

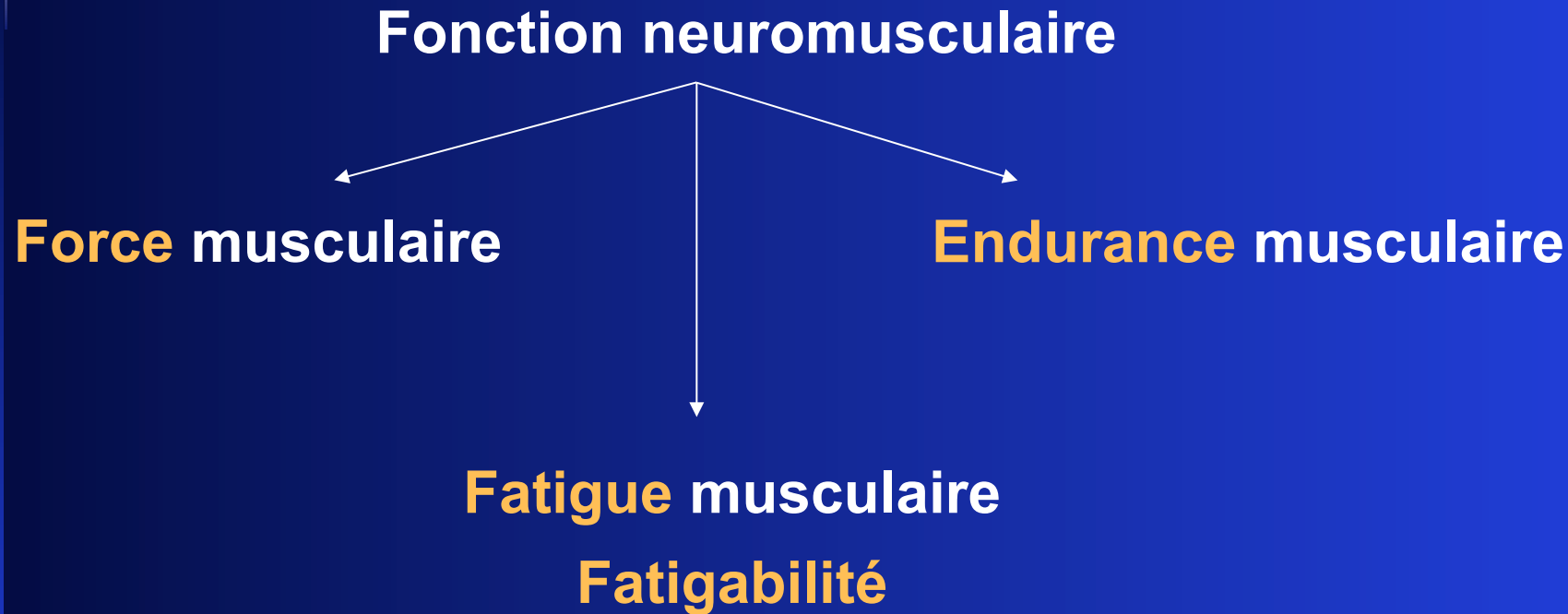
Entraînement des muscles respiratoires

Samuel VERGÈS, PhD

Laboratoire Hypoxie Physiopathologie (HP2), INSERM U1042
Université Grenoble Alpes, CHU Grenoble Alpes, France



Fonction neuromusculaire



La balance respiratoire

Demande
ventilatoire

Capacités des
muscles respiratoires



Exercice

Conditions environnementales
(hypoxie, etc)

Pathologies

Entraînement

Pathologies

Les muscles respiratoires:

Du sujet sain ...



Fatigue des muscles respiratoires à l'effort

P_{imax} & P_{emax}

TABLE 3. Maximal respiratory, elastic recoil, and transdiaphragmatic pressures in runners at the John W. English Marathon

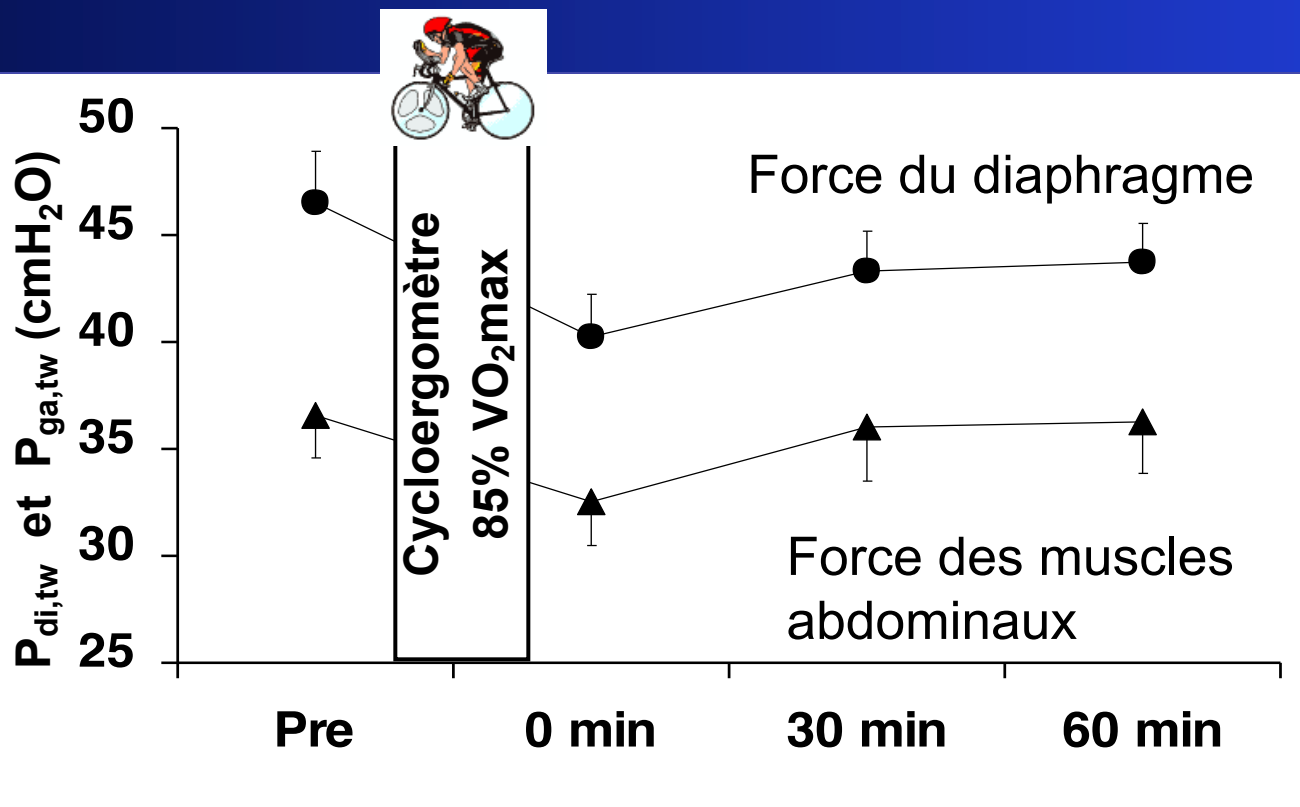
Subj	P _{I_{max}} , cmH ₂ O		P _{E_{max}} , cmH ₂ O		P _{el} , cmH ₂ O		P _{di_{IC}} , cmH ₂ O		P _{di_{MVV}} , cmH ₂ O	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
RH	175	146	245	152	34	36	72 (6)	63 (6)	53.1	38.2
MC	150	132	250	155	32	48	66 (12)	60 (12)	53.8	42.1
EN	170	132	255	195	38	46	90 (9)	73 (9)	54.9	47.3
DM	168	144	210	190	36	34	87 (9)	57 (9)	66.7	45.2
Mean	165.8	138.5	240.0	173.0	35.0	41.0	78.8	63.3	57.1	43.2
±SD	±11.0	±7.6	±20.4	±22.6	±2.6	±7.0	±11.6	±7.0	±4.4	±4.0
P	<0.01		<0.05		NS		<0.10		<0.025	

P_{I_{max}}, maximal inspiratory pressure; P_{E_{max}}, maximal expiratory pressure; P_{el}, maximal elastic recoil pressure; P_{di_{IC}}, maximal transdiaphragmatic pressure during inspiratory capacity minus end-expiratory value (numbers in parentheses represent end-expiratory pressure); P_{di_{MVV}}, average transdiaphragmatic pressure during maximal voluntary ventilation minus end-expiratory value; NS, not significant.

