

Poumon et Dyspnée du sportif



Bernard Aguilaniu

HYLAB, Physiologie Clinique & Exercice, Grenoble

Chez l'Homme sain, à VO_2 max

1. les résistances des VA sont ~ repos
2. L'augmentation du volume courant n'entraîne pas $\uparrow$ excessive de la charge élastique
3. Les débits Insp. et Expir. sont à distance de la courbe débit-volume enveloppe maximale
 - Le débit ventilatoire ($\times 10$) et le VT ($\times 5$)
 - Relaxation muscle lisse bronchique ($\downarrow$ tonus para Σ)
 - Augmentation du volume pulm. de fin Inspiration (traction radiale des bronches)
 - Contraction Muscles dilatateurs de glotte qq. msec. avant Diaphragme

Chez l'Homme sain, à VO_2 max

4. Le rapport VA/Q est proche de ~ 1
5. La capacité diffusionnelle des gaz (O_2 et CO_2)
 - Recrutement et dilatation du Volume capillaire pulmonaire de 100 à ~ 250 ml
 - DIO_2 autorise un VO_2 d'environ $60 - 80 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{Kg}^{-1}$ ($4 - 5.5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$)
6. La PaO_2 (et SaO_2) reste proche de la valeur de repos
7. Le travail ventilatoire est négligeable et correspond à $\sim 2-4 \%$ de VO_2 max.

Sémiologie de la Dyspnée du Sportif

« Souffle court »

« Thorax bloqué avec Jambes Coupées »

« Bruits respiratoires inhabituels »

« Toux post exercice »

Causes respiratoires de dyspnée chez l'athlète

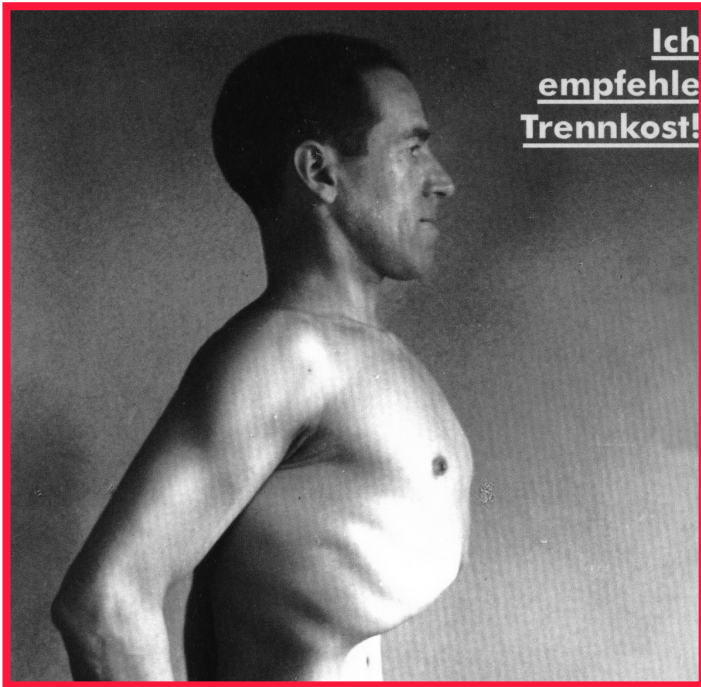
1. Limitation de débit au niveau VA Extrathoraciques
 - [Dysfonction Cordale](#)
2. Limitation de débit au niveau VA Intrathoraciques
 - Asthme Induit Exercice (AIE)
 - Déséquilibre Demande versus Capacité
 - » Vieillissement
 - » Dimensions thoraciques (Femmes, Athlètes Endurants ++)
3. Fatigabilité des Muscles Respiratoires
 - Haute Intensité d'exercice prolongé (> 80 % VO_2 max)

Adduction Paradoxale des Cordes Vocales

7

Deux facteurs physiologiques affectent la réponse pulmonaire à l'exercice intense

La Morphologie et
la dimension du thorax



Le vieillissement



La dimension du Thorax est un facteur ventilatoire limitant de la performance



Smaller Lung Volume Affect Exercise Hyperpnea in Women. Mc Claran, J.Appl Physiol, 1998

Agr... Gaëtan

25 years

175 cm

61 kg

Surf.A : 1.74 m²

FVC (l) :	4.58	(90%)
FEV ₁ (l)	3.86	(89%)
FEV ₁ /FVC %	84	(99%)
FE 25/75 (l/s)	4.04	(80%)
Dlco		
MMV (FEV ₁ x 40)	154 L.min ⁻¹	

