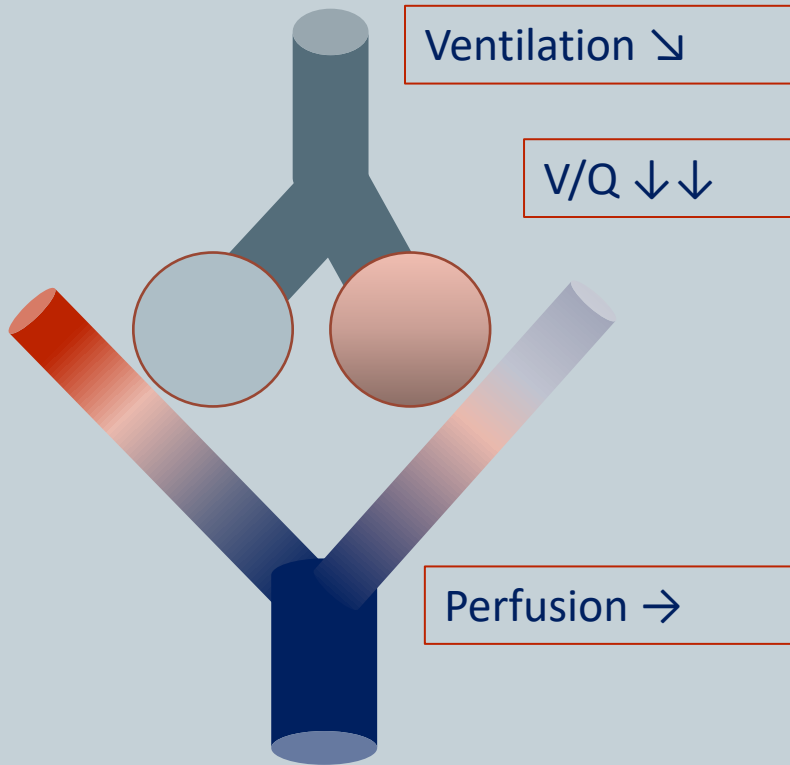


Altération membrane (PID)
Réduction surface échange
(Emphysème, HTAP)

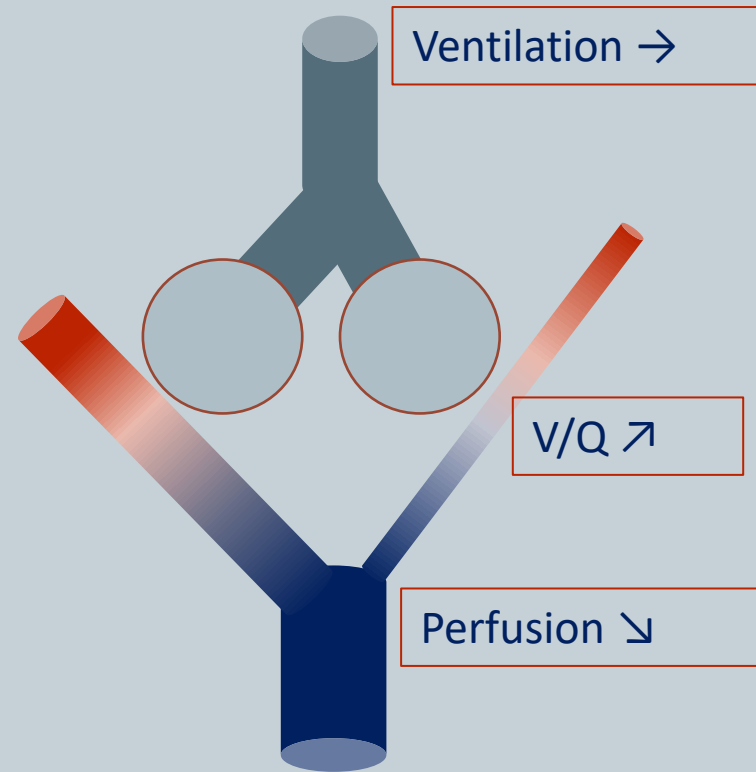


Altération Ratio V/Q

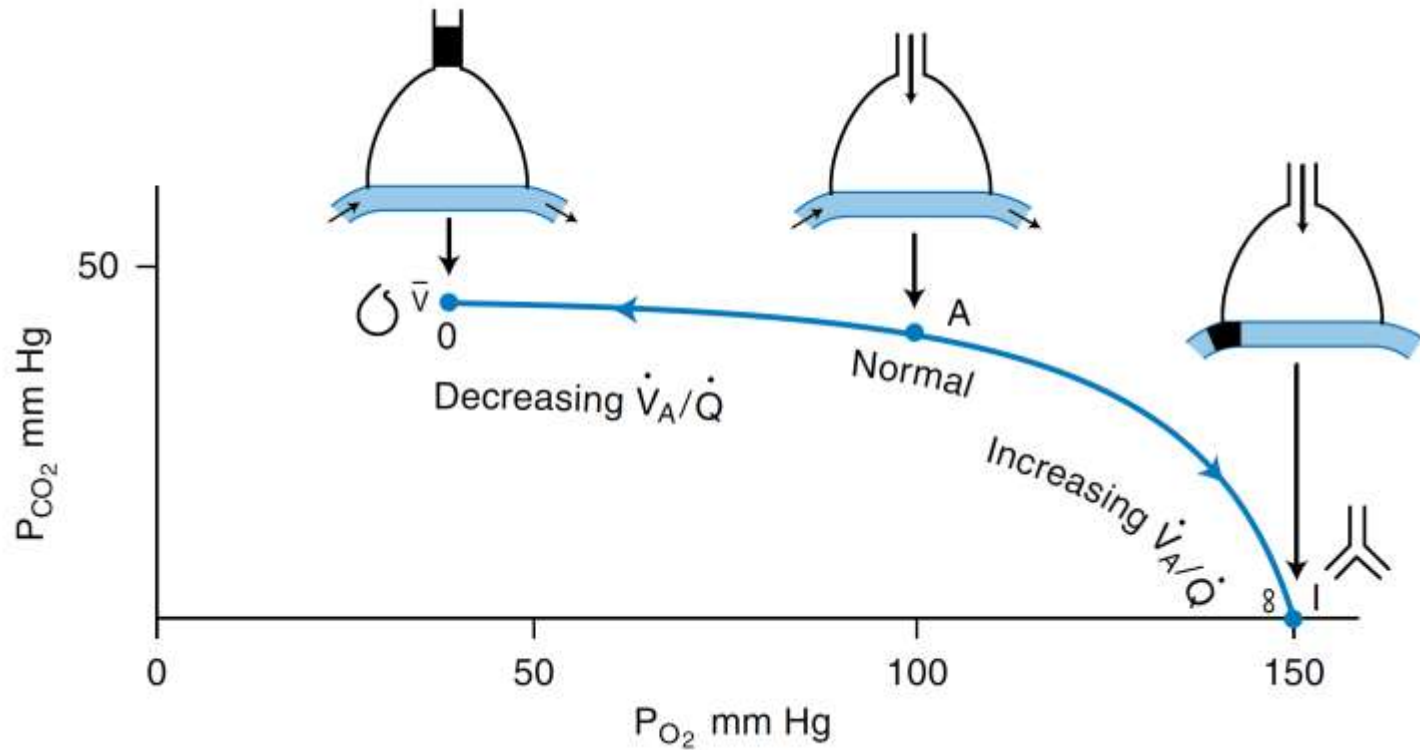
Effet shunt



Effet espace mort



Altération Ratio V/Q



Mécanismes de l'hypoxémie



	PA_{O_2}	PA_{CO_2}	Pa_{O_2}	Pa_{CO_2}	Ca_{O_2}	Sa_{O_2}	Correction par O_2
Hypoventilation	↓	↑	↓	↑	↓	↓	O
Tb Diffusion	N	N	↓	N	↓	↓	O
Shunt	N	N	↓	N	↓	↓	N
Interaction V/Q	+/-	+/-	↓	+/-	↓	↓	O
Anemia	N	N	N	N	↓	N	O
Intoxication CO	N	N	N	N	↓	↓ ou N	O