Loke et al. 1982

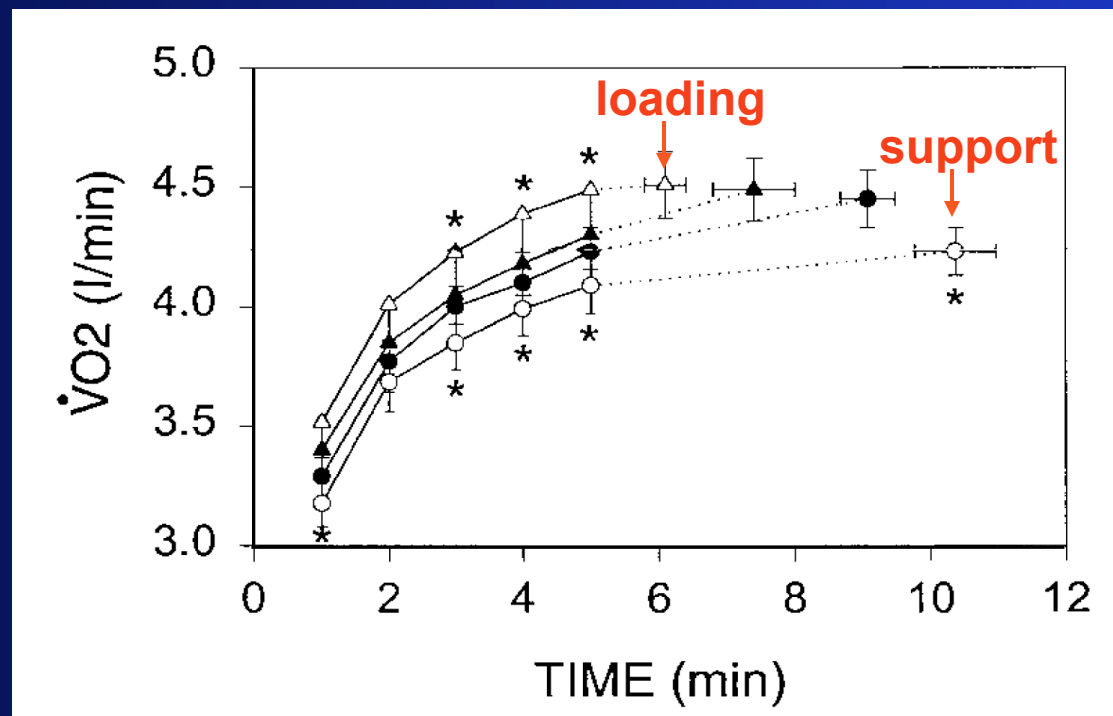
Fatigue des muscles respiratoires à l'effort

P_{di,tw} & P_{ga,tw}



Fatigue des muscles respiratoires et performance à l'effort

Surcharge/assistance ventilatoire à l'effort



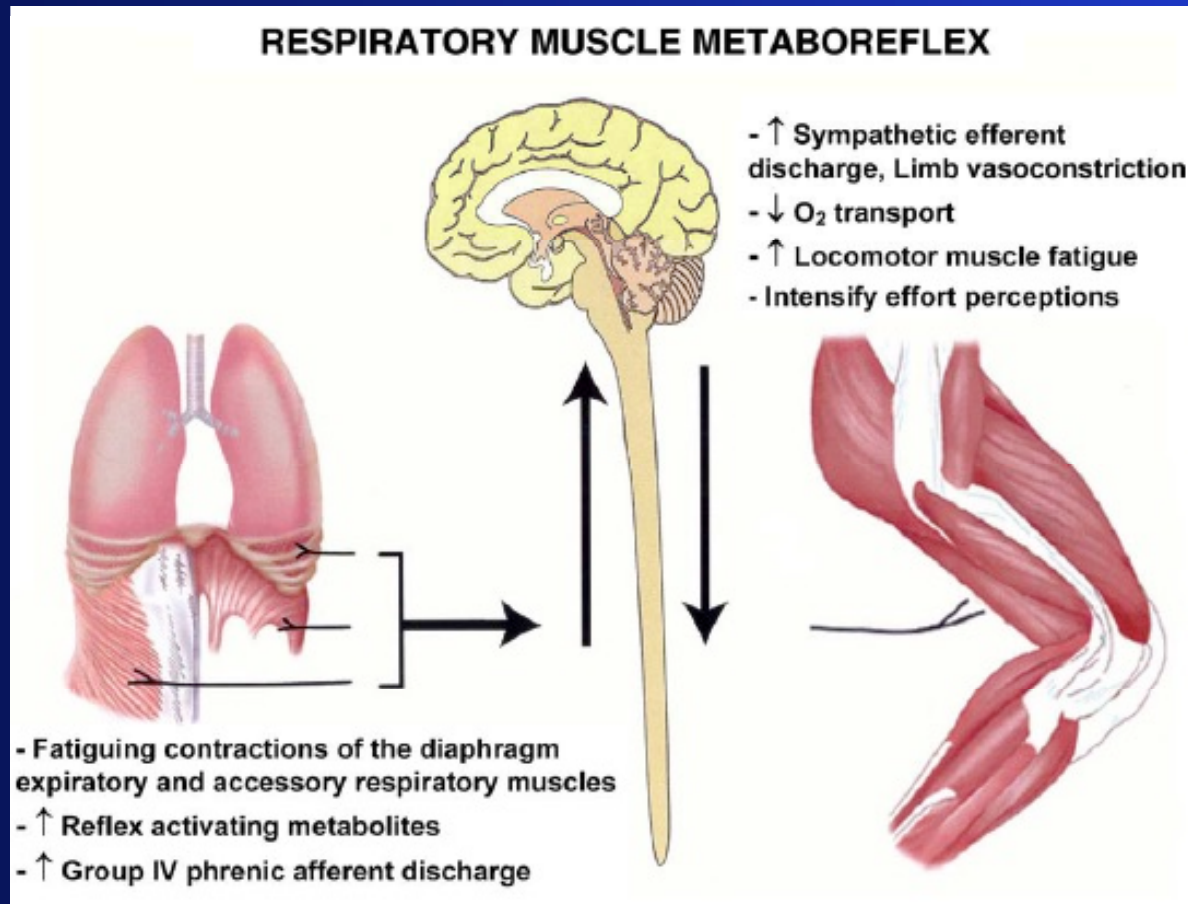
Harms et al. 2000

Fatigue des muscles respiratoires et réponse à l'effort

Effets physiologiques de la fatigue
des muscles respiratoires :

- ↳ Réponse ventilatoire
- ↳ Sensations respiratoires
- ↳ Effets systémiques: Métaboréflexe

Fatigue des muscles respiratoires et réponse à l'effort



Dempsey et al.
2006

« La fatigue des muscles respiratoires
augmente la fatigue des jambes »

Les muscles respiratoires:

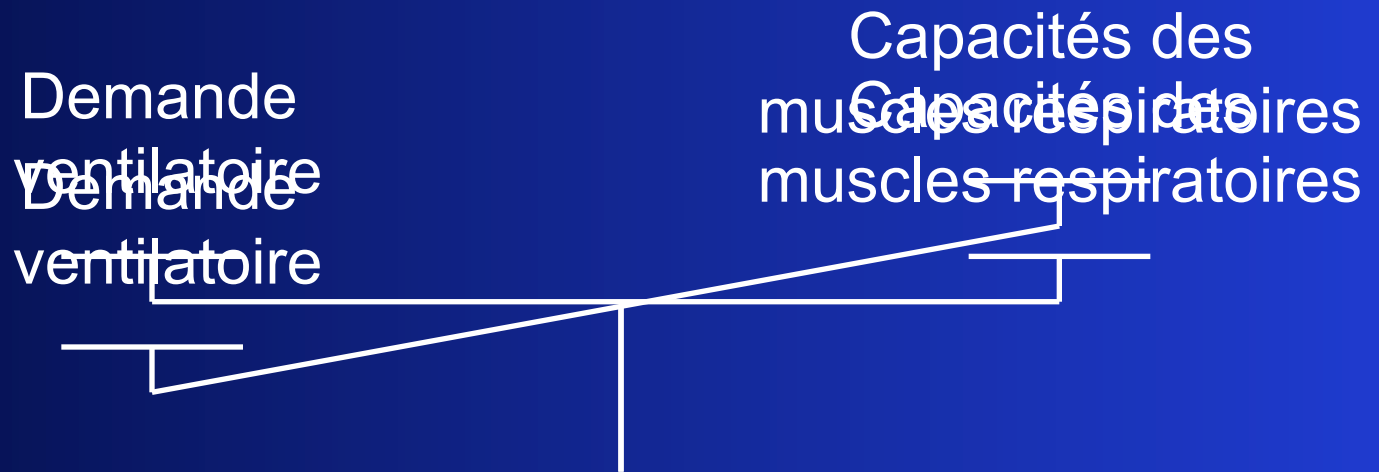


Du sujet sain ...

... au patient



La balance respiratoire



Pathologies restrictives
(scoliose, obésité...)

Pathologies obstructives
(BPCO...)

Pathologies neuromusculaires

Autres pathologies avec
dysfonctions neuromusculaires

Faiblesse et fatigue des muscles respiratoires chez le patient

Patients BPCO

Adaptation ?

Fibres I ↑, Fibres II ↓

Levine et al. 1997

Concentration mitochondriale ↑

Orozco-Levy et al. 1999

Altération ?