20 Watts/min

Barometric Pressure (mmHg) : 752

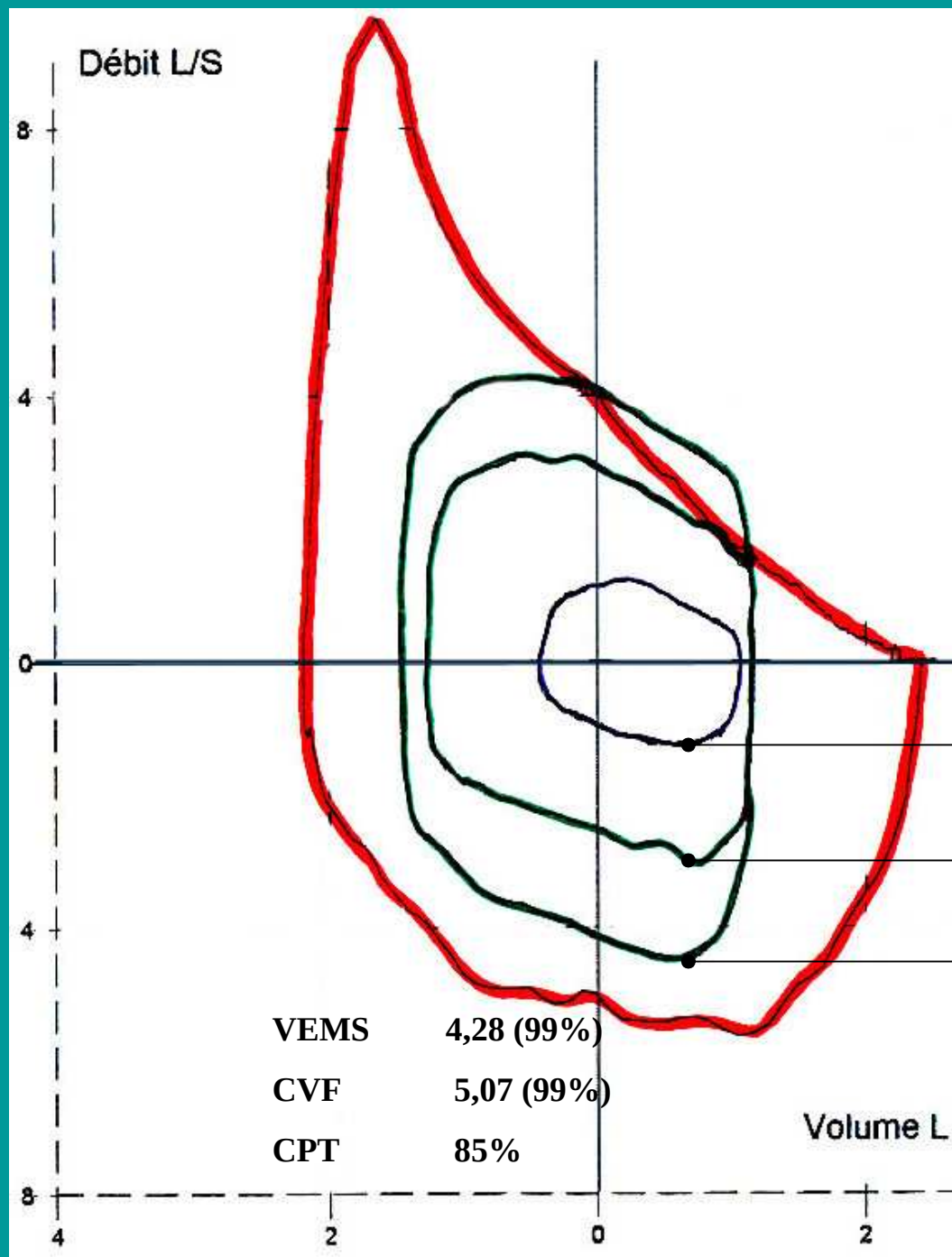
21 Juillet 2000

M^{et}abolic Response

		Constant Load	VTh	Maximal	Maximal Theoretical Values
Workload	Watts	40	240	280	250
VO ₂	ml.min ⁻¹	1015	3181	3566	2830
VO ₂ ₁	ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹	16.6	52.1	58.5	126%
QR		0.94	0.97	1.08	>1.1
Lactatemia	mmol.l ⁻¹			7.4	

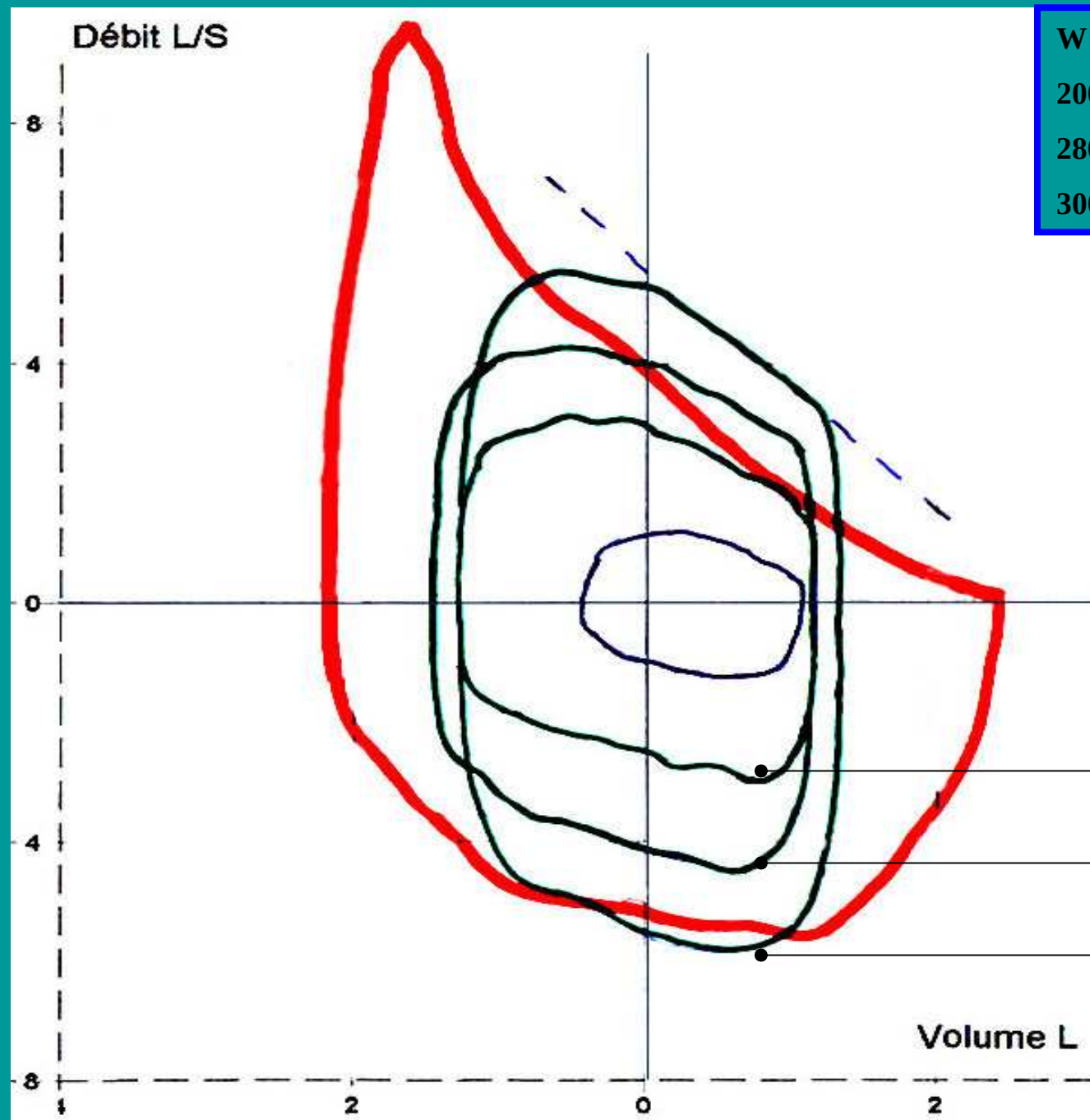
Ventilatory Response

VE	l.min ⁻¹	28	77	105	154
TV	ml	1263	2533	2596	57 % FVC
B.F.	breath.min ⁻¹	22	31	41	<45
VE/VO ₂		28	24	30	26 ± 5 (VTh)
VE/VCO ₂		29	35	27	29 ± 4 (VTh)
Vd/Vt (with Pet CO ₂)		0.19	0.11	0.12	0.2 ± 0.07
Vd/Vt (with PaCO ₂)		0.17	0.07	0.13	-
Ventilatory Reserve	%MMV	83	50	32	> 30