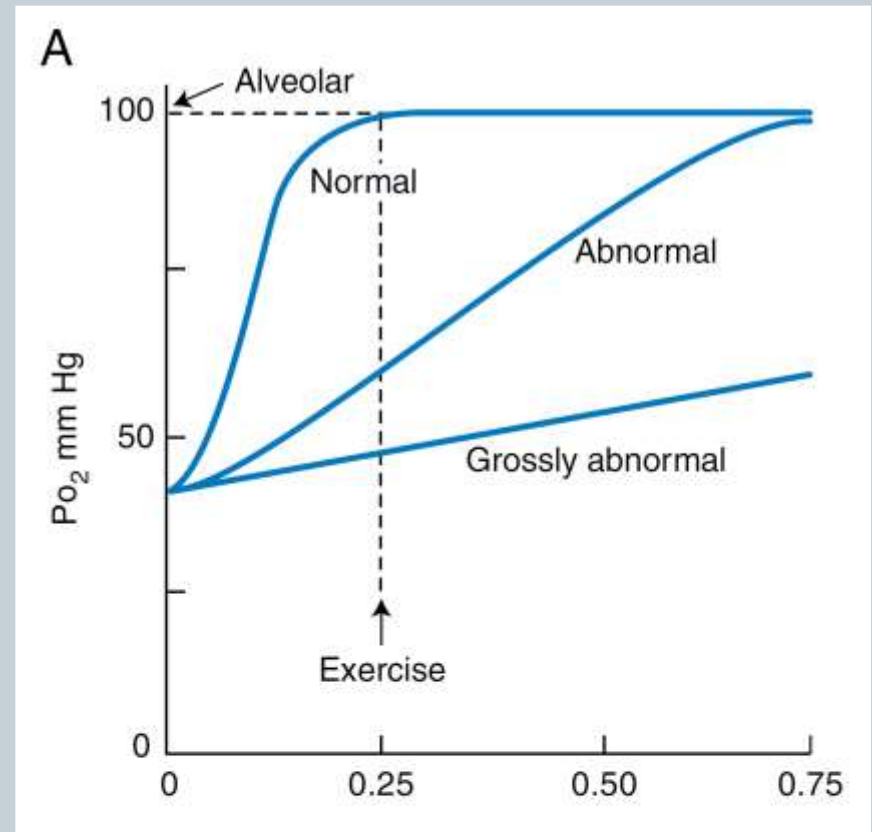
A l'effort



Augmentation VO_2 et VCO_2

Tps passage capillaire plus court

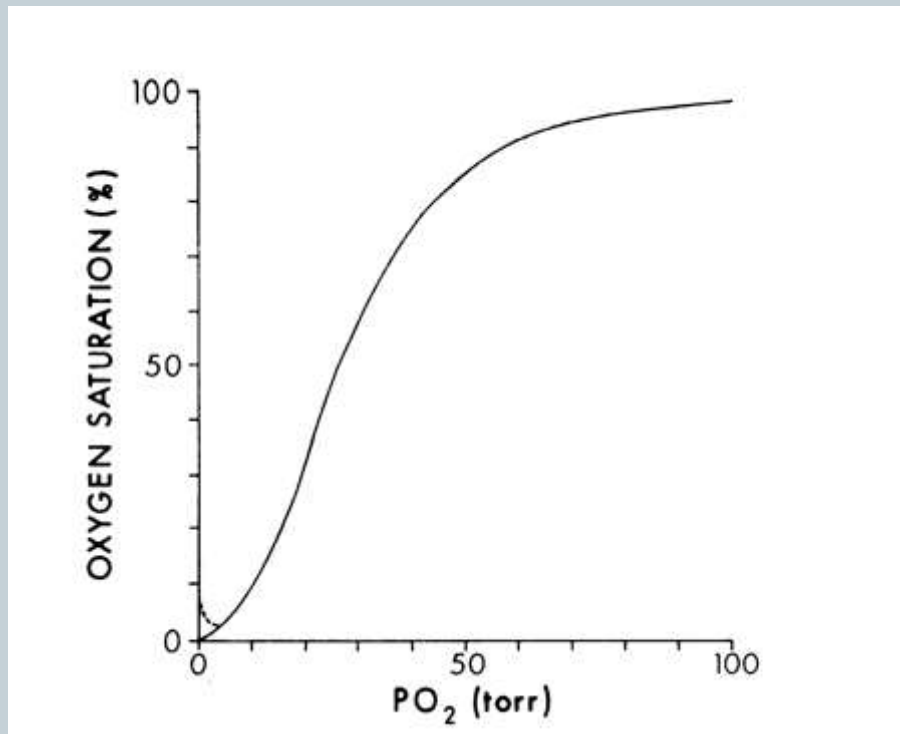
SI VO_2 insuffisante, production d'énergie anaérobie



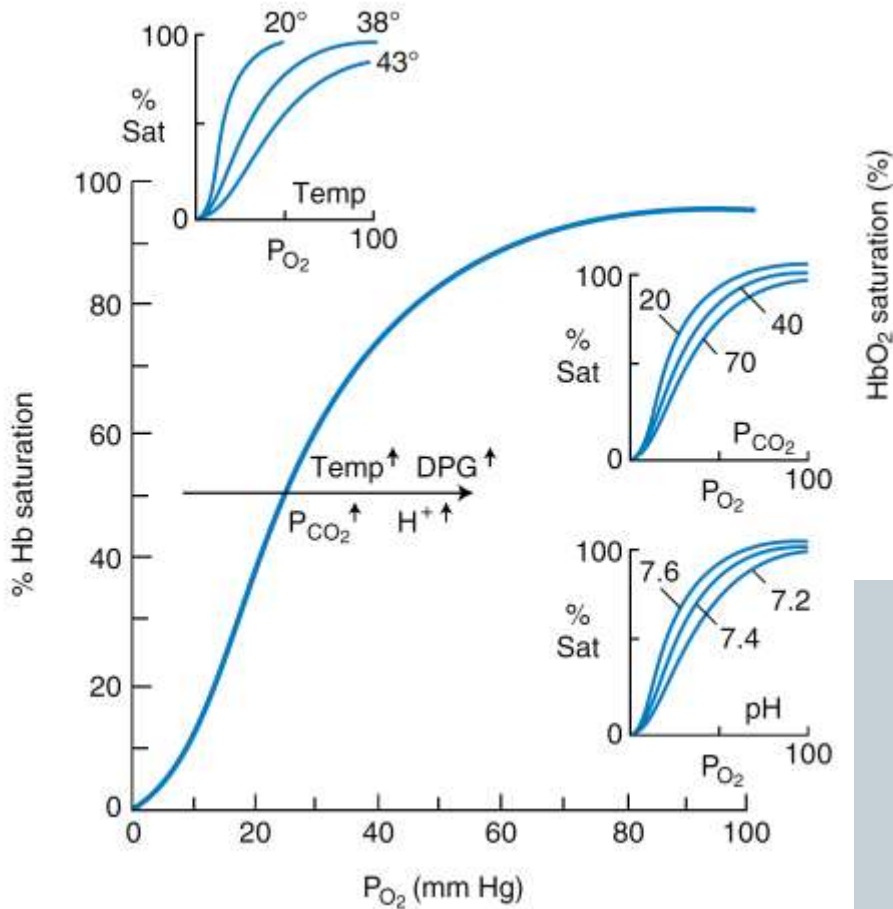
Corrélation saturation/ PaO_2



PaO_2 (mmHg)	30	37,5	45	52,5	60	67,5	82,5	104	>127
SaO_2 (%)	57,4	71,4	80,7	86,8	90,7	93,2	96,2	98,2	>99



Courbe de dissociation de l'Hb



Contenu artériel en O_2 :

- Hemoglobine
- PaO_2
- SpO_2

$$CaO_2 = (Hb \times 1,34 \times SaO_2) + (0,03 \times PaO_2)$$

Facteurs influençant la courbe :

- T°
- $PaCO_2$
- H^+
- 2,3-DPG

« happy hypoxemia »



- COVID-19 mais beaucoup d'autres exemples...

Mécanismes de la dyspnée versus mécanismes de l'hypoxémie

Hypoxémie : Conséquences immédiates ?

Rôle de la PCO₂

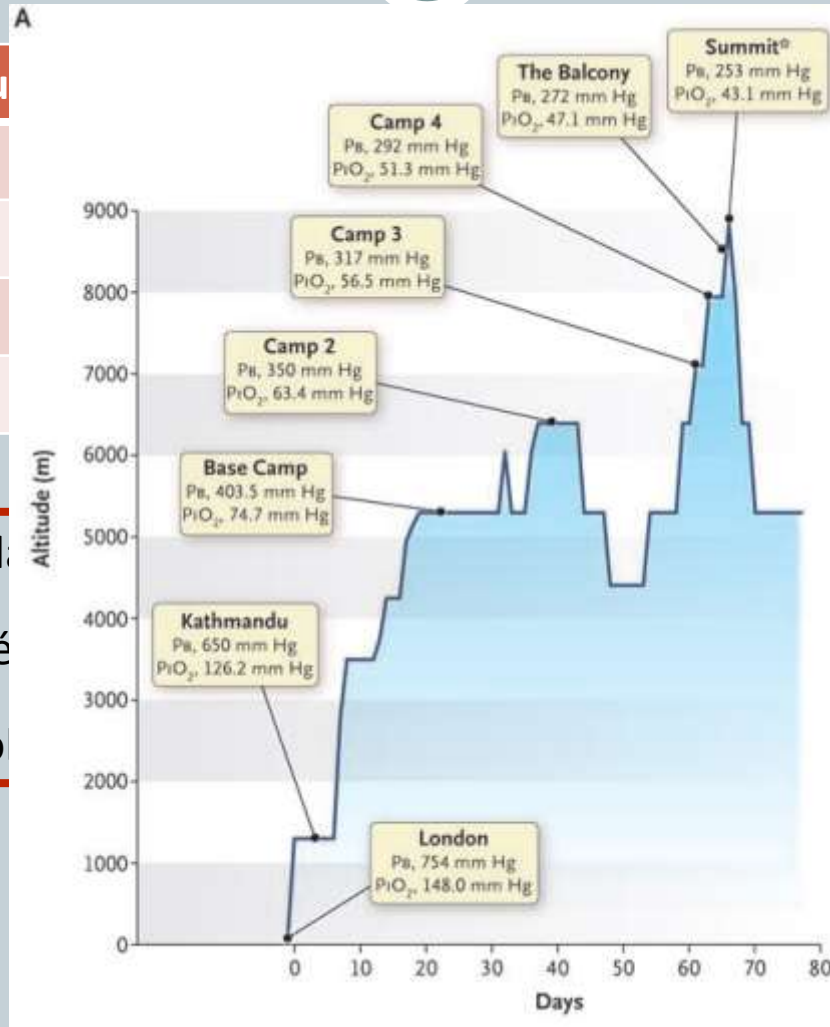
- D'autres exemples d'hypoxémie heureuses..?

