

La stimulation phrénique implantée

Pr Capucine Morélot-Panzini

Service de Pneumologie, Médecine Intensive et Réanimation, Département R3S

Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière Charles Foix

UMR_S 1158

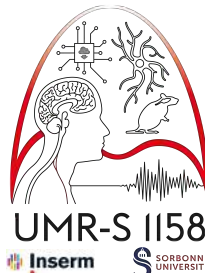
Neurophysiologie Respiratoire Expérimentale et Clinique

Sorbonne Université

Paris, France



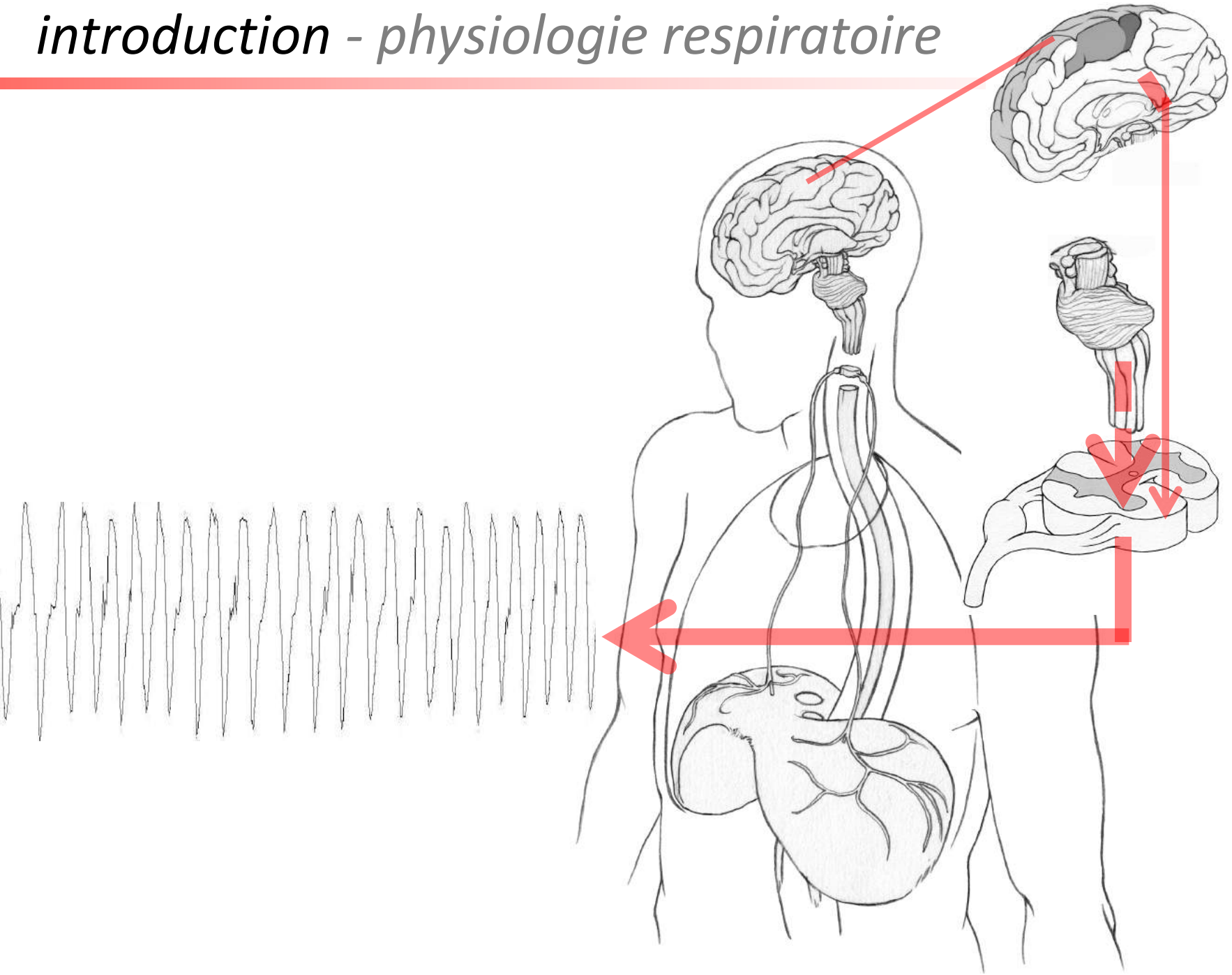
La science pour la santé
From science to health