W	VE	VT	FR
40	20	1,5	13
240	61	2,53	31
280	107	2,6	41

- 40 Watts
- 240 Watts
- 280 Watts



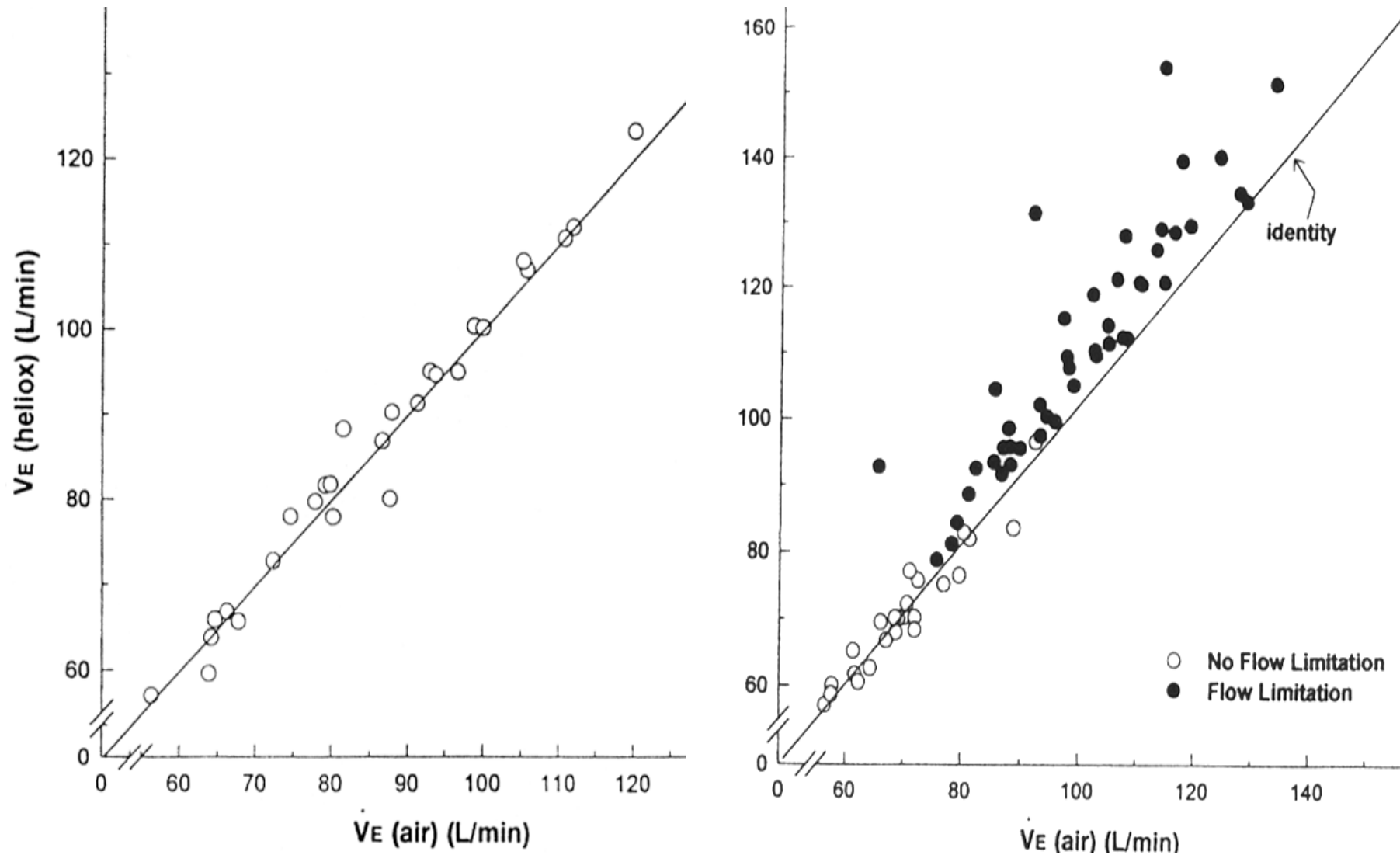
W	VE	VT	FR	PIF/DIP
200	53	2,45	25	51
280	105	2,6	41	76
300	130	2,6	51	98