En altitude



Niveau
0
2000
4000
8000

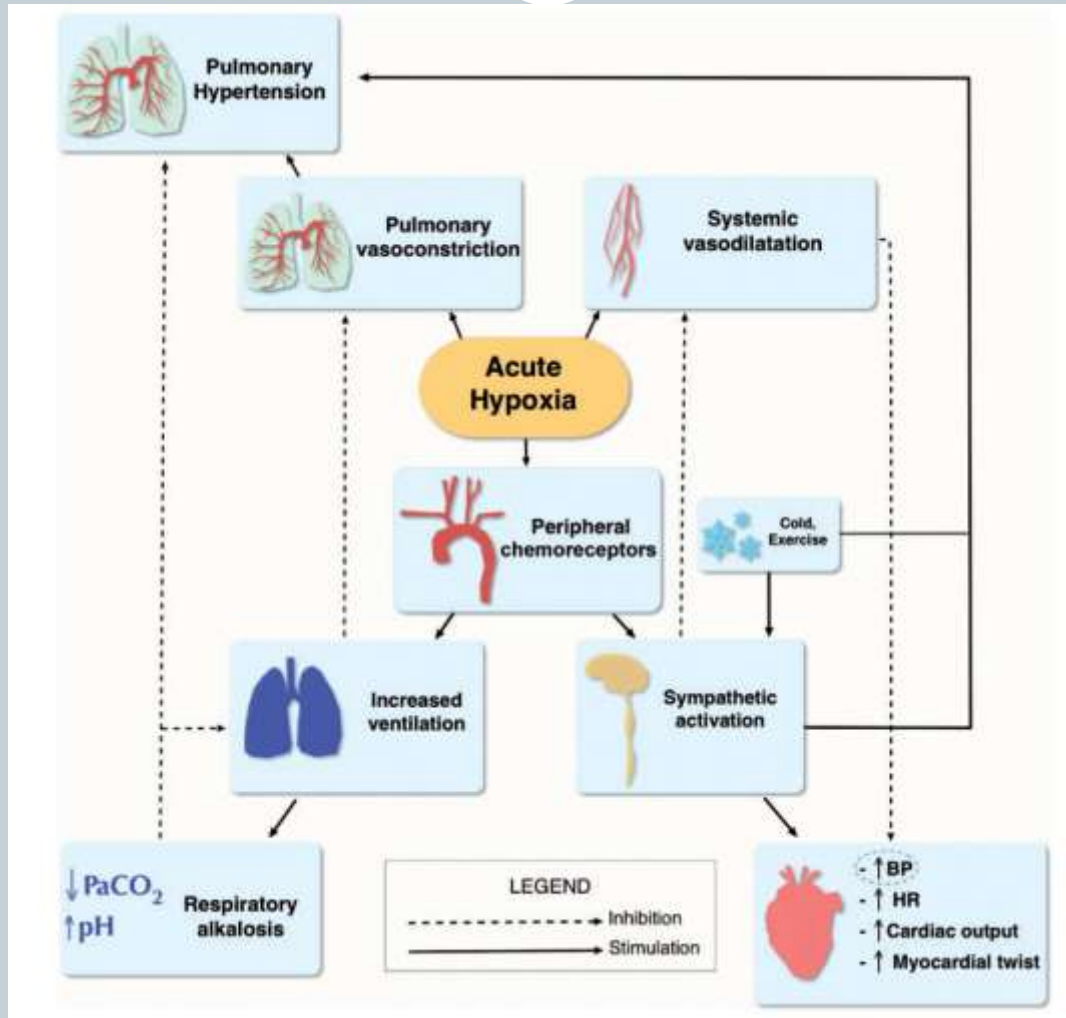
Modification de l'altitude
 Adaptation immédiate
 Comment contrôler l'altitude



O ₂

Physiologie

Conséquences de l'hypoxémie



Lors d'une pathologie aiguë



- ↗ Ventilation minute
- ↗ Vasoconstriction pulmonaire

- ↗ Vasodilation coronaire
- ↗ Vasoconstriction
- Tachycardie
- ↗ Débit cardiaque

Hypoxémie

- 2,3 DPG
- CO2

- Débit cérébral
- Activation SRAA

Risques immédiats



- Hypertension pulmonaire

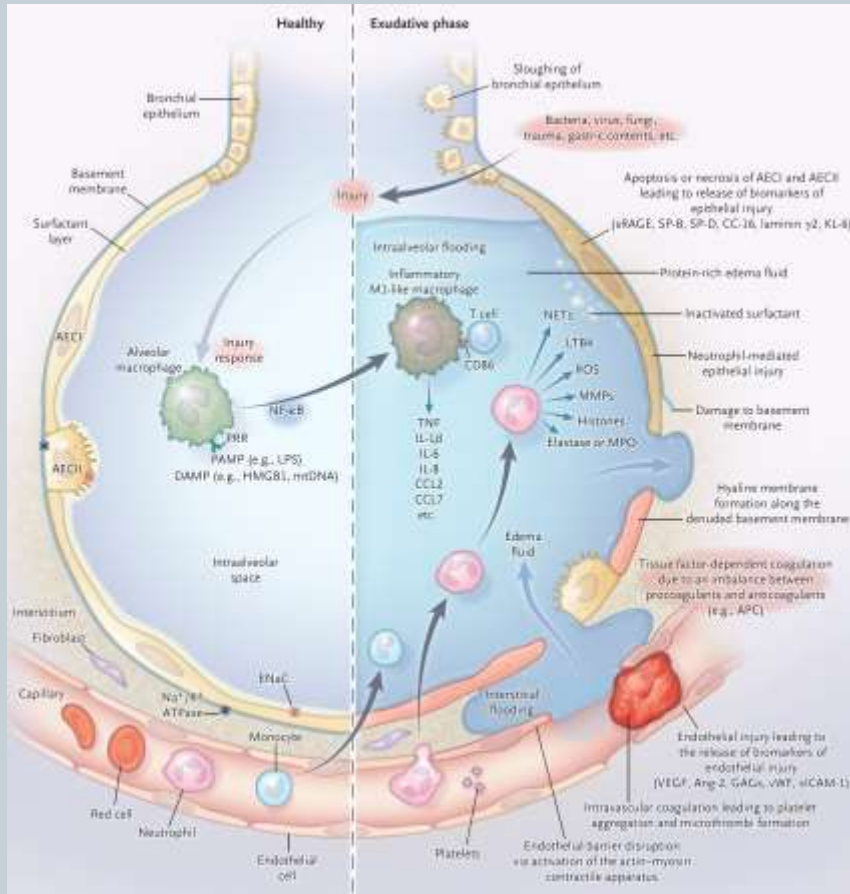
- Ischémie coronaire
- Ischémie périphérique
- Hypotension
- Bradycardie, arythmies