Pression inspiratoire/expiratoire maximale ↓

Decramer et al. 1996

Endurance inspiratoire/expiratoire ↓

Ramirez-Sarmiento et al. 2002

Newell et al. 1989

Fatigabilité à l'exercice

Kiroussis et al. 1996

Hopkinson et al. 2006

Mador et al. 2000

Contractilité in vitro, contenu en myosine ↓

Levine et al. 2003

Stress oxydatif

Ottenheijm et al. 2005

Faiblesse et fatigue des muscles respiratoires chez le patient

Insuffisance cardiaque

Anomalies structurales

Lindsay et al. 1996
Lecarpentier et al. 1997

Pression inspiratoire/expiratoire maximale ↓

Mancini et al. 1992

Endurance inspiratoire/expiratoire ↓

Mancini et al. 1994

Fatigabilité des muscles respiratoires accrue

Supinski et al. 1994
Mancini et al. 1992

Faiblesse et fatigue des muscles respiratoires chez le patient

Scoliose

Pression inspiratoire/expiratoire maximale ↓

Lisboa et al. 1985
Kearon et al. 1993

Obésité

Pression inspiratoire maximale ↓ (*position*)

Yap et al. 1995

Endurance inspiratoire ↓

Weiner et al. 1998

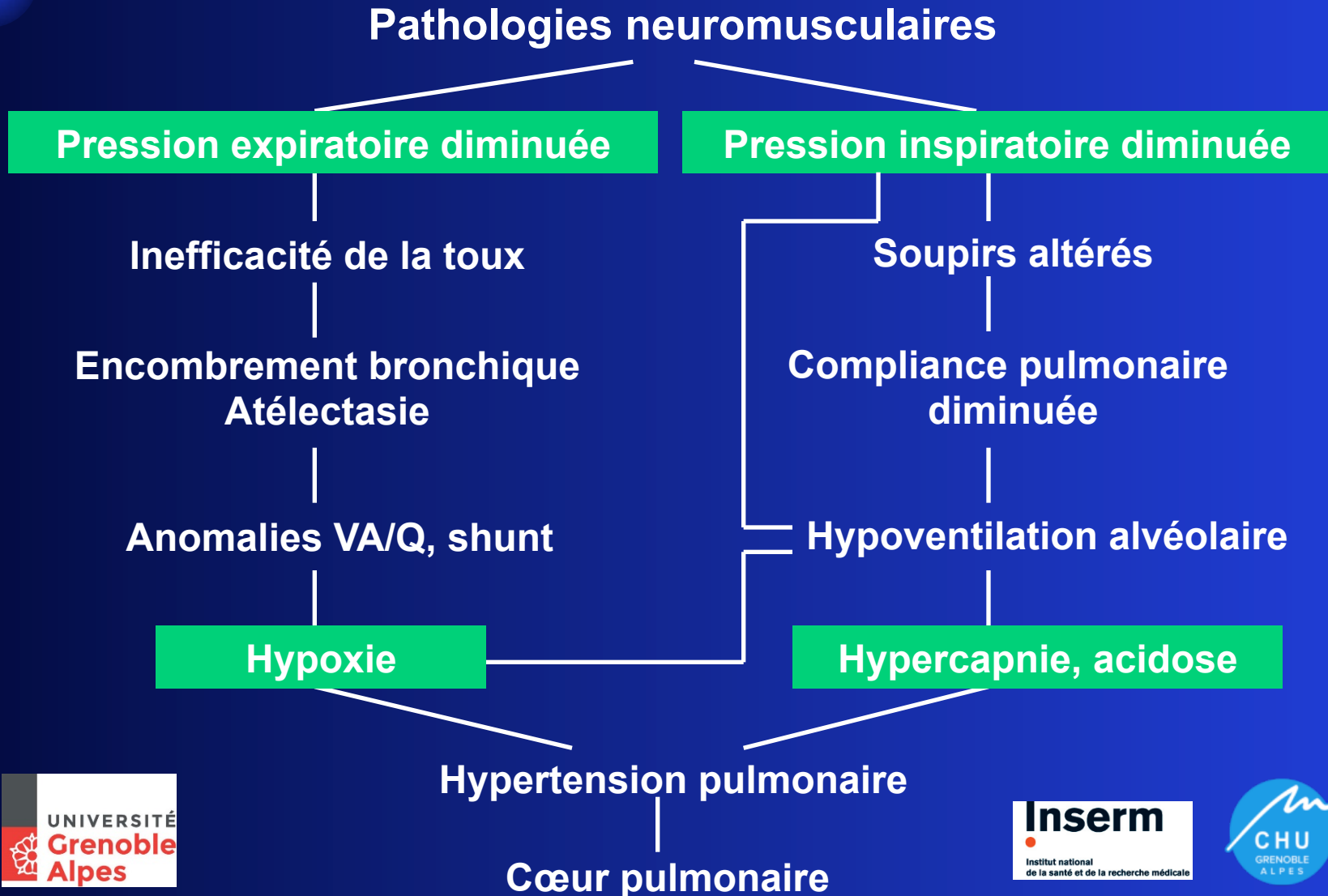
Faiblesse et fatigue des muscles respiratoires chez le patient

Exacerbations chez le BPCO

Table 2 Area of upper limb, lower limb and trunk muscle compartments as assessed by CT scan.

	(Units)	Non-fragile COPD	Fragile COPD	p Value
Upper limb muscles (non-dominant side)				
CSA of middle non-dominant arm	(% Femur CSA)	463 ± 91	395 ± 145	0.353
Lower limb muscles				
CSA of middle right thigh muscles	(% Femur CSA)	1586 ± 193	1557 ± 304	0.905
CSA of middle left thigh muscles	(% Femur CSA)	1566 ± 192	1526 ± 284	0.739
Intercostal muscles				
CSA of right intercostal muscles	(% Femur CSA)	16.7 ± 1.0	14.4 ± 2.1	0.011
CSA of left intercostal muscles	(% Femur CSA)	16.6 ± 1.0	14.5 ± 2.1	0.011
Abdominal muscles				
CSA of right abdominal wall muscles	(% Femur CSA)	572 ± 163	445 ± 240	0.089
CSA of left abdominal wall muscles	(% Femur CSA)	570 ± 143	417 ± 223	0.052
Psoas muscles				
CSA of right psoas muscle	(% Femur CSA)	183 ± 46	183 ± 65	0.684
CSA of left psoas muscle	(% Femur CSA)	191 ± 34	182 ± 60	0.280
Paravertebral muscles				
CSA of right paravertebral muscle	(% Femur CSA)	309 ± 51	295 ± 80	0.646
CSA of left paravertebral muscle	(% Femur CSA)	300 ± 48	298 ± 77	0.973

Faiblesse et fatigue des muscles respiratoires chez le patient



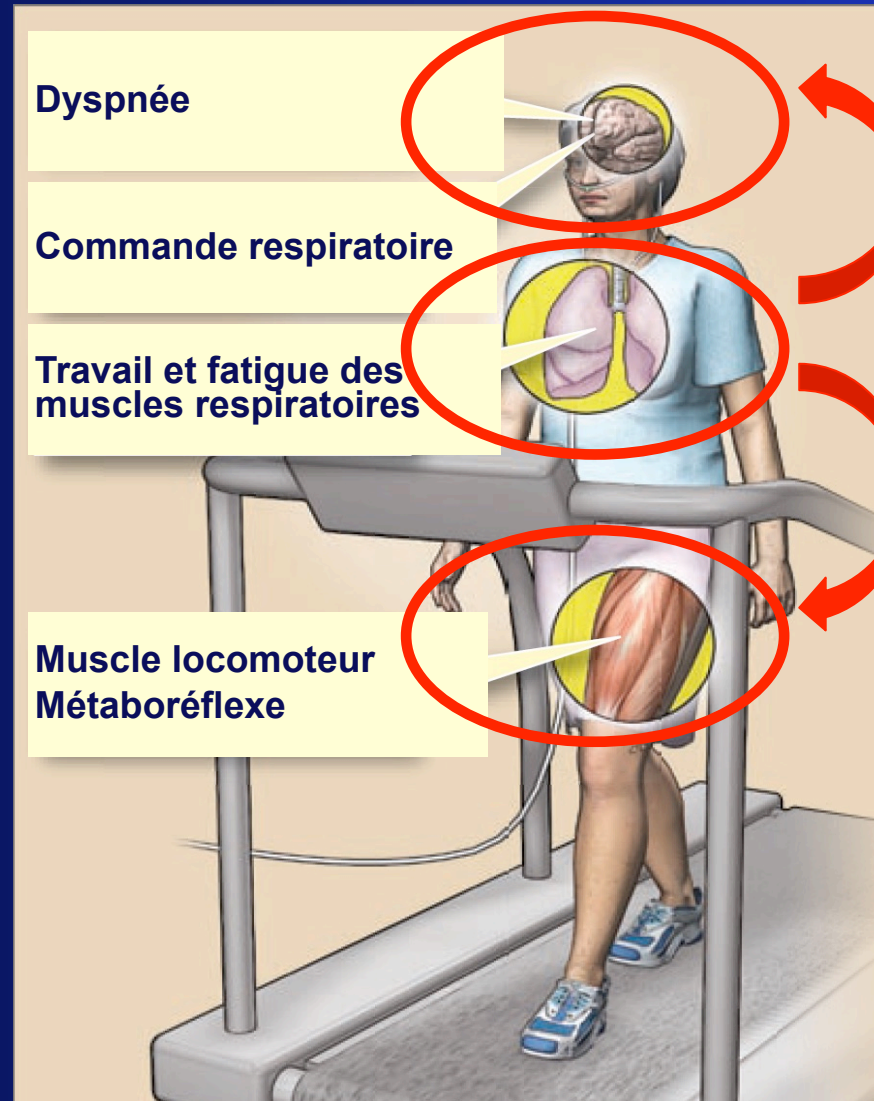
Faiblesse et fatigue des muscles respiratoires chez le patient

Handicap et fonction respiratoire chez le patient neuromusculaire

Table 3 Spearman's rank correlations between specific disability sub-items and respiratory function.