• 200 Watts

• 280 Watts

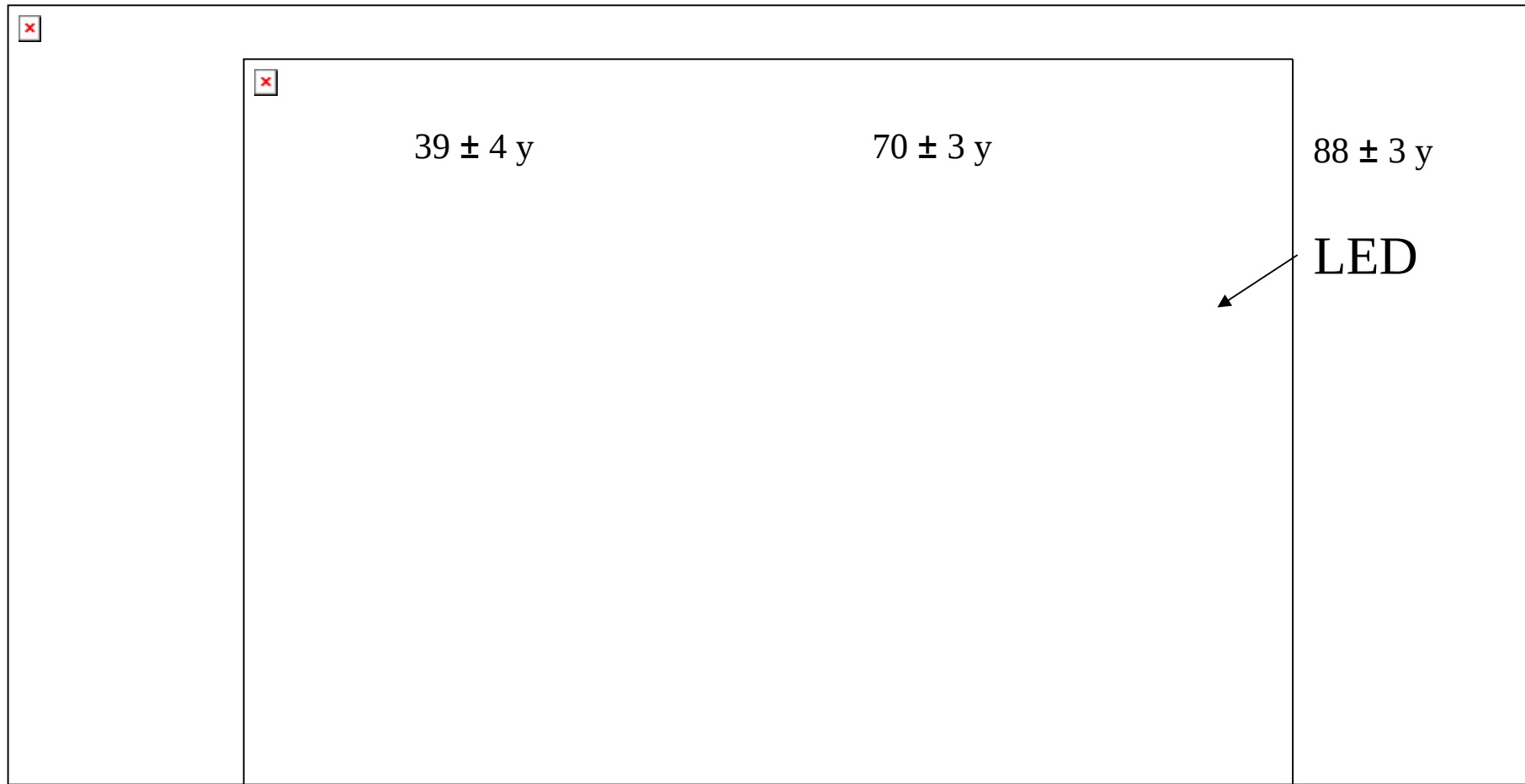
• 300 Watts

La dimension du Thorax est un facteur ventilatoire limitant de la performance



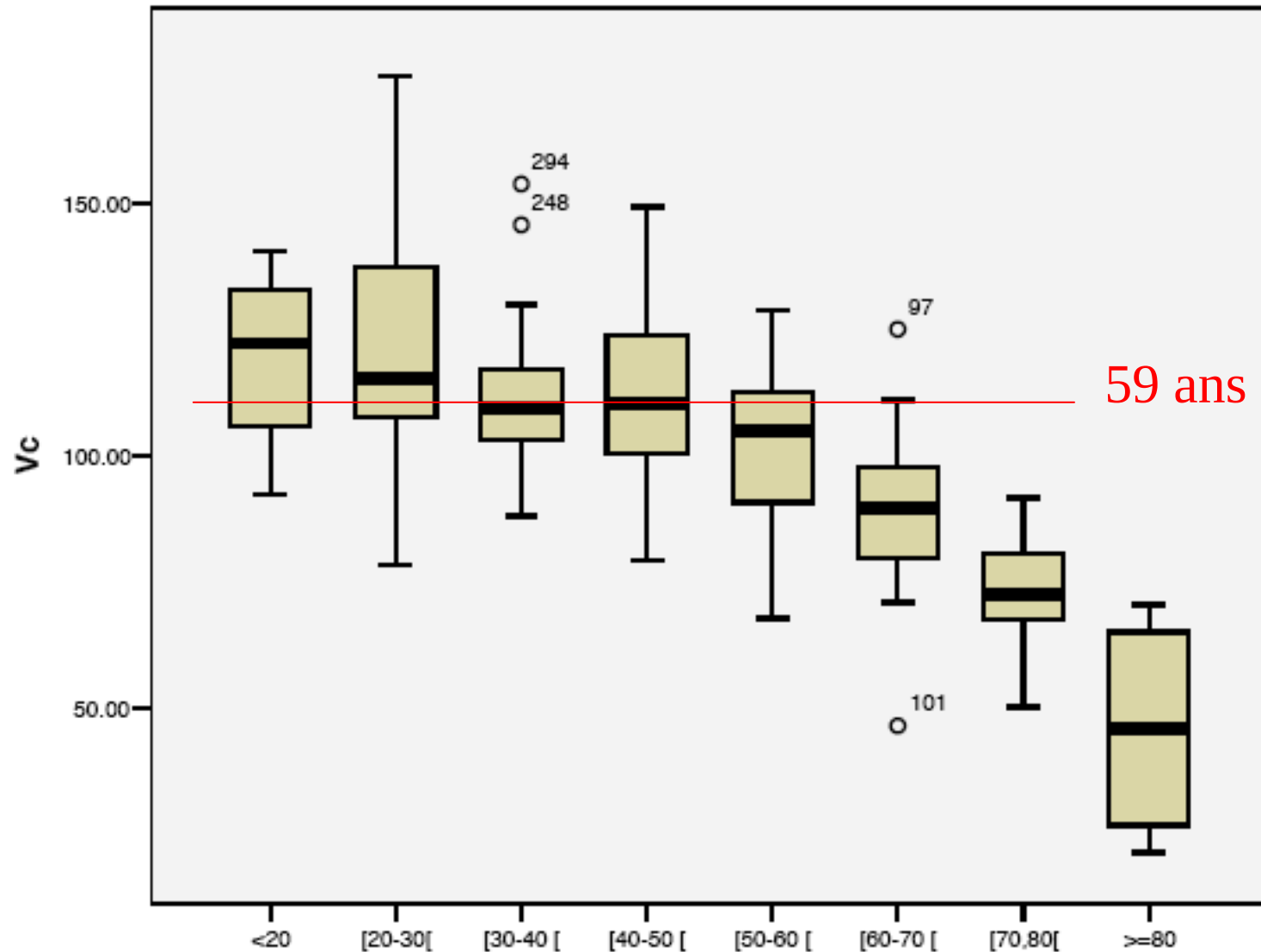
Smaller Lung Volume Affect Exercise Hyperpnea in Women. Mc Claran, J.Appl Physiol, 1998