Hypoxémie

- Acidose lactique

- Confusion
- Coma
- Nécrose tubulaire aigüe
- EPO

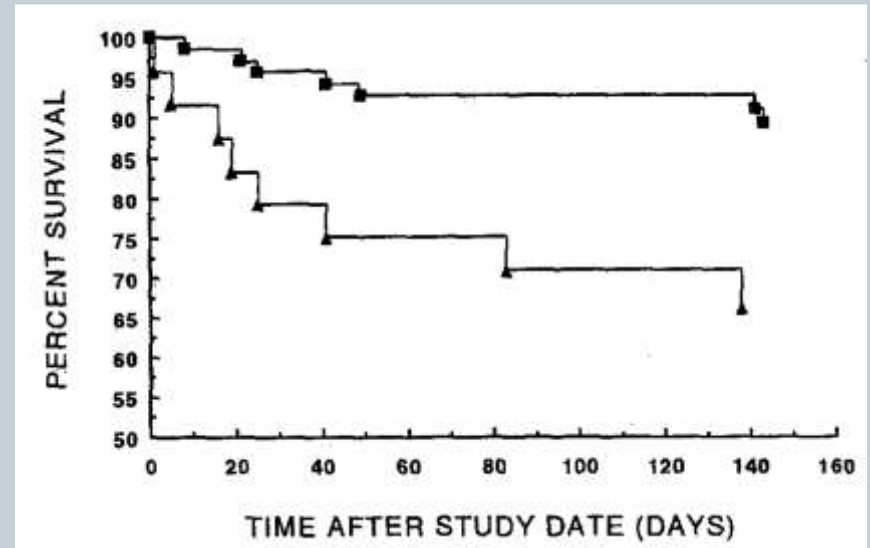
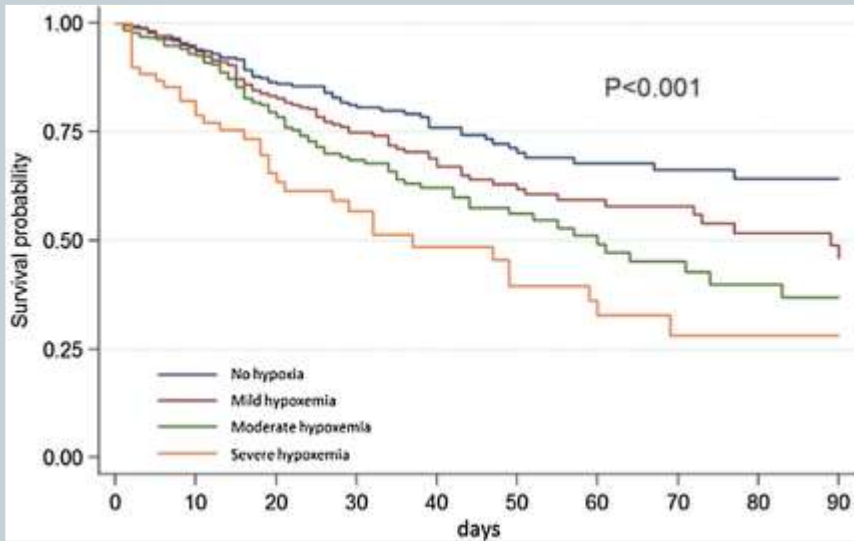
SDRA



- Mécanismes multiples
- Pronostic variable mais mortalité élevée
- Hypoxémie comme principal critères diagnostiques et sévérité

Pronostic

30 à 50% des ACR intra-hospitalier



Hypoxémie chronique



Adaptation chronique



- Hypertension artérielle pulmonaire
- Remodelage vasculaire
- Néo-vascularisation

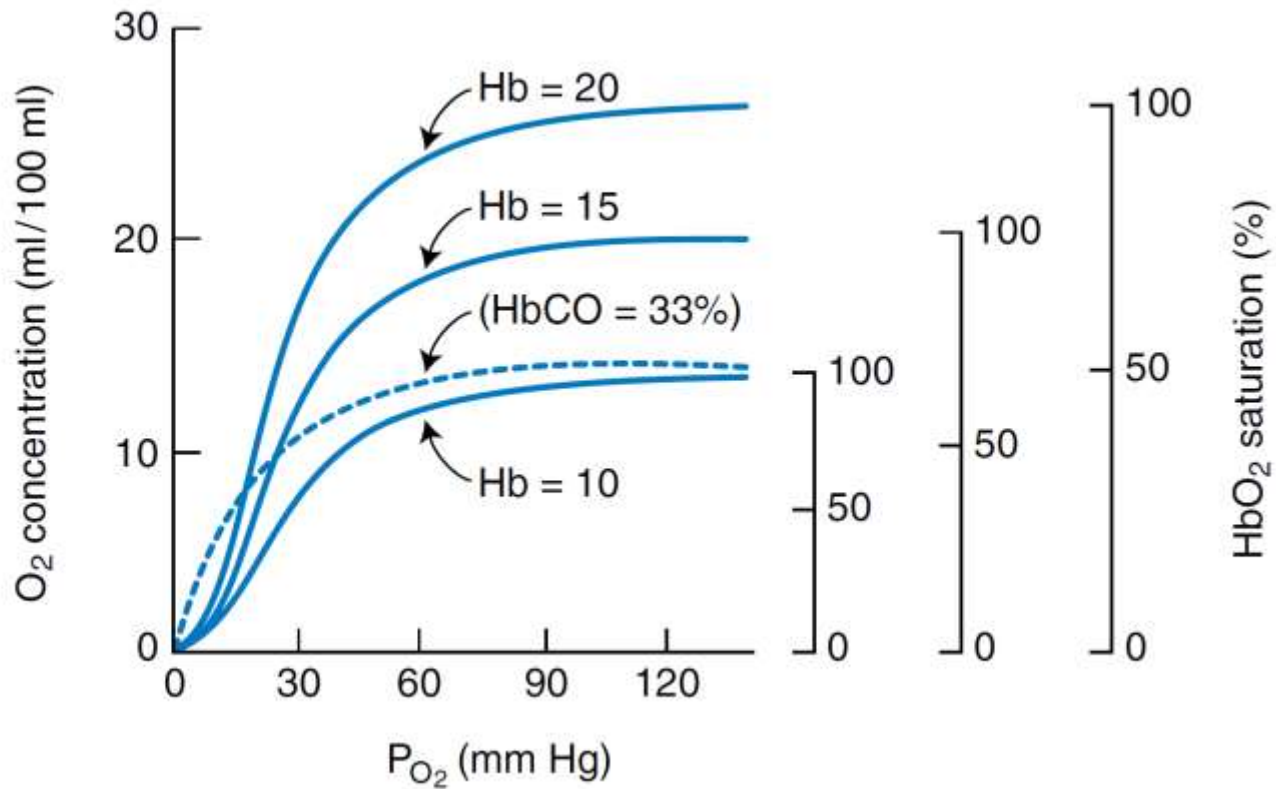
- Ischémie coronaire
- Ischémie périphérique
- Hypotension
- Bradycardie, arythmies