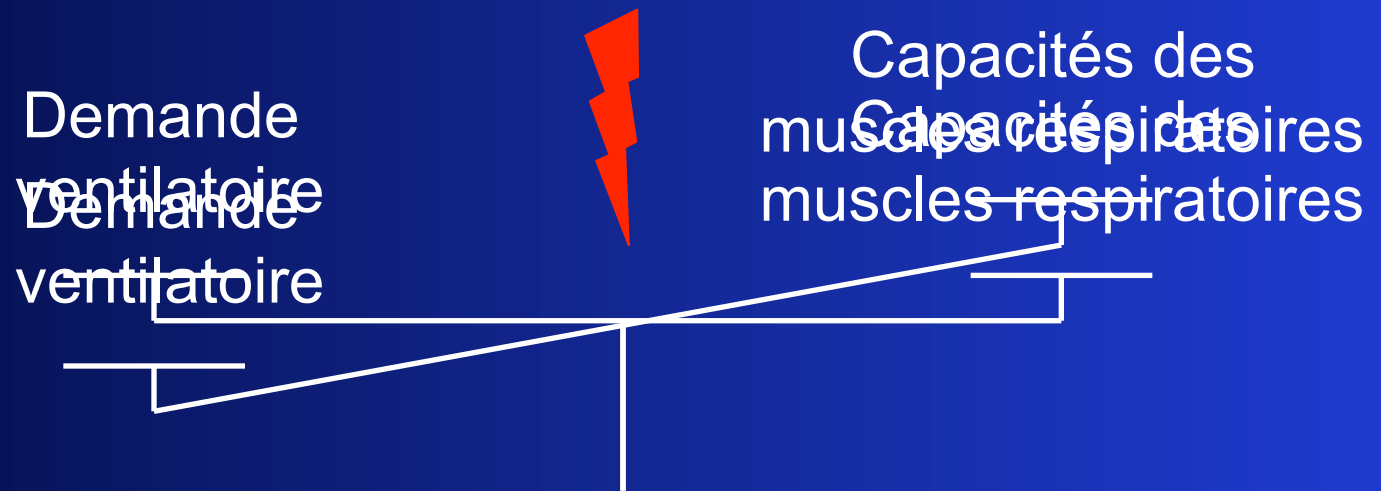
		Health	Dyspnoea	Speech	Cough	Dysphagia	Tot DS
paCO ₂ (mmhg)	rho	0.075	-0.031	0.032	-0.007	0.065	0.017
	p	0.488	0.772	0.770	0.950	0.549	0.877
VC (%)	rho	-0.017	-0.040	-0.108	-0.387(**)	-0.111	-0.219(*)
	p	0.867	0.697	0.297	0.001	0.284	0.033
FEV1 (%)	rho	-0.065	-0.090	-0.116	-0.404(**)	-0.076	-0.244(*)
	p	0.537	0.388	0.268	0.001	0.471	0.018
MIP (cmH ₂ O)	rho	0.007	-0.091	-0.288(**)	-0.351(**)	-0.242(*)	-0.317(**)
	p	0.946	0.407	0.008	0.001	0.026	0.003
MEP (cmH ₂ O)	rho	0.012	0.052	-0.284(**)	-0.414(**)	-0.150	-0.214(*)
	p	0.913	0.639	0.008	0.01	0.171	0.050

Faiblesse et fatigue des muscles respiratoires chez le patient



La balance respiratoire

Entraînement des muscles respiratoires



L'entraînement des muscles respiratoires:

Du sujet sain ...

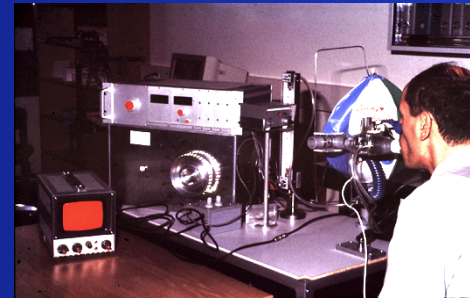


Entraînement des muscles respiratoires: Méthodes

Entraînement contre résistance (inspiratoire ou expiratoire)