La Capacité ventilatoire diminue avec l'âge



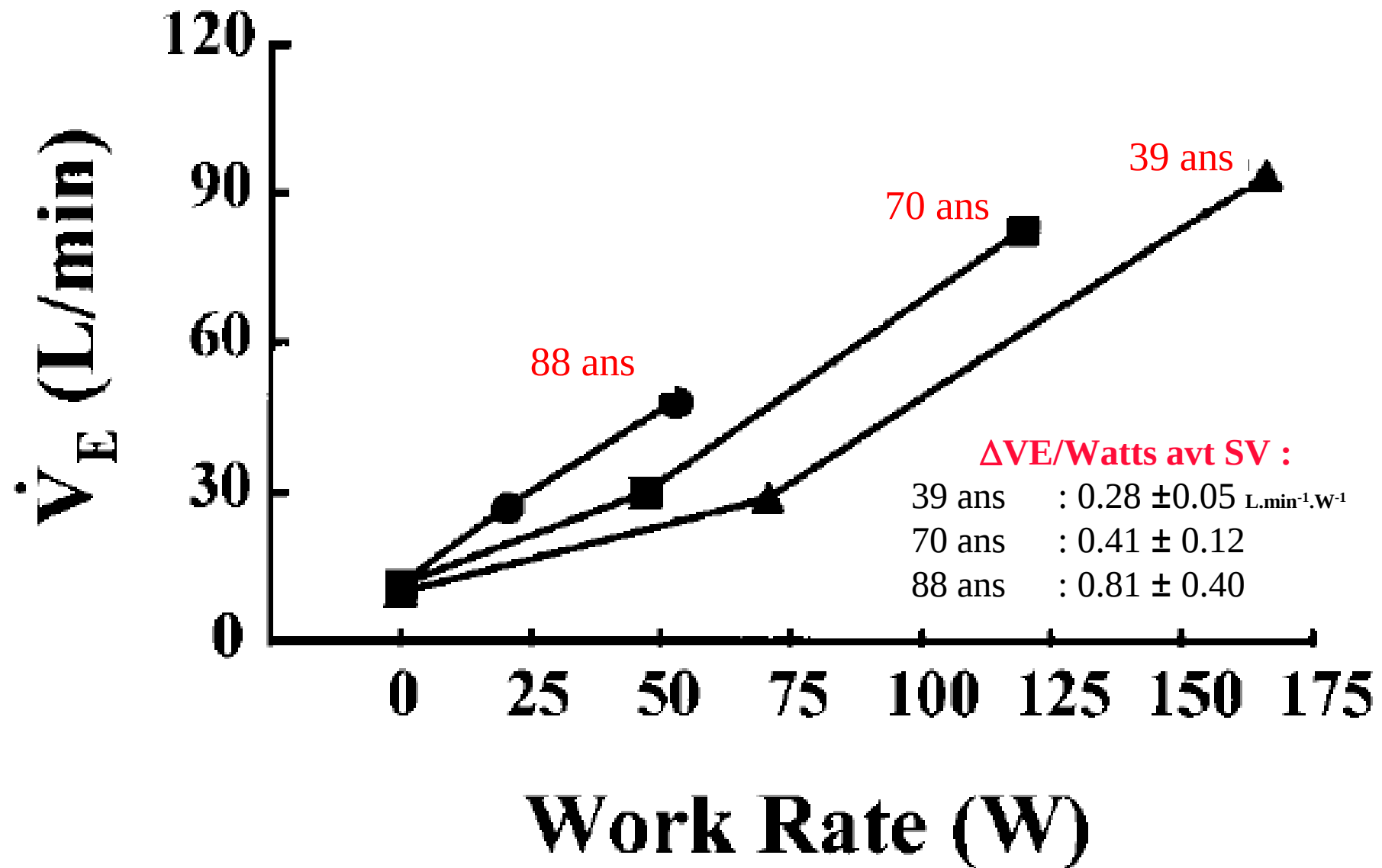
Progressive Ventilatory Constraints with Aging D.S. DeLorey, 1999, AJRCCM