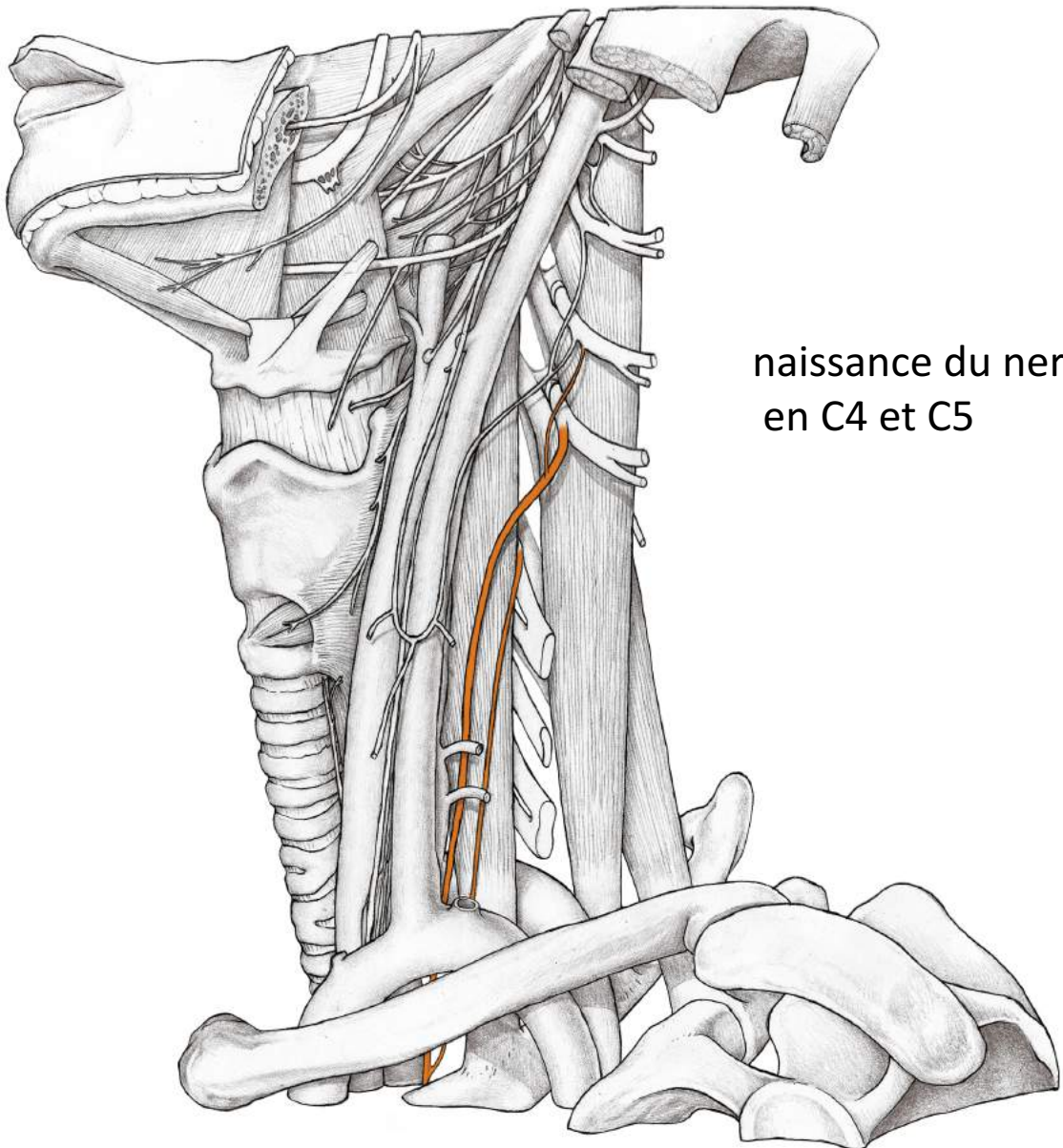
R3S

1- introduction

introduction - physiologie respiratoire



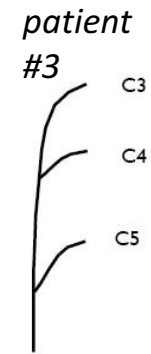
introduction - physiologie respiratoire



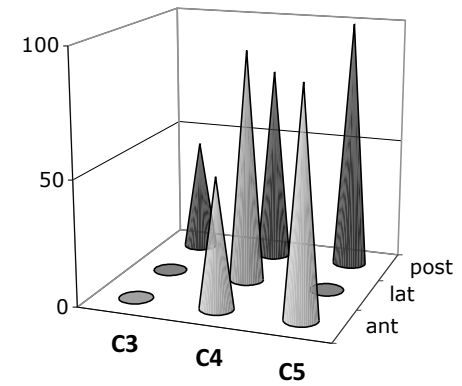
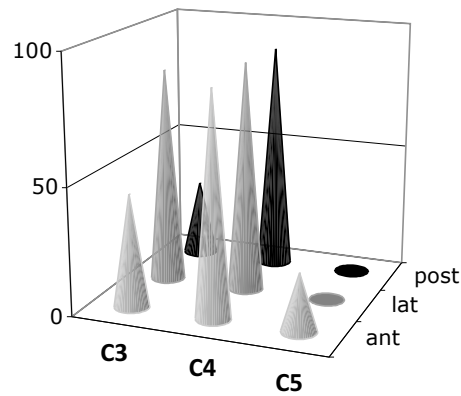
naissance du nerf phrénique
en C4 et C5