Hypoxémie

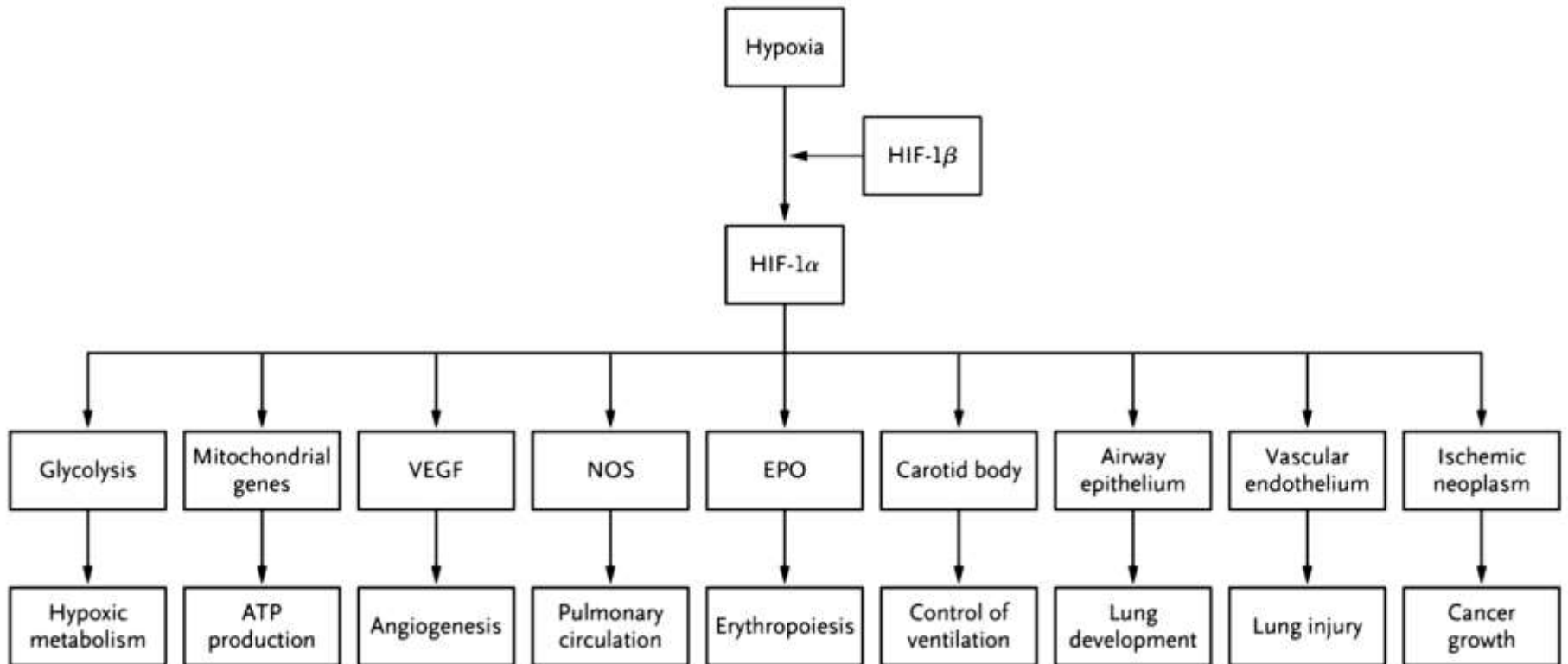
- Polyglobulie
- EPO

- Rétention hydro-sodée

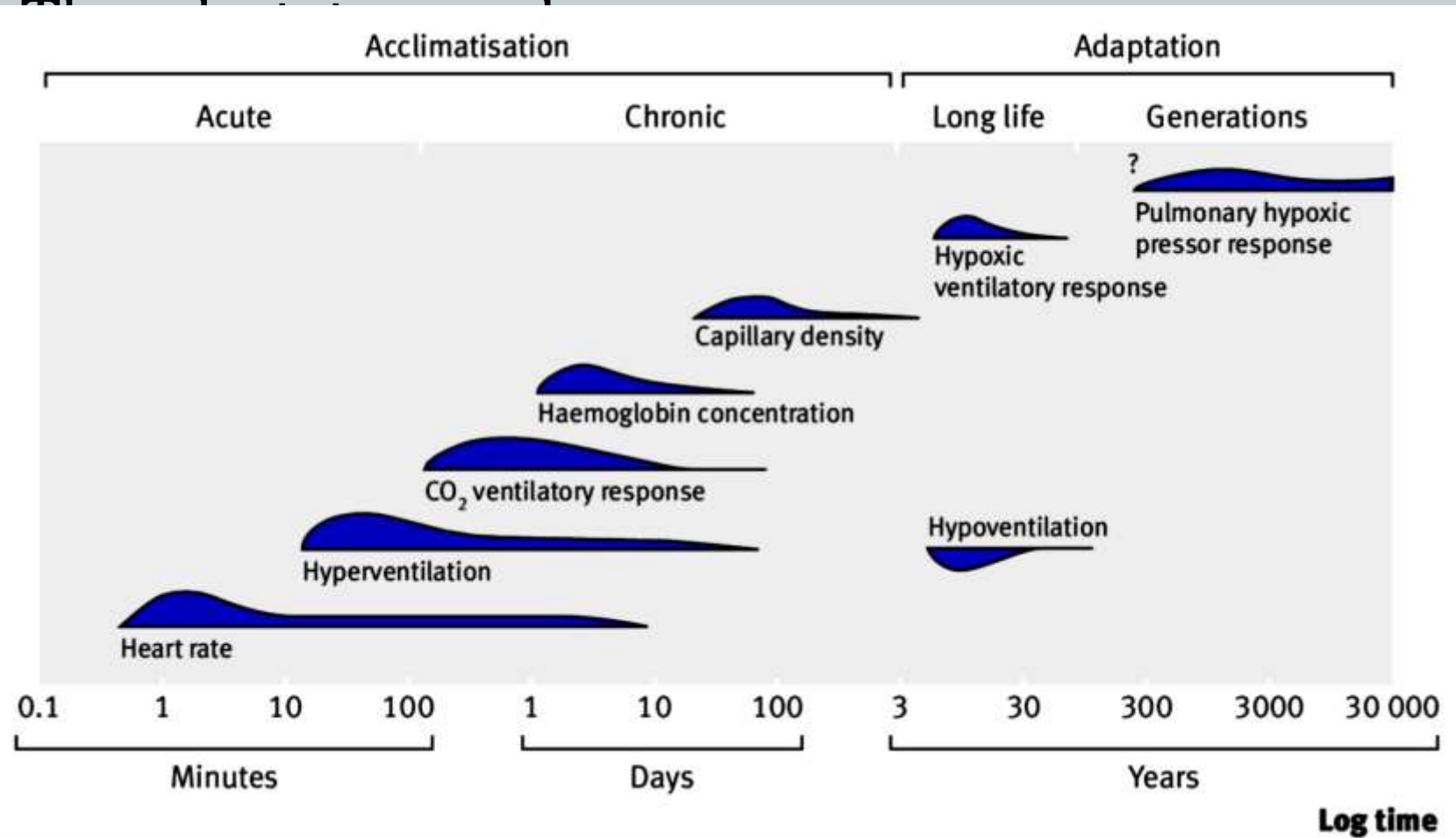
Adaptation



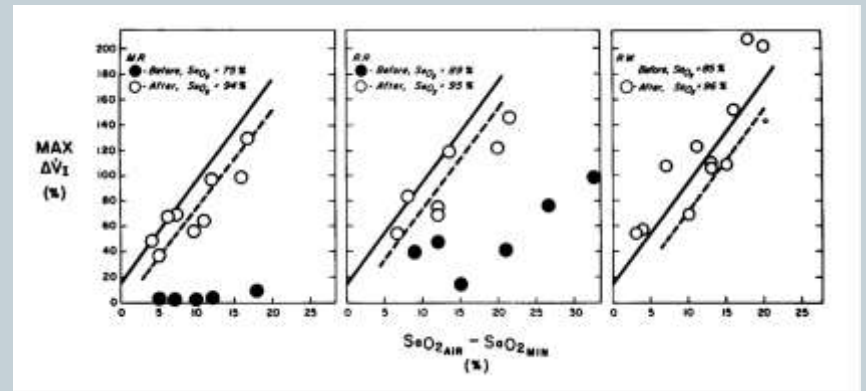
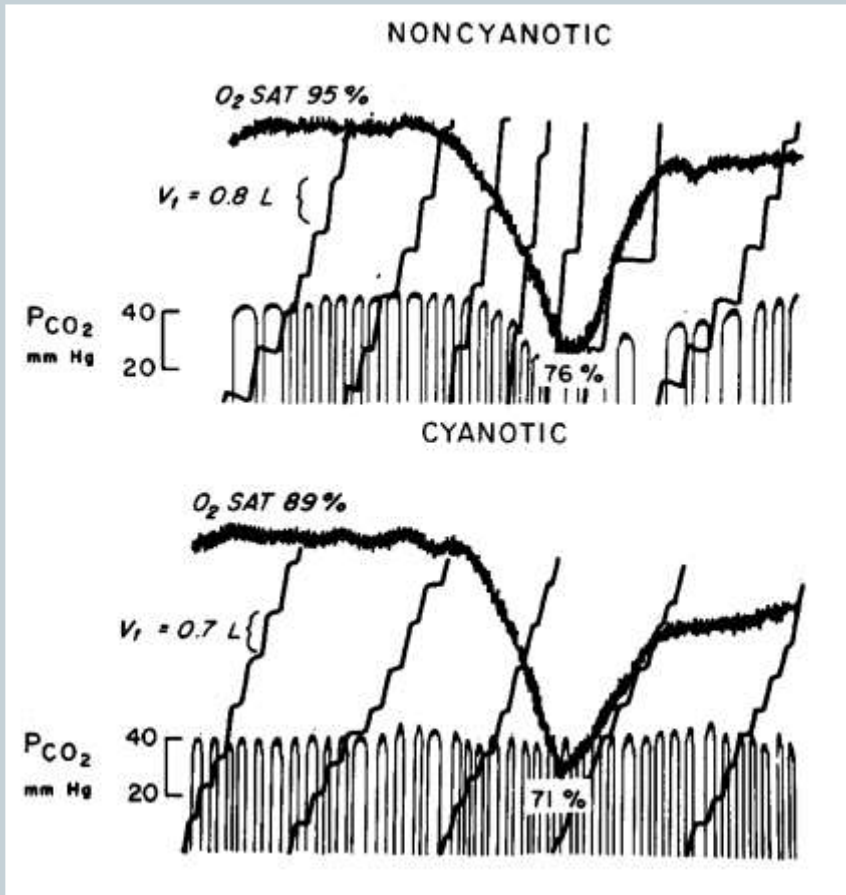
En altitude