La Capacité diffusionnelle diminue avec l'âge

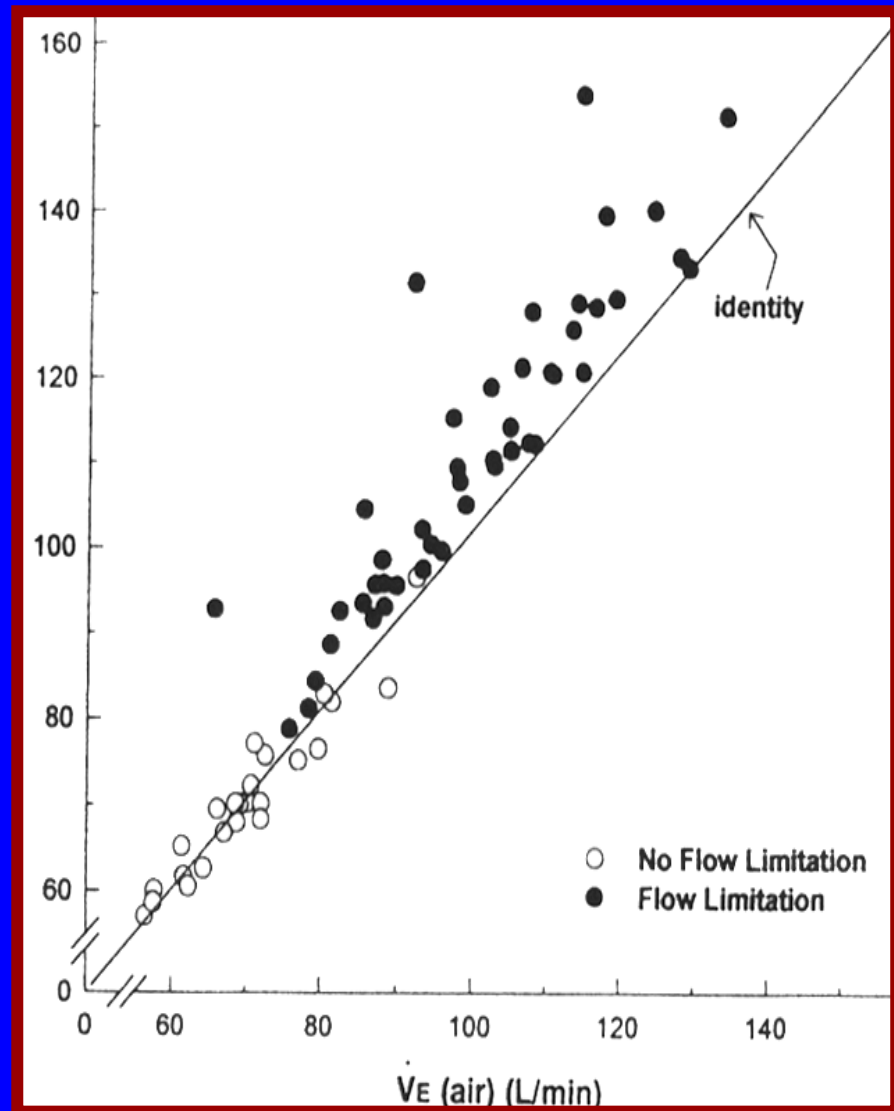
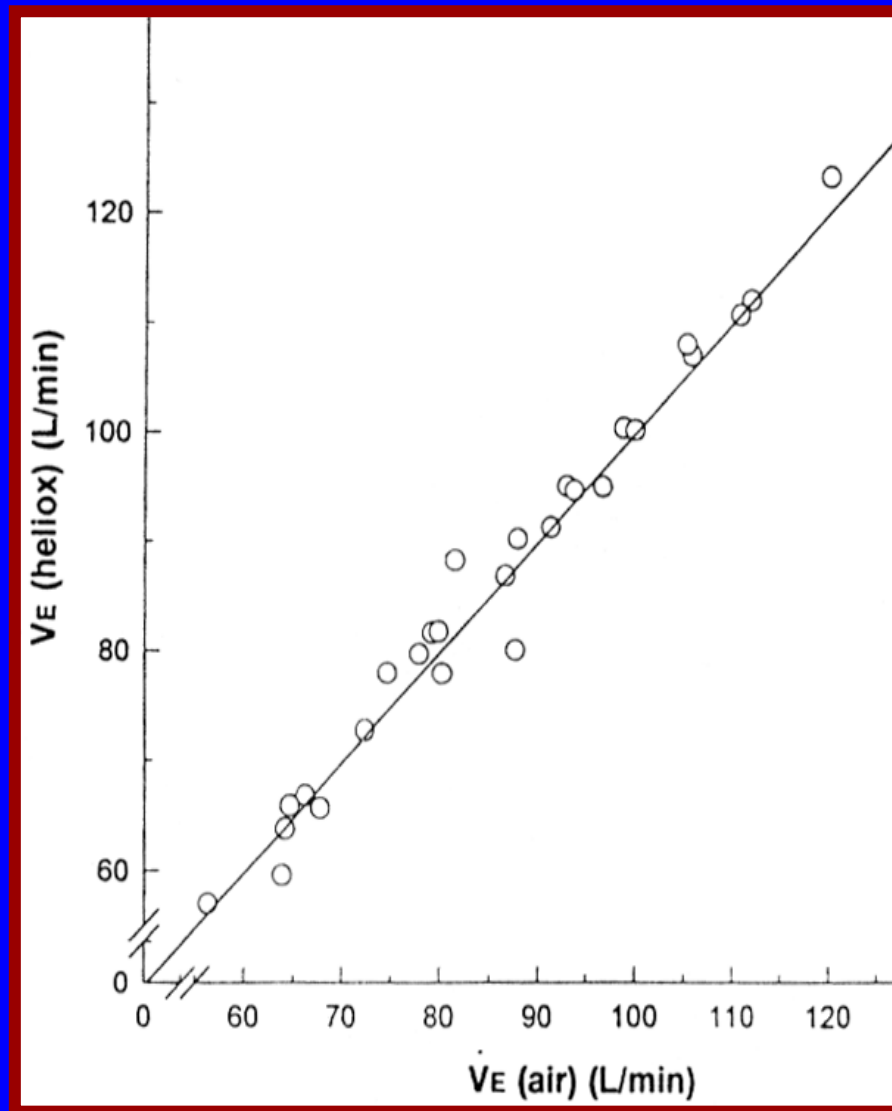


European reference equations for CO and NO lung transfer. Aguilaniu B. et al. Eur Respir. J. 2008