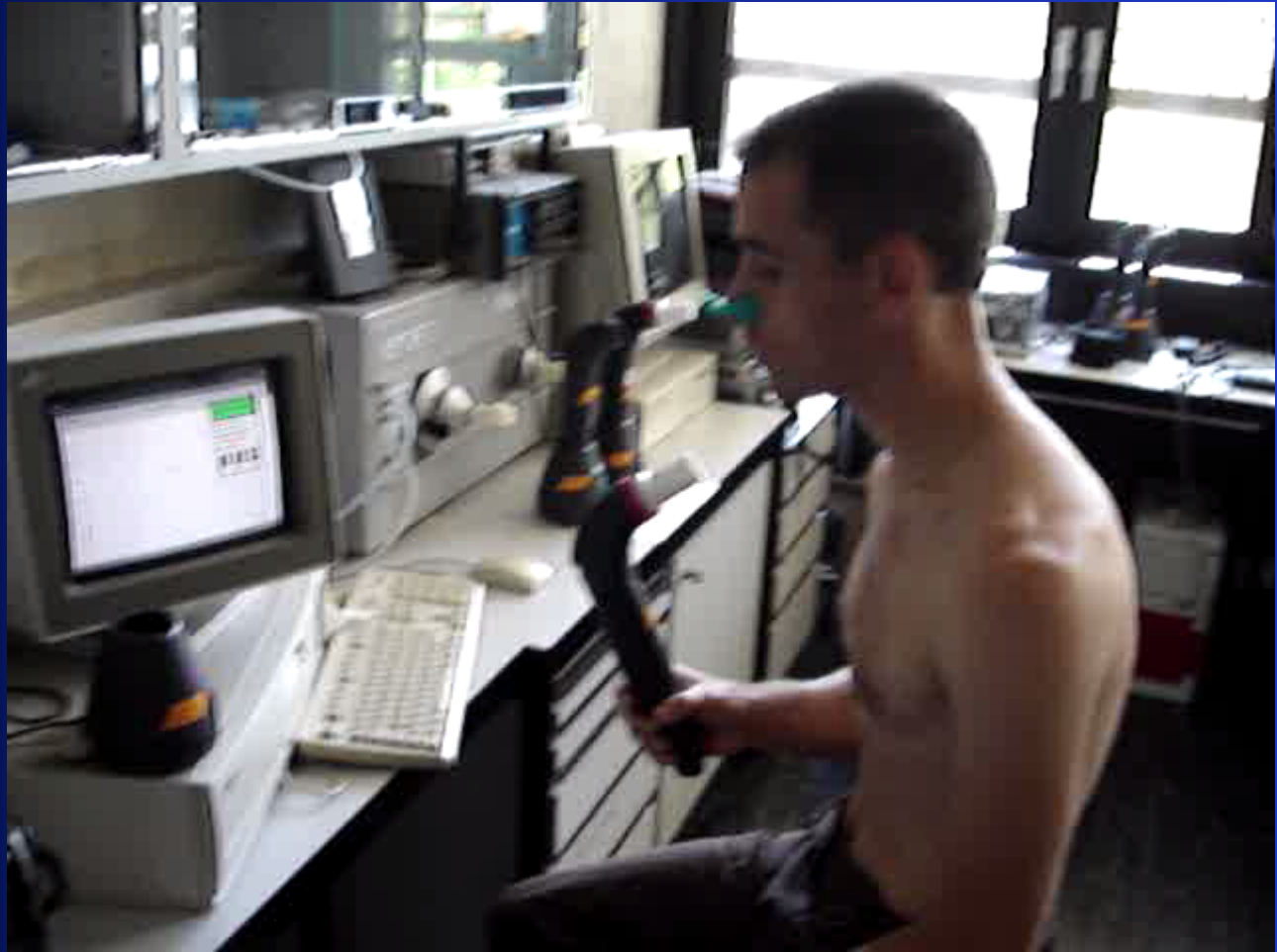
Entraînement en endurance par hyperpnée



Entraînement des muscles respiratoires: Méthodes



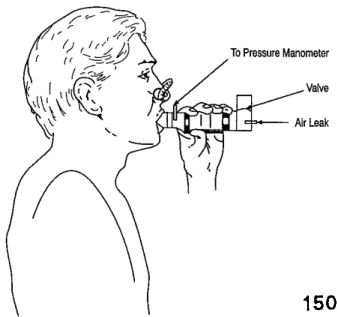
DeVilbiss® RT2



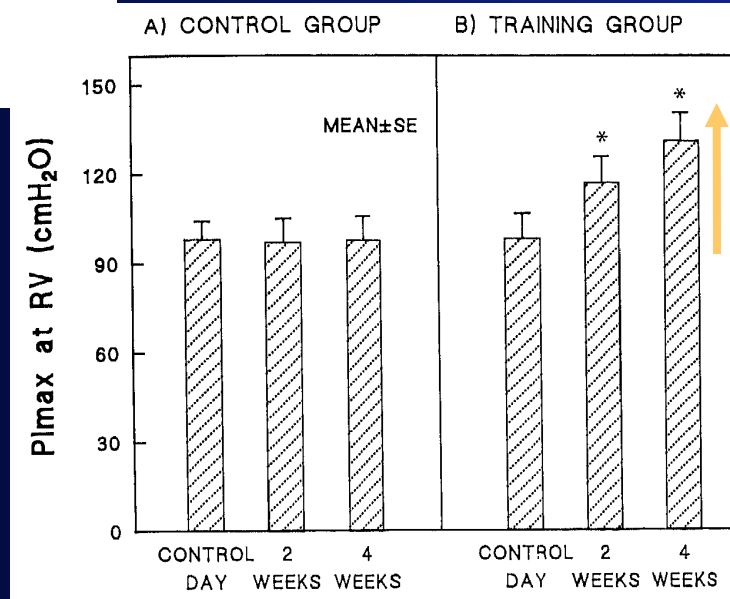
Entraînement des muscles respiratoires: Méthodes



Entraînement des muscles respiratoires chez le sujet sain

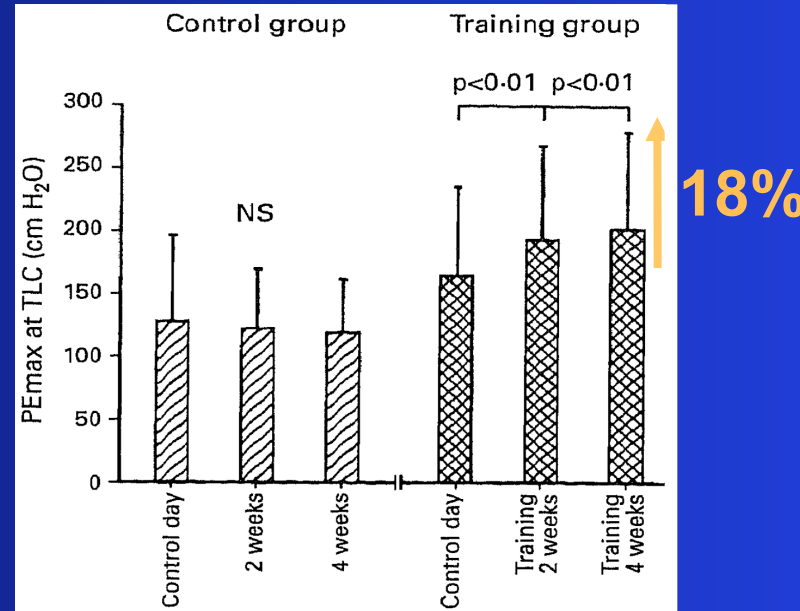


Effet sur la force des muscles respiratoires



Entraînement inspiratoire
contre résistance

Suzuki et al. 1993



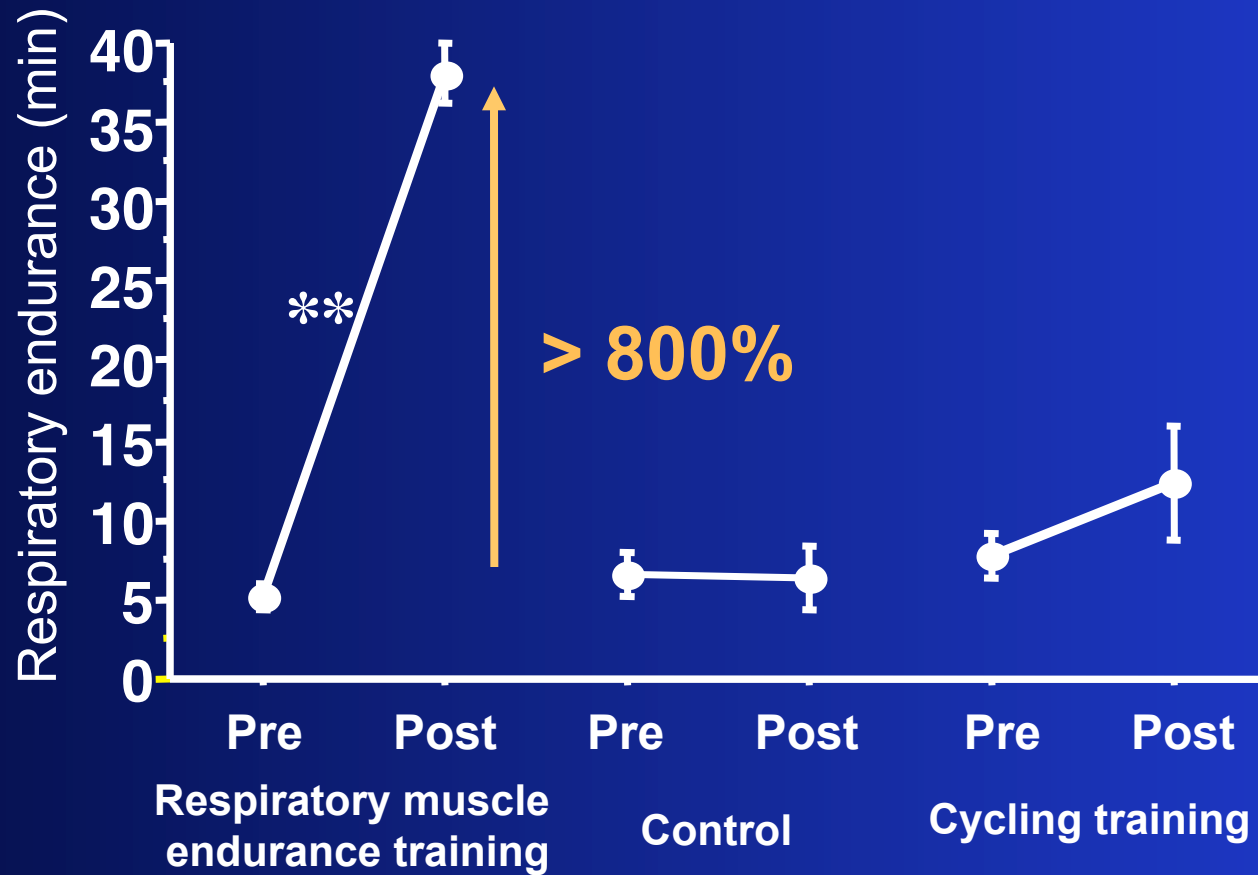
Entraînement expiratoire
contre résistance

Suzuki et al. 1995

Entraînement des muscles respiratoires chez le sujet sain



Effet sur l'endurance des muscles respiratoires



Entraînement des muscles respiratoires chez le sujet sain

Effet sur la réponse à l'exercice

Table 1 Effects of RMT on whole body endurance capacity in healthy subjects.

Endurance improvement		VE			VO ₂ max		Blood lactate reduction	
Yes	Not	Reduction	No changes	Increase	Increase	No changes	Yes	Not
18*,19 [†] ,20*,21 [‡] ,22 [‡] ,23 [†] , 24 [†] ,25 [‡] , 26 [‡] ,27 [‡] ,28 [‡] ,40*	29 [‡] ,30 [‡] ,31*, 32 [‡] ,33 [‡] ,34 [‡]	18,19,40	23,24,26,28,30–34	20–22,25,27,29	27	26,28–31,40	18,20,21,28	25,26,33

RMT: respiratory muscle training; VE: minute ventilation; VO₂: oxygen uptake.