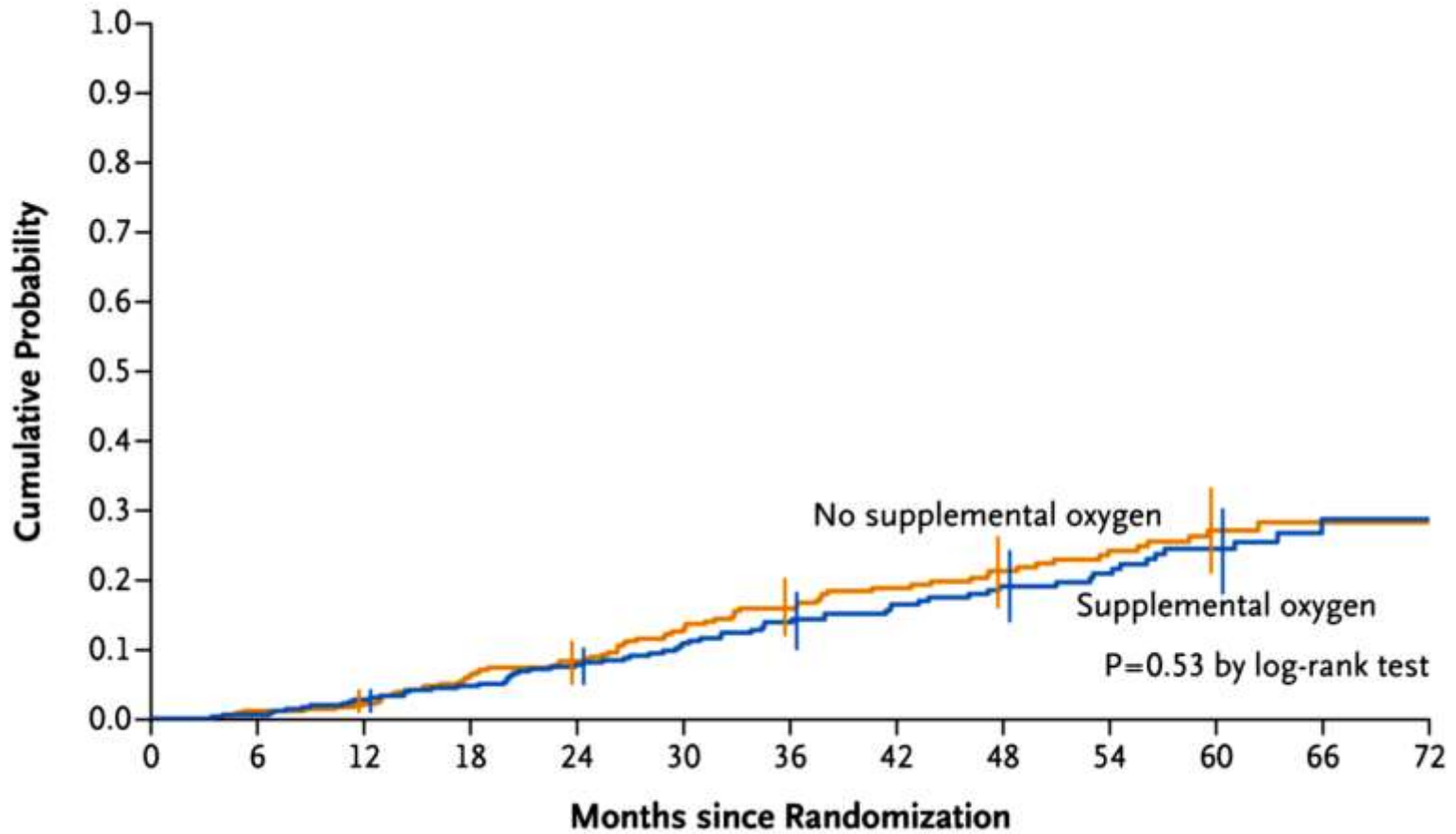
En altitude



Exemple des cardiopathies cyanogènes



Survival

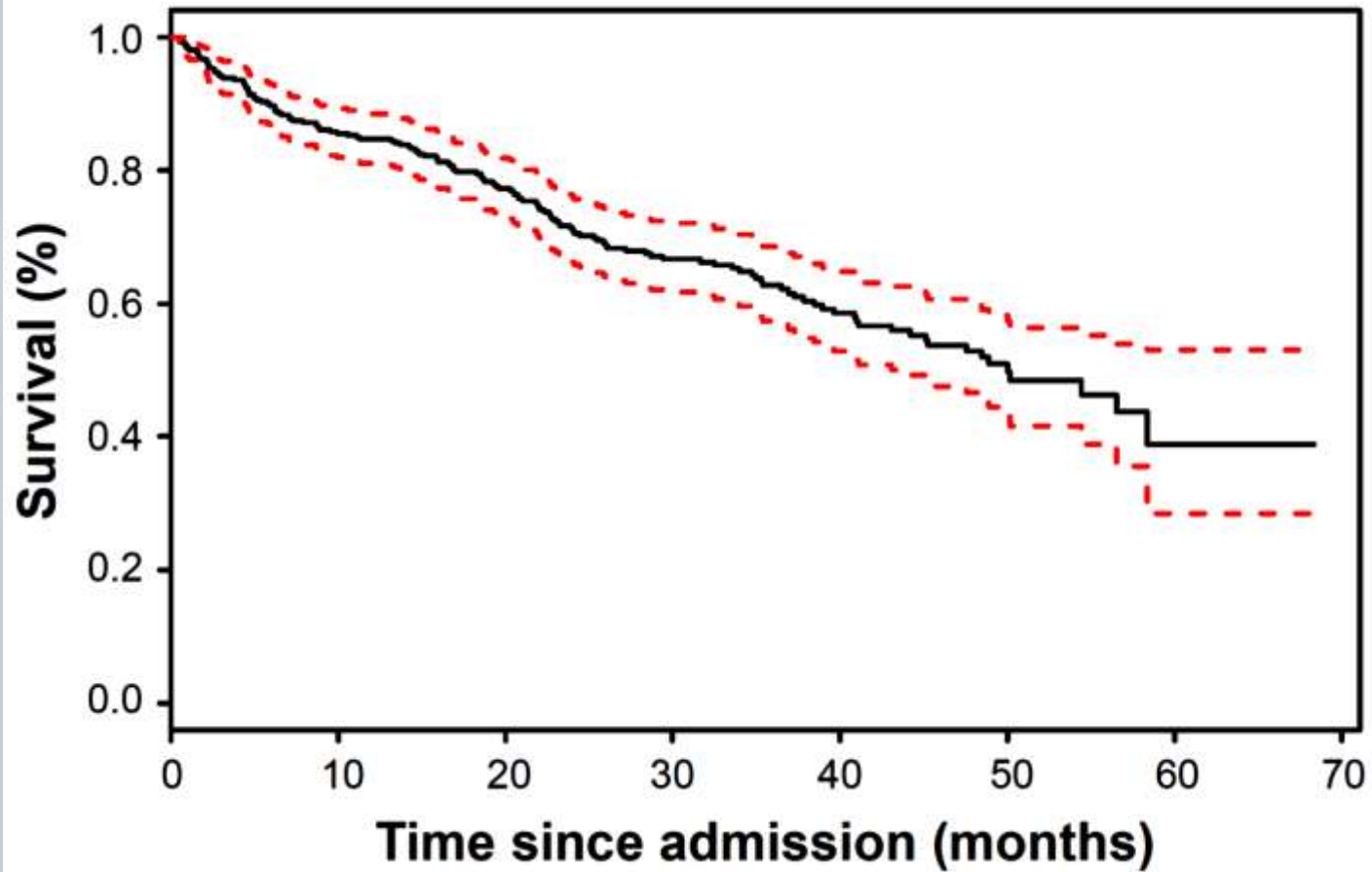


Survie



	All	PaO ₂ <60 mmHg	PaO ₂ ≥60 mmHg	p
n, %	887	146 (16%)	741 (84%)	
Age, yr	64 [57; 72]	65 [58; 74]	64 [57; 72]	NS
Sex, M/F	653/234	110/36	543/198	NS
paO ₂ , mmHg	71 [63; 79]	56 [52; 59]	73 [65; 80]	<0.0001
paCO ₂ , mmHg	40 [37; 43]	44 [40; 50]	39 [36; 43]	<0.0001
pH	7.42 [7.40; 7.44]	7.42 [7.40; 7.45]	7.42 [7.40; 7.44]	0.6614
FEV ₁ , % predicted	48 [33; 63]	35 [25; 47]	51 [36; 65]	<0.0001
FVC, % predicted	82 [68; 98]	71 [58; 92]	83 [69; 99]	<0.0001
RV, % predicted	166 [131; 209]	186 [143; 229]	161 [131; 205]	0.0063
TLC, % predicted	113 [100; 129]	117 [101; 131]	113 [100; 128]	NS
RV/TLC, %	57 [48; 65]	64 [54; 69]	56 [48; 63]	<0.0001
DLCO, mL/min/mmHg	13.8 [9.2; 18.9] ^a	8.0 [5.6; 10.9] ^b	14.8 [11.0; 19.7] ^c	< 0.0001
SGRQ	37 [23; 52]	57 [42–68]	45 [32; 58]	<0.0001
6MWD	400 [305; 470] ^d	305 [266; 393] ^e	410 [320; 480] ^f	<0.0001
3-year mortality	79 (9%)	20 (14%)	59 (8%)	0.026

Lors d'une pathologie aigüe





Campbell summarised this issue eloquently in 1967 when he said “Better a year at a PaO_2 of 50 mm Hg (6.7 kPa) than an hour at a PaO_2 of 20 mm Hg (2.7 kPa)”.

Hypoxémie aigüe et
chronique

Hypercapnie aigüe et
chronique

Cas cliniques

Conclusion

Hypercapnie aigüe



Lors d'une pathologie aigüe

Hypoventilation centrale

- Toxiques
- Causes neurologiques

Epuisement respiratoire

- Asthme aigu grave
- Neuro-musculaire

Exacerbation

- BPCO post-tabagique
- IRC restrictive
- Sd obésité-hypoventilation

En réanimation

- SDRA
- Post-extubation

Réversibilité



Table 1—Arterial Blood Gas Data during Successful Resuscitation from Severe Hypercapnia

Time	pH	PaCO ₂ , mm Hg*	PaO ₂ , mm Hg*	HCO ₃ ⁻ , mEq/L	Base excess, mEq/L
Admission	6.60	375	40	34	-16
5 min of mask ventilation	6.91	151	244	29	-9
25 min of mechanical ventilation	7.08	68	56	25	-7
90 min of mechanical ventilation	7.19	58	65	21	-5

*Conversion of traditional units to SI: 1 mm Hg = 0.133 kPa.