L'efficacité de la ventilation diminue avec l'âge



La dimension du Thorax est un facteur ventilatoire limitant de la performance



McClaran S.R., *J.Appl.Physiol.*, 1998

Consequence of exercise-induced respiratory muscle work

Dempsey J. et al. Respiratory Physiology & Neurobiology, 2006

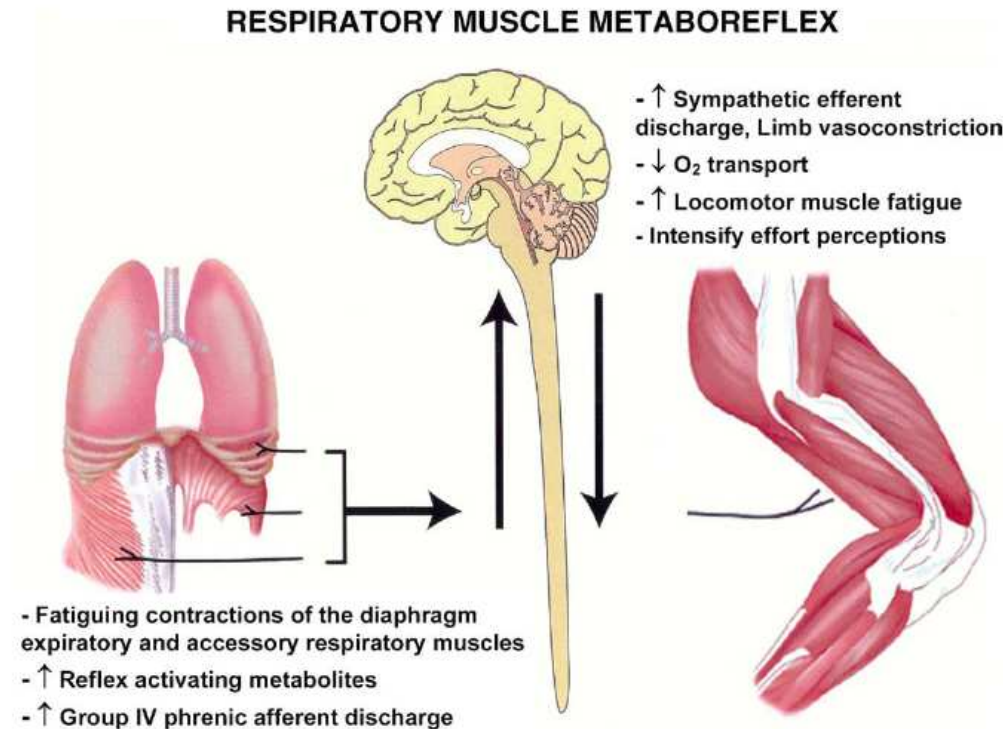
1. Fatigue lorsque l'exercice est prolongé à + 80% VO_2 max

- a. La pression trans Δf après stim supra maximal du phrénique est réduite de 25-50% après X et persiste pd 2 h.
- a. Due en partie à l'importance du travail fourni par le Δf car la fatigue est prévenu par PAV (Proportional Assist Ventilator)

2. Fatigue n'apparaît pas au repos lorsqu'un travail d'intensité identique est réalisé par simulation (apparaît quand W est 2 fois plus élevé qu'à l'exercice maximal).

Consequence of exercise-induced respiratory muscle work

Dempsey J. et al. Respiratory Physiology & Neurobiology, 2006



Hypothèse :

Compétition entre la demande en O₂ du Δf et des muscles des membres.

Métabo Réflexe sympathique d'origine respiratoire diminue la perfusion musculaire périphérique contribuant à la fatigue



Romer L.M., J. Physiol., 2006



Ce qu'il faut retenir

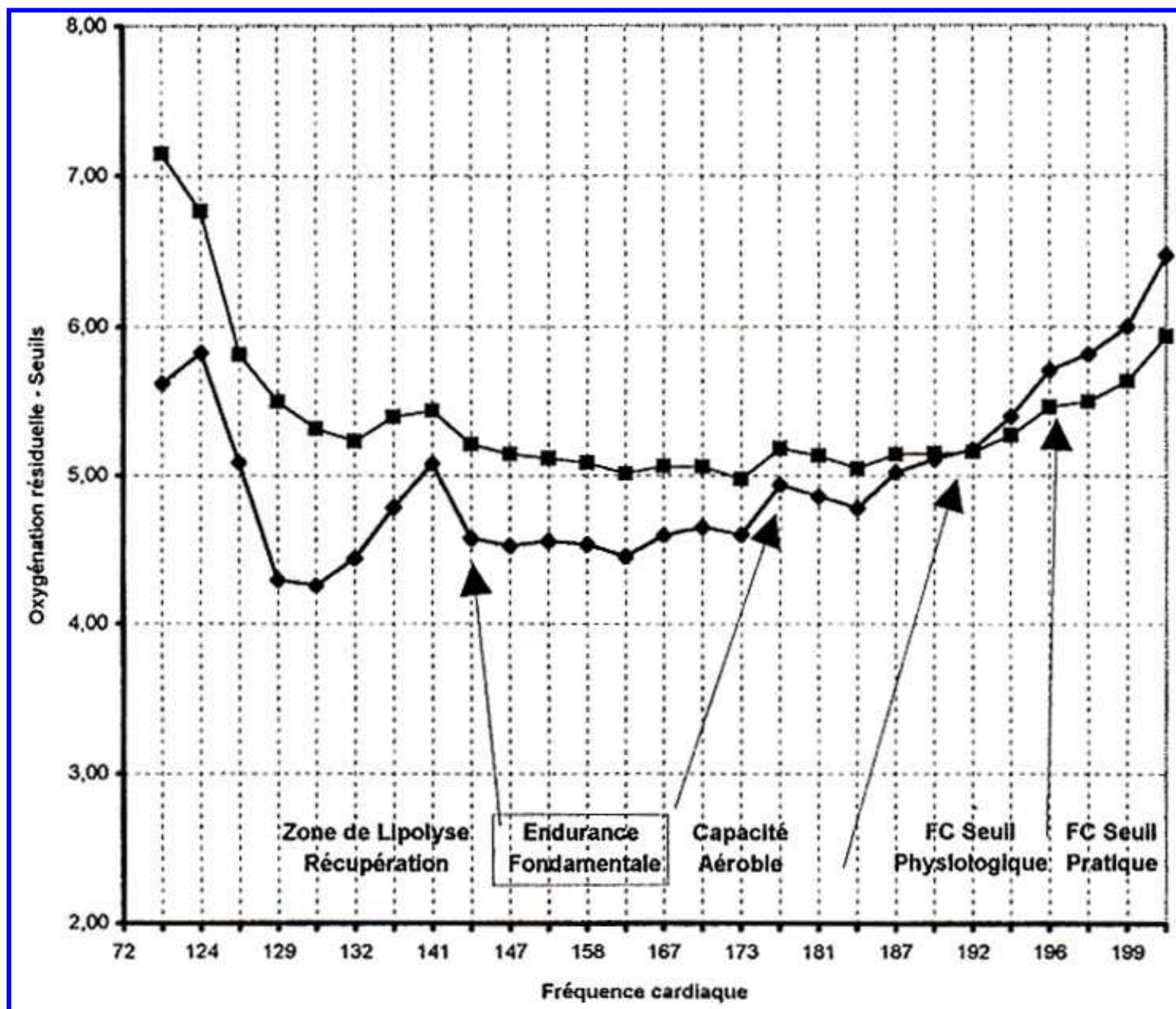
1. Chez les sujets jeunes, l'AIE est souvent (associée à) une dysfonction cordale
2. Il existe fréquemment une limitation ventilatoire à la performance liée à la dimension du système respiratoire (morphologie - âge)
3. Chez l'athlète de haut niveau la fatigue Δf apparaît à intensité élevée et entraîne une diminution du débit sanguin musculaire contribuant à la fatigue périphérique.