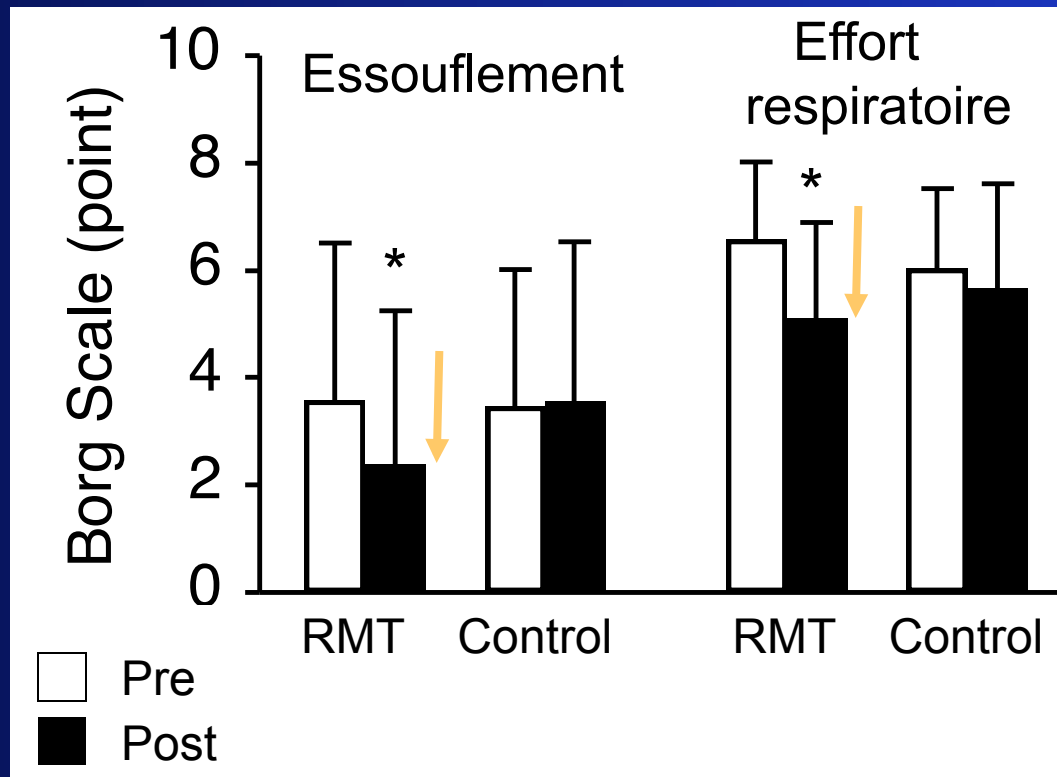
*Trained subjects.

[†]Sedentary subjects.

[‡]Athletes.

Entraînement des muscles respiratoires chez le sujet sain

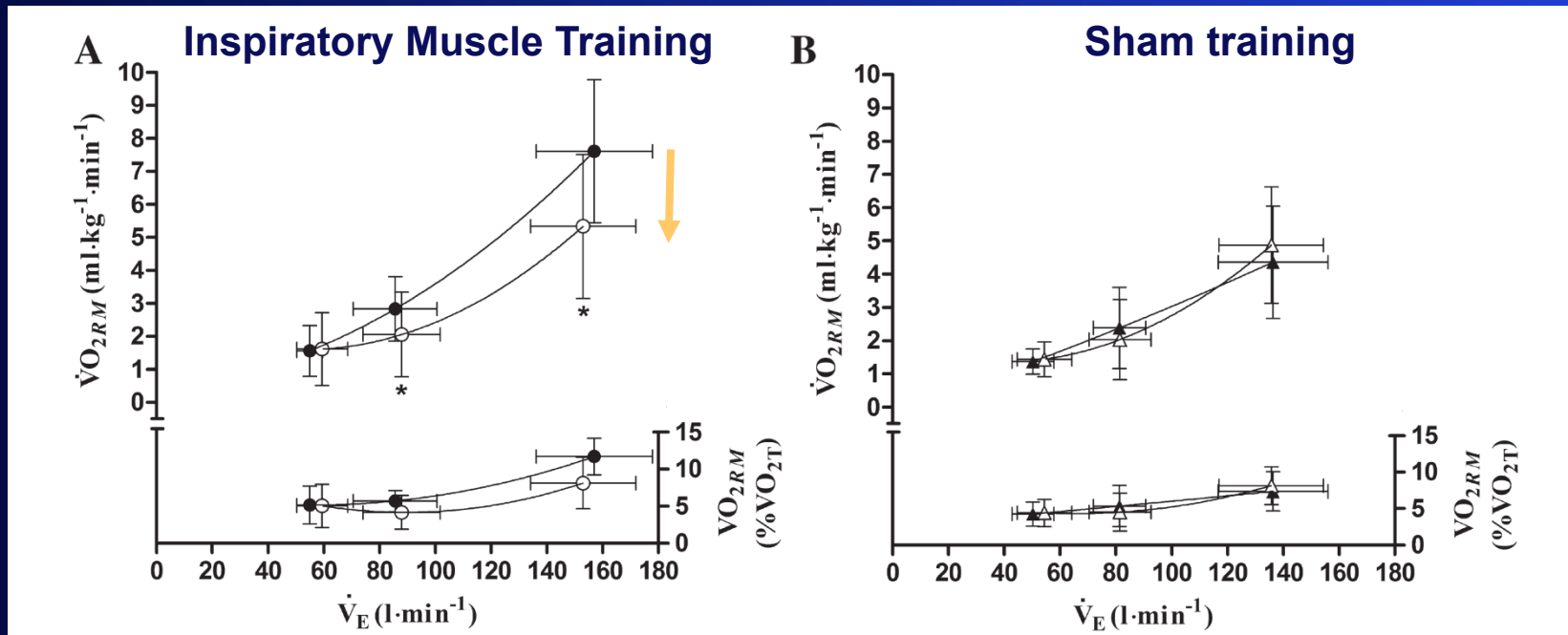
Effet sur les sensations respiratoires à l'effort



Entraînement des muscles respiratoires chez le sujet sain

Effet sur la consommation en oxygène des muscles respiratoires

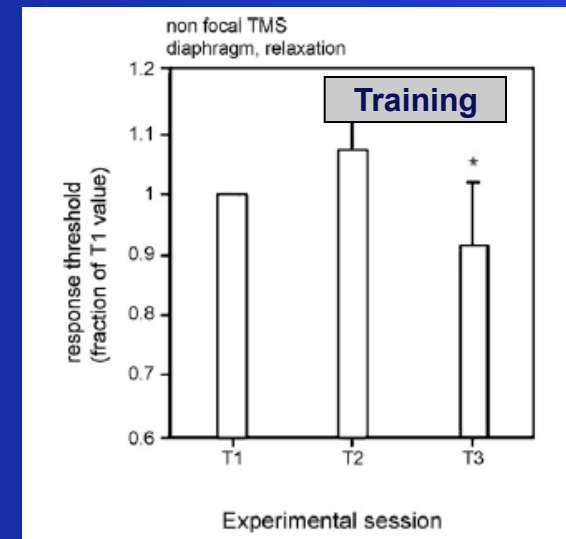
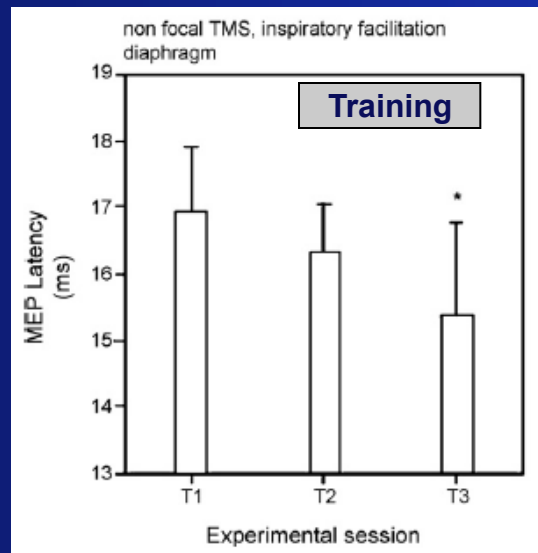
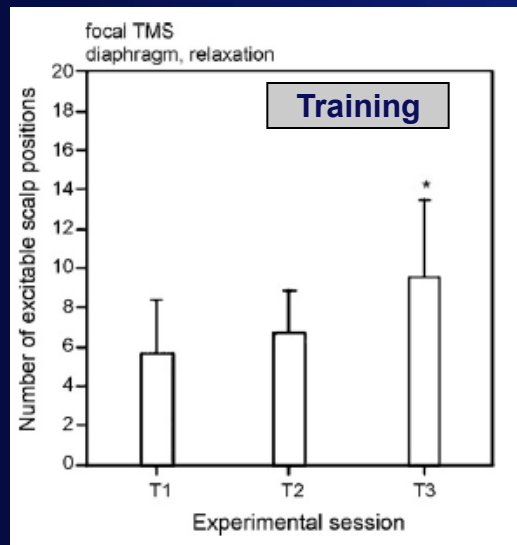
VO₂ des muscles ventilatoires à l'hyperpnée avant/
après entraînement en résistance des muscles inspiratoires



Entraînement des muscles respiratoires chez le sujet sain

Effet sur le contrôle des muscles respiratoires

Avant-après entraînement diaphragmatique (de T2 à T3),
Réponse diaphragmatique à une stimulation magnétique transcranienne

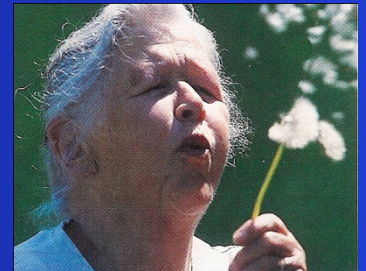


L'entraînement des muscles respiratoires:



Du sujet sain ...