Des effets bénéfiques



Table 1. – Immuno-modulatory and protective effects of acidosis

Inhibition of xanthine oxidase and oxygen radical formation

Reduced neutrophil respiratory burst

Reduced leucocyte and vascular endothelial cell cytokine release

TNF- α

IL-8

IL-6

Inhibition of neutrophil chemotaxis

Changes in cellular adhesion molecule expression

Inhibition of NO synthases

Impairment of phagocytosis

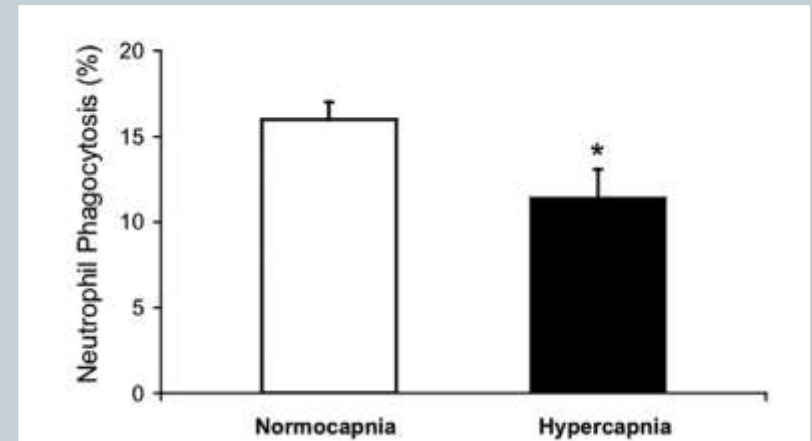
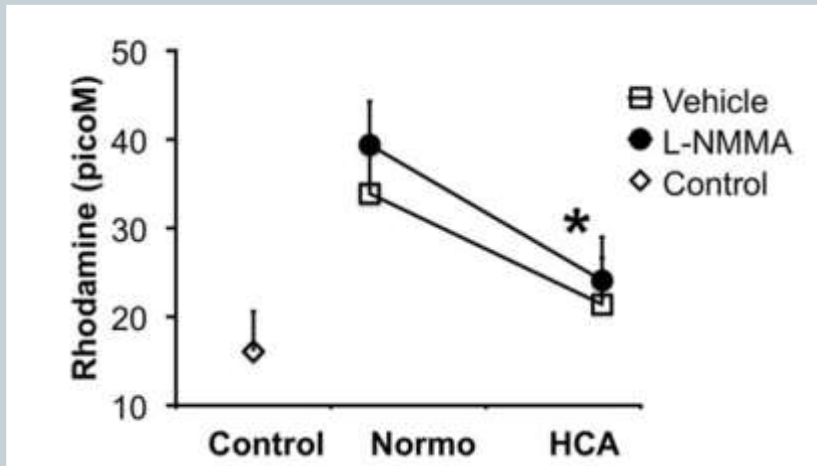
Decreased antibody synthesis

Increased complement activation

Effets discordants ?

Hypercapnic Acidosis Reduces Oxidative Reactions in Endotoxin-induced Lung Injury

Alistair D. Nichol, F.C.I.C.M., Ph.D.,* Donall F. O’Cronin, F.C.A.R.C.S.I., M.D.,†
Finola Naughton, F.C.A.R.C.S.I.,# Natalie Hopkins, Ph.D.,‡ John Boylan, F.C.A.R.C.S.I.,§
Paul McLoughlin, M.R.C.P., Ph.D.||



Quels effets ?

Neurologiques

- ↗ Ventilation
- Vasodilatation cérébrale
- Stimulation sympathique

Cardiovasculaire

- ↗ FC, PA, contractilité
- ↗ Retour veineux

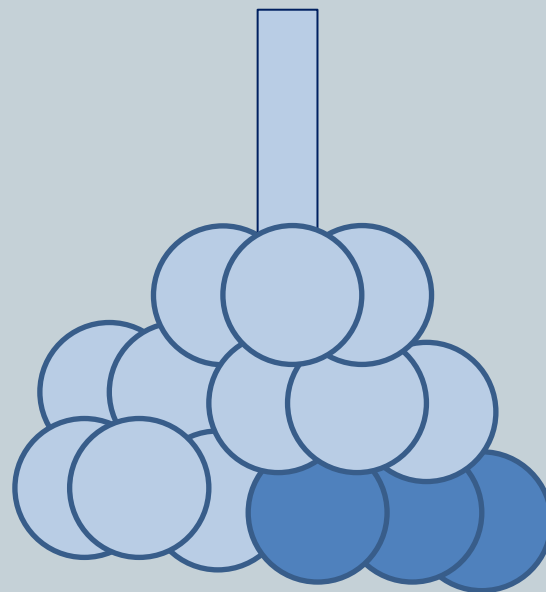
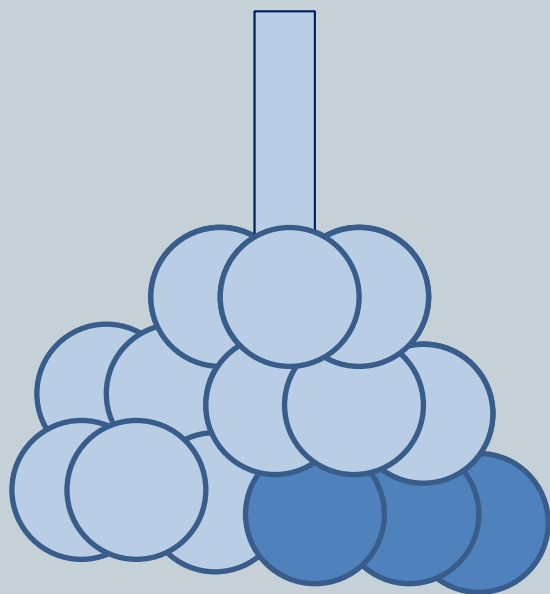
Métabolique

- ↘ Consommation O₂
- ↗ Cétose / acide lactique

Sanguin

- ↗ Ht, Hb
- Affinité Hb/O₂
- ↘ EPO

Une histoire du SDRA



Une histoire du SDRA



Table 3

Descriptive analysis of the complications and clinical outcomes of patients over the course of the period of mechanical ventilation

Comp	Severe hypercapnia	Mortality in the intensive care unit			<i>p</i> value	OR
		<i>N</i>	Odds ratio	95% CI		
Barotr						.001
Sepsis						.456
Ventil	Crude	1899	1.68	1.35–2.10	0.000	.779
Cardic						.001
Renal	Adjusted	1137	2.40	1.67–3.46	0.000	.013
Hepati						.959
Hemat	After matching	342	1.58	1.04–2.41	0.032	.874
Durati						.405
Length of ICU stay (days)		16 (9, 41)		16 (9, 41)		.548
Length of hospital stay (days)		19 (9, 35)		20 (11, 35)		0.366
ICU mortality		270 (62.5%)		729 (49.6%)		<0.001

Exacerbation hypercapnique



Table 2 Patient outcomes

mIPAP-72 h (cmH ₂ O)	17.5 ± 4.4
pH-t1	7.30 ± 0.06
pH-t2	7.33 ± 0.07
pCO ₂ -t1 (mmHg)	75.3 ± 16.8
pCO ₂ -t2 (mmHg)	71.9 ± 14.7
dNIV-24 h (hours)	13.8 ± 5.5
dNIV-48 h (hours)	23.2 ± 10.3
dNIV-72 h (hours)	30.3 ± 14.5
Days of NIV (days)	5.1 ± 3.4
Length of stay (days)	8.6 ± 6.2
NIV failure	11 (12.4%)
Mortality	10 (11.2%)

Hypercapnie chronique

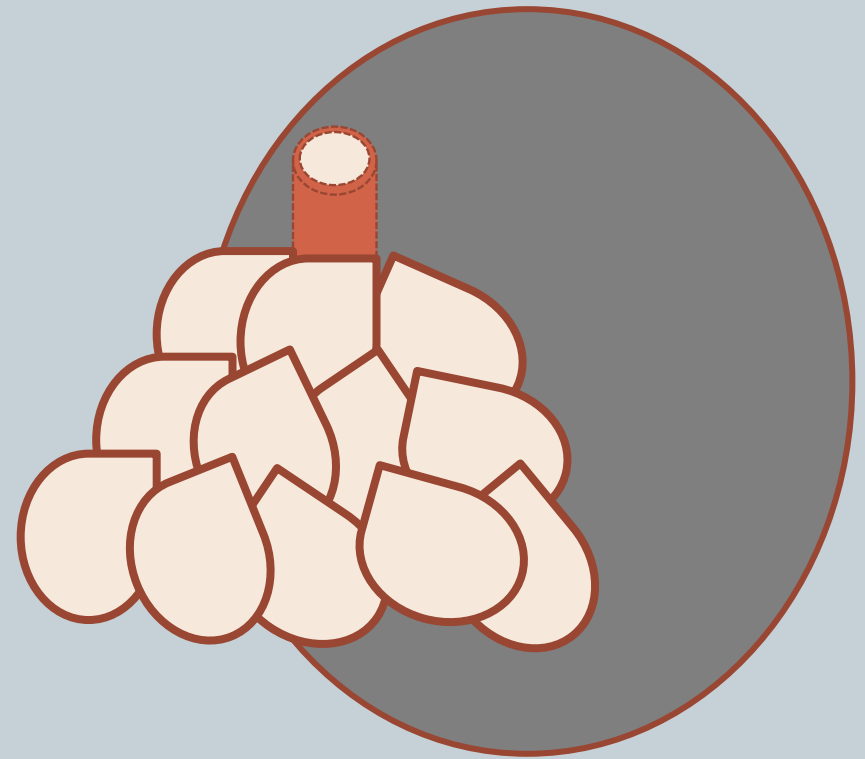
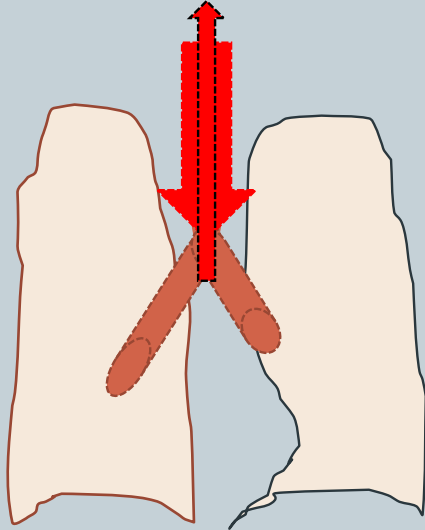


Pourquoi ?