Since two years, this 25 years old man is searching a medical explanation because he is not as competitive as he wish to compete in regional race.

During the two past years, he visited several sport centers all over the France. Each center gave him explanations and counselling in terms of training modalities (see figure 1, an example of an esoteric sportive language), nutritional support, psychological conditioning, but he always meet the wall when the race is intense particularly on mountains roads. He clearly explain his feeling of shortness of breath and a ventilatory blocage or thoracic constraints over a certain exercise intensity.

Asthma induced by exercise has been ruled out after several specific and non specific challenging test (exercise, cold air and methacholine).

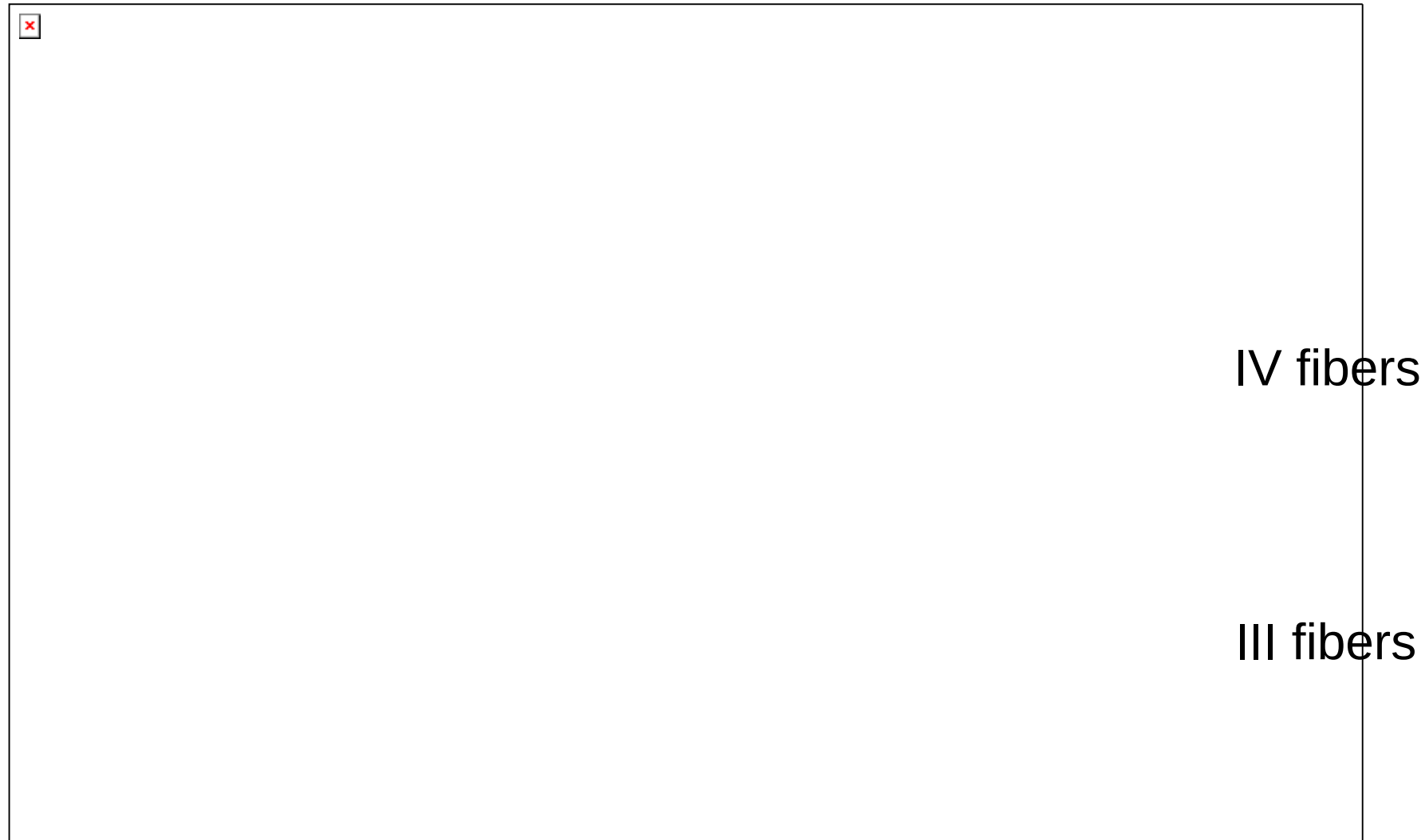


Hemodynamic Response

Heart Rate	beat.min ⁻¹	88	178	186	195
VO ₂ /HR ₁	ml.beat ⁻¹ .kg ⁻¹	0.19	0.38	0.31	0.24
Systolic Pressure	mm Hg	150	160	200	240
Diastolic Pressure	mm Hg	70	80	80	< 90
E _t VO ₂ /E _t Watt	ml.min. ⁻¹ .W ⁻¹			11	10.3 ± 2
Slope HR/VO ₂				2	4 ± 1

Pulmonary Gas Exchange

PaO ₂	mm Hg	89	72	69	
PaCO ₂	mm Hg	36	38	38	
pH		7.50	7.45	7.40	
SaO ₂	%	97	94	92	
PAiO ₂	mm Hg	109	108	112	
P(Ai-a)O ₂	mm Hg	20	36	43	
P(a-et) CO ₂	mm Hg	-5	-8	-6	
Pet CO ₂	mm Hg	41	46	43	



Discharge of group IV phrenic afferent fibers increases during diaphragmatic fatigue. Hill JM, Brain Research. 2000