... au patient

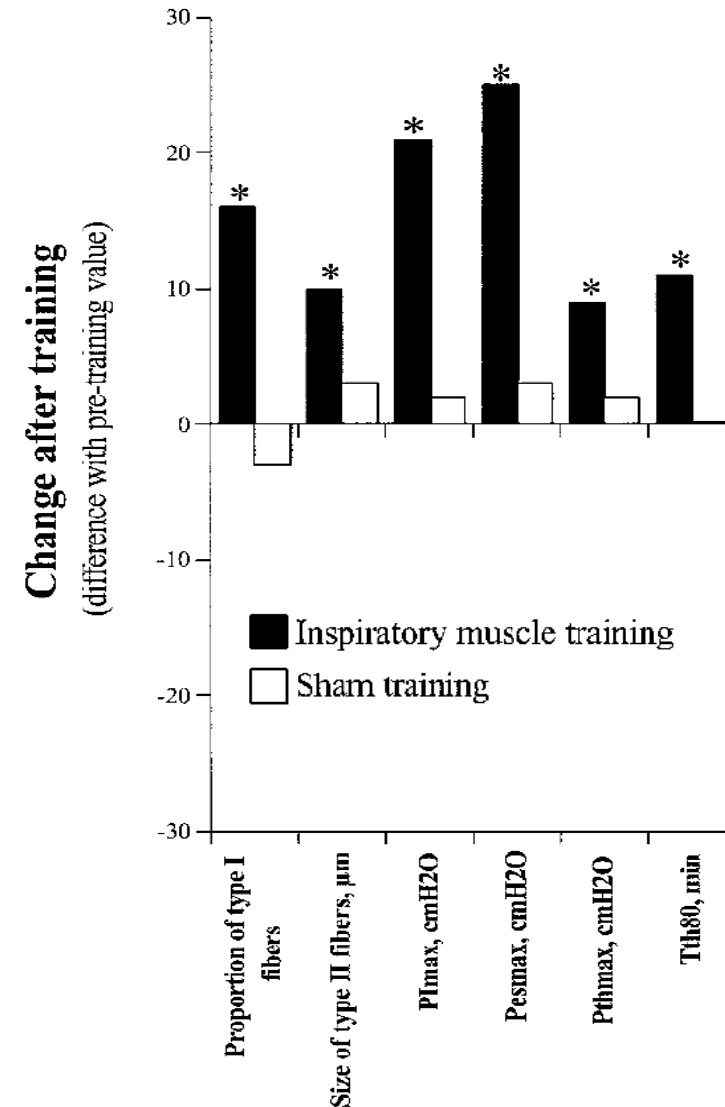


Entraînement des muscles respiratoires chez le patient

Entraînement inspiratoire
contre résistance chez le
BPCO

Biopsie des muscles
intercostaux externes

Ramirez-Samiento et al. 2002



Entraînement des muscles respiratoires chez le patient

Augmentation de la force / de l'endurance des muscles respiratoires

Insuffisance cardiaque	Dall'ago et al. 2006
Pathologies restrictives	Budweiser et al. 2006
Mucoviscidose	Enright et al. 2004
Asthme	Weiner et al. 1992, 2000
Maladies neuromusculaires	Koessler et al. 2001 Fregonezi et al. 2005
Obésité	Villiot-Danger 2011
Diabètes	Correa et al. 2011

...

Entraînement des muscles respiratoires chez le patient

Entraînement des muscles inspiratoires chez le patient BPCO: Meta-analysis

Gosselink et al. 2011

- Augmentation de la force (+13 cmH₂O) et de l'endurance (+261 s) des muscles inspiratoires
- Réduction de la dyspnée (Borg -0,9 pts, TDI +2,8 pts)
- Amélioration de la performance à l'effort (TM6 +32 m)
- Amélioration de la qualité de vie (CRQ +3,8 pts)
- Effet synergique avec l'entraînement à l'effort pour la force des muscles respiratoires et tendentiellement pour la performance à l'effort
- Effet plus important pour des patients avec faiblesses des muscles inspiratoires, PaO₂ basse et PaCO₂ élevée

Entraînement des muscles respiratoires chez le patient

Insuffisants cardiaques ($PI_{max} < 70\%$ prédite)
12 semaines d'entraînement inspiratoire contre résistance
Dall'Ago et al. 2006, 2008

- Augmentation de la force et de l'endurance des muscles inspiratoires
- Augmentation de l'épaisseur diaphragmatique
- Augmentation de VO_2max et TM6
- Diminution de la dyspnée à l'effort
- Augmentation de la qualité de vie

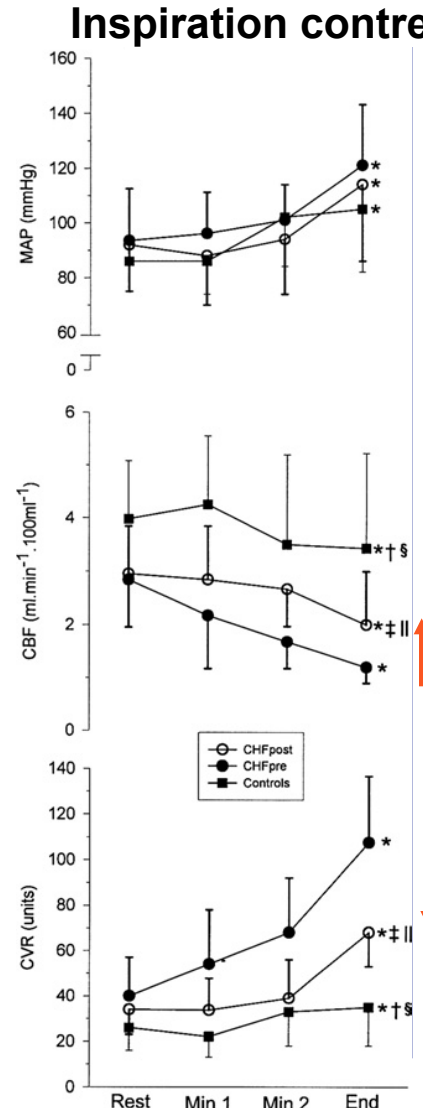
Entraînement des muscles respiratoires chez le patient

Insuffisants
cardiaques

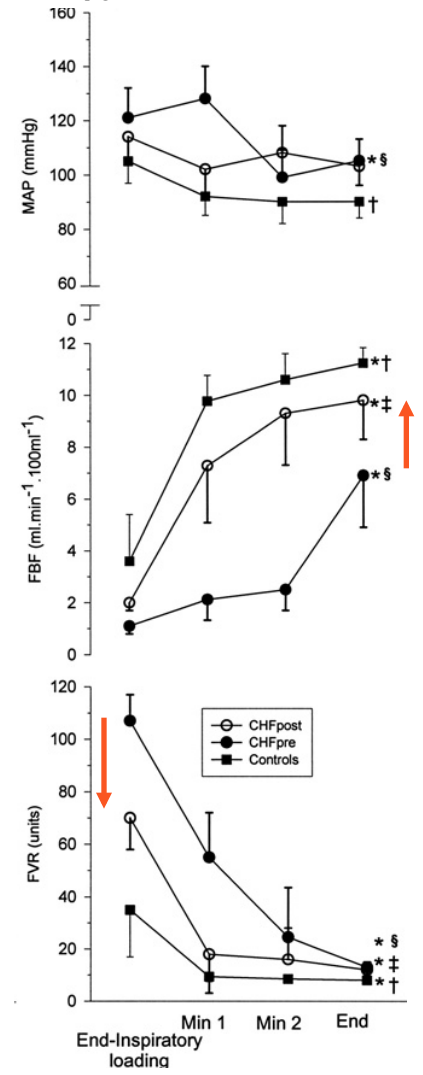
Perfusion avant/après
entraînement
inspiratoire contre
résistance