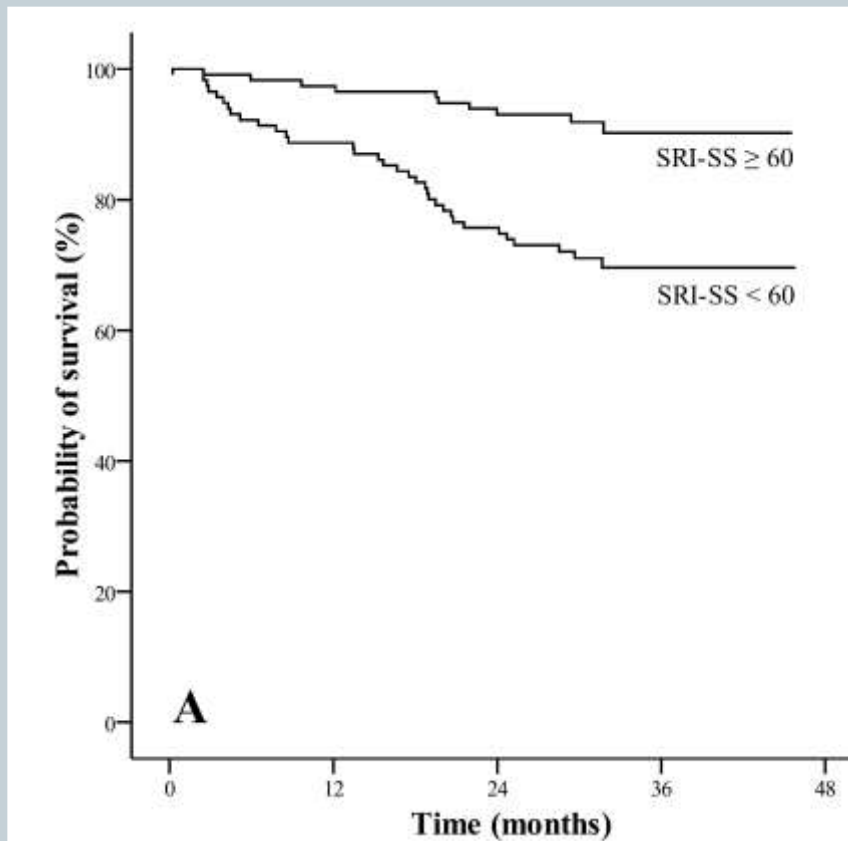


- Insuffisance respiratoire chronique
 - Obstructive
 - Restrictive
 - Neuro-musculaire
- Augmentation du travail respiratoire
- Déficit (neuro)musculaire

Physiopathologie



Pronostic



- Pronostic plus sombre dans la BPCO
- Dénutrition
- QdV
- VNI

Après une exacerbation



- Après une exacerbation hypercapnique
- Mortalité aigüe : 10%
- 1 an : 43%

Hypoxémie aigüe et
chronique

Hypercapnie aigüe et
chronique

Cas cliniques

Conclusion

Cas 1



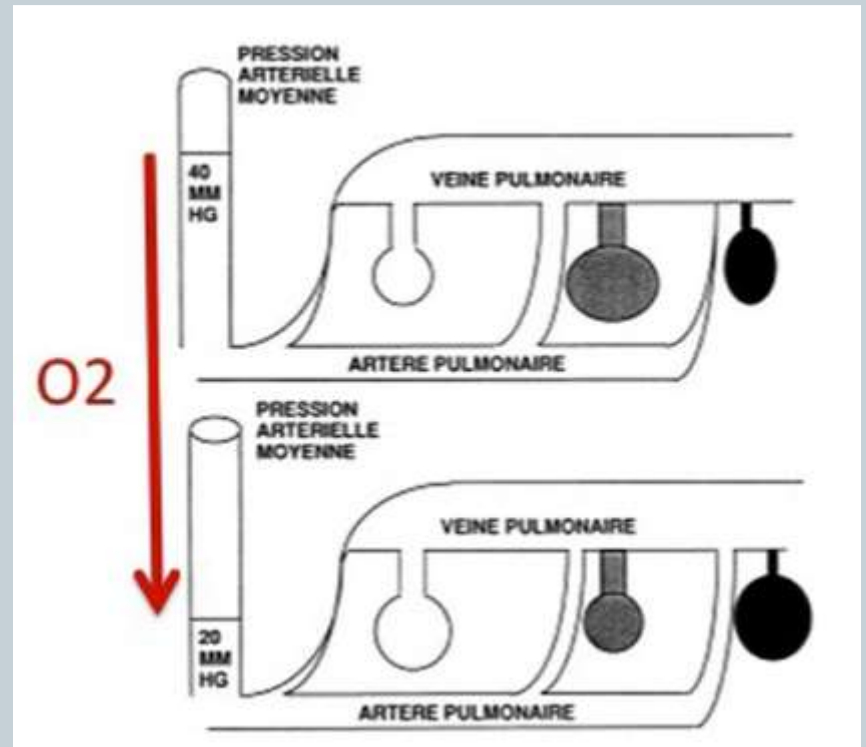
- H, 60 ans, BPCO post-tabagique
- Exacerbation de BPCO post-tabagique
- SpO₂ : 91% sous 3L d'O₂
- Effort : Désaturation à 81%
- Légère majoration dyspnée sans signe de lutte

pH	7,35
PaO ₂	65
PaCO ₂	54
HCO ₃ ⁻	32

- Quelle conduite à tenir ?

Hyperoxie

- Mécanismes d'adaptation:
 - Effet Haldane ?
 - \searrow Ventilation ?
 - Levée de vasoconstriction hypoxique



Cas 2



- F, 65 ans
- EP traitée depuis 4 jours

- Désaturation à 76% en AA
- Mise sous 15L d'O₂ : 82%
- FR: 12/min
- Pas de dyspnée, pas de signe de lutte

pH	7,43
PaO ₂	41
PaCO ₂	30
HCO ₃ ⁻	26

- Quel diagnostic évoquer ?
- Quel mécanisme ?

- Quelle CAT ?

Cas 3



- H, 71 ans, BPCO
- Première exacerbation
- Hypercapnie à 58 mmHg

- Dyspnée au moindre effort
 - (EVA: 9/10)
 - Arrêt après qqs mètres

pH	7,32
PaO ₂	69
PaCO ₂	64
HCO ₃ ⁻	28

- Quel mode de réhabilitation ?

- Quelle CAT ?

Cas 4



- F, 48 ans, pneumonie à pneumocoque
- SpO₂: 92 % sous OHD
60L/min FiO₂ 60% au fauteuil

pH	7,48
PaO ₂	52
PaCO ₂	28
HCO ₃ ⁻	20
Lactate	3,1

Cas 5



- H, 35 ans, SDRA COVID19
- IOT depuis 48h
- FiO₂: 90%
- Bradycardie aux aspirations
- Mono-défaillance respiratoire

pH	7,30
PaO ₂	61
PaCO ₂	74
HCO ₃ ⁻	30
Lactate	1,4

- Que faire pour améliorer
- L'hypoxémie ?
- L'hypercapnie ?
- Les deux ?

Hypoxémie aigüe et
chronique

Hypercapnie aigüe et
chronique

Cas cliniques

Conclusion

Les deux sont délétères



- Court terme :

- Facteurs associés à la mortalité hospitalière
- A surveiller
- A contrôler

- Long terme :

- Adaptation physiologique
- Mais pathologique
- Pathologies aiguës sur chroniques
- Facteurs associés (dénutrition, sarcopénie)

Effort en situation aigüe



- Hypoxémie :

- Vigilance en pathologie aigüe
- Progressif
- Selon tolérance respiratoire

- Surveillance SpO₂
- Signes cliniques de gravité

- Hypercapnie

- Peu de risque
- Renforcement musculaire

La réponse ?



- Hypoxémie aigüe

- Risque élevé de mortalité
- Aggravation rapide
- ACR intra-Hospitalier

- Hypercapnie chronique

- Mortalité
- Facteurs aggravants
- Après une exacerbation

Merci de votre attention