Dall'Ago et al.
2008

Perfusion du mollet au repos



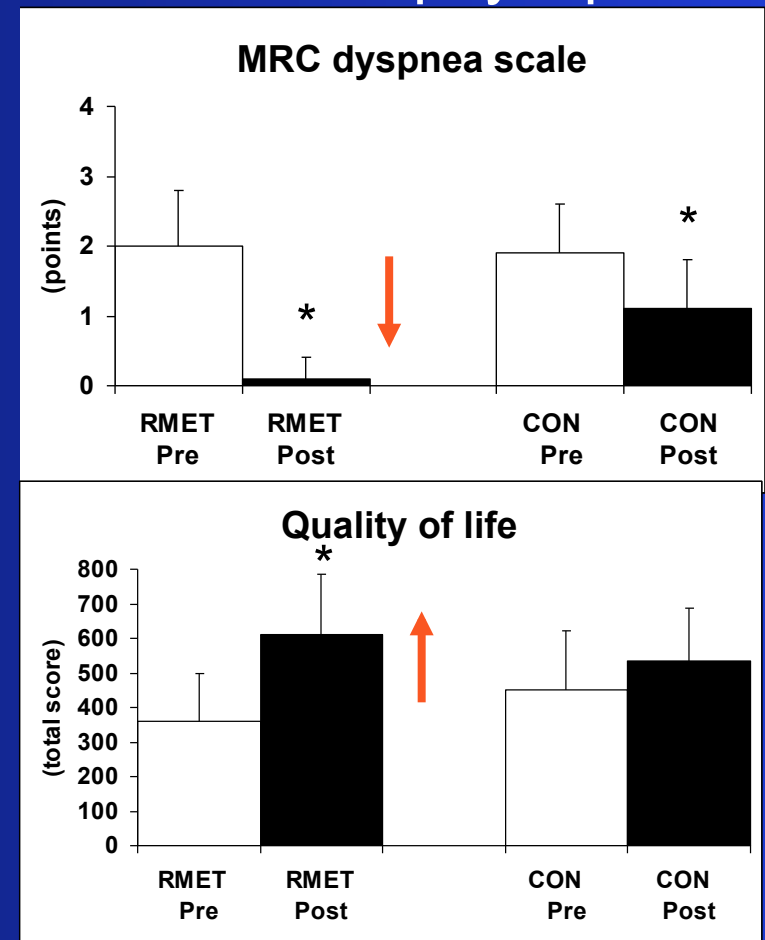
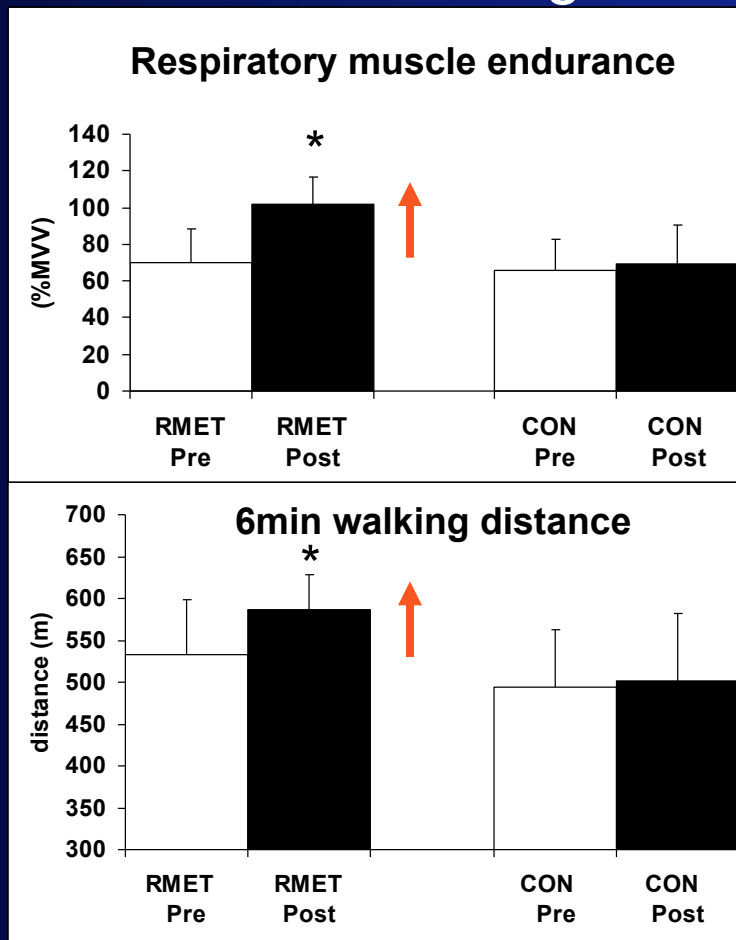
Perfusion de l'avant-bras à l'effort



Entraînement des muscles respiratoires chez le patient

Patients obèses sévères

Prise en charge nutritionnelle/activité physique



Villiot-Danger et al. 2010

Entraînement des muscles respiratoires chez le patient

Pathologies obstructives / restrictives

Maladies neuromusculaires

Obésité

Lésions médullaires

Mucoviscidose

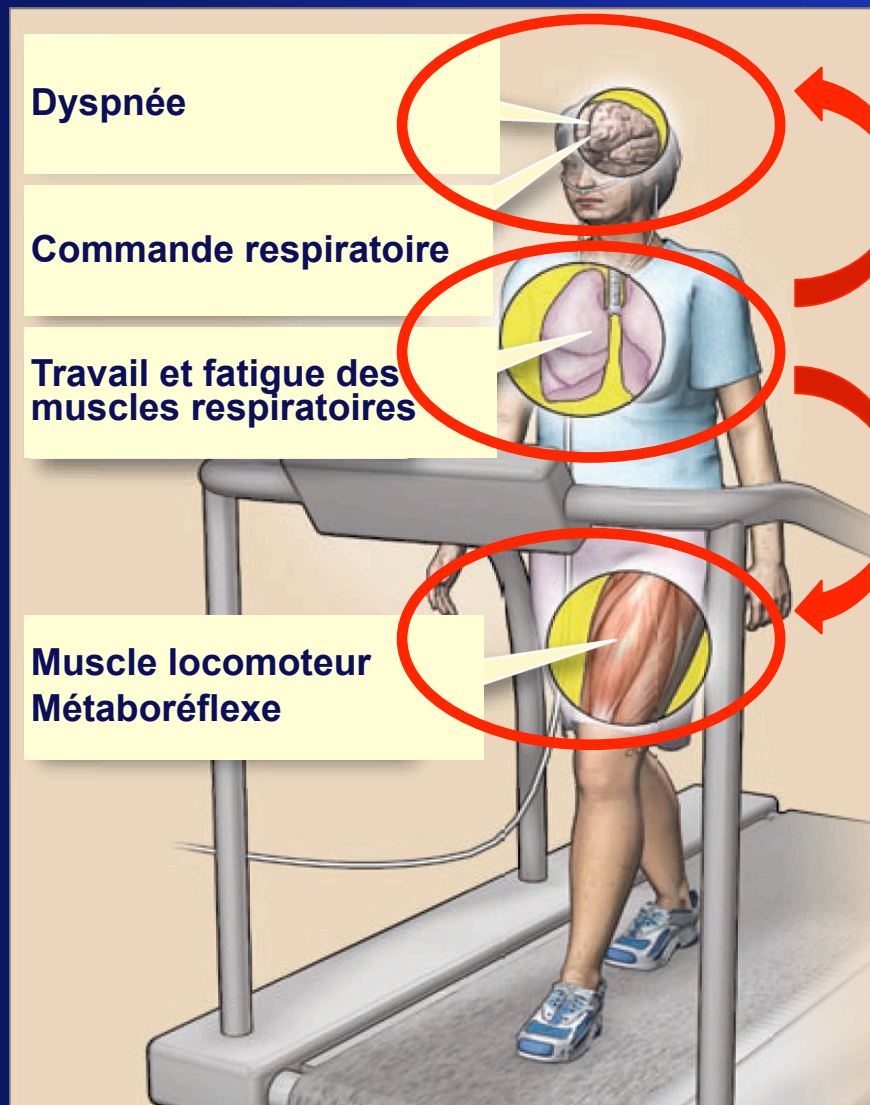
Asthme

Diabètes

Prise en charge pré- et post-opératoire

Sevrage ventilatoire

Faiblesse et fatigue des muscles respiratoires chez le patient



Entraînement des muscles respiratoires

Entraînement des muscles respiratoires chez le patient

Questions

Pour quels patients ?

- Faiblesse des muscles respiratoires ($PI_{max} < 60 \text{ cmH}_2\text{O}$)
- Dyspnée comme symptôme majeur

Quelles modalités d'entraînement ?

- Quelle intensité d'entraînement ?
- Biofeedback, pattern ventilatoire ?
- Entraînement inspiratoire et/ou expiratoire, en force et/ou en endurance ?

Entraînement des muscles respiratoires: du sujet sain au patient

Take home message

L'entraînement des muscles respiratoires peut:

- augmenter la force et/ou l'endurance des muscles respiratoires,
- réduire la dyspnée,
- améliorer les performances à l'effort et la qualité de vie...

... selon le phénotype du patient:

dysfonction des muscles respiratoires, niveau de dyspnée et
profil de limitation à l'effort

... quand les modalités d'entraînement sont adaptées:
intensité, fréquence, biofeedback...

Merci pour votre écoute !

Christina Spengler

Dominic Notter

Andrea Renggli

Urs Boutellier

Patrick Levy

Damien Bachasson

Jean-Christophe Villiot-Danger

Jean-Christian Borel

Bernard Wuyam

Jean-Louis Pépin

Julie Larribaut

Mathieu Gruet

Stéphane Doutreleau