introduction - physiologie respiratoire

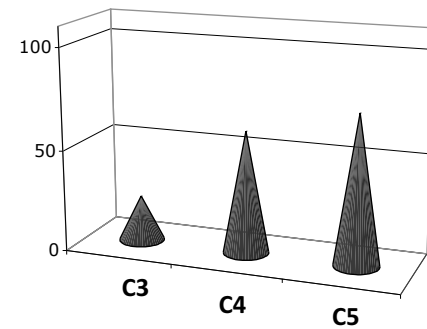
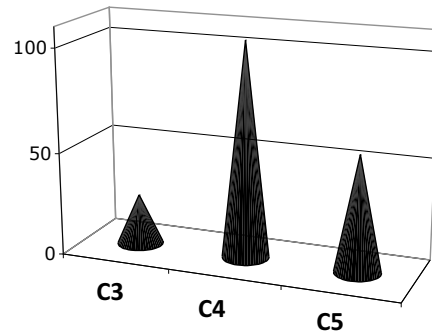
A.
anatomy



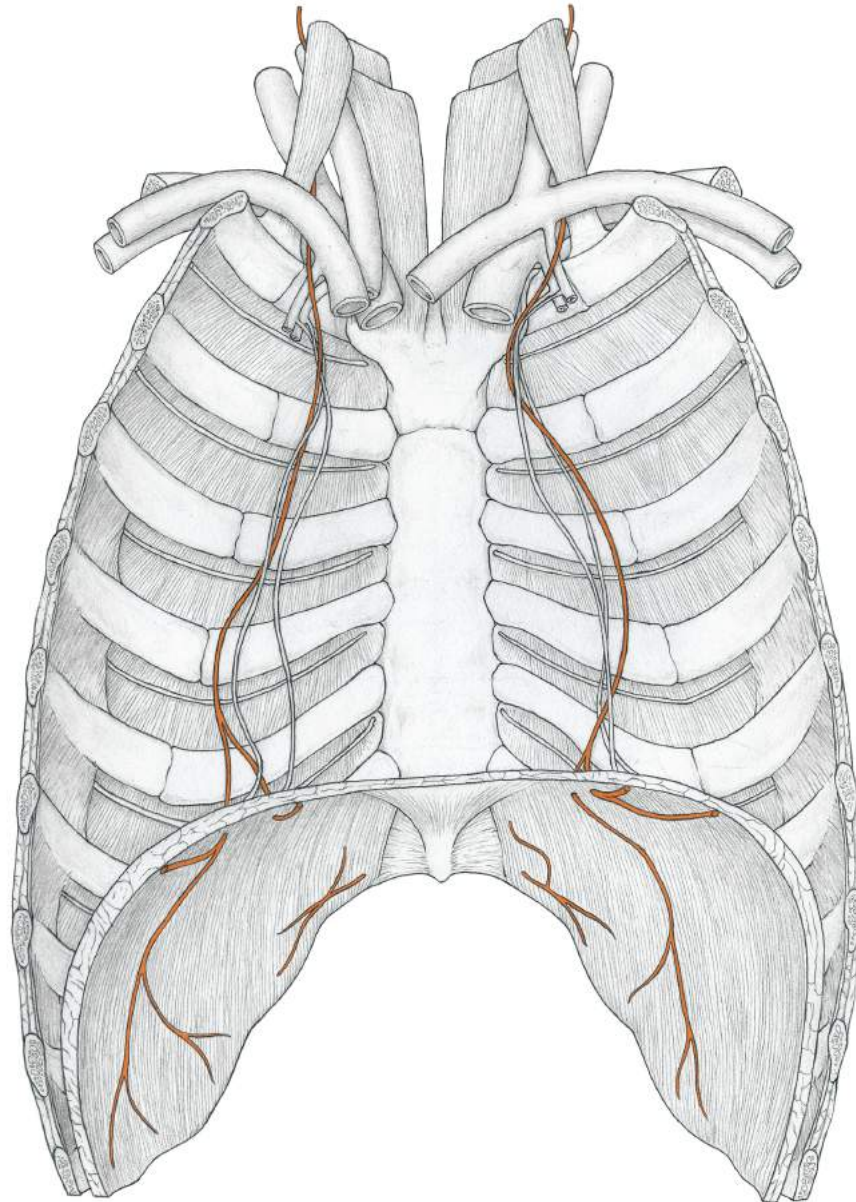
B.
EMG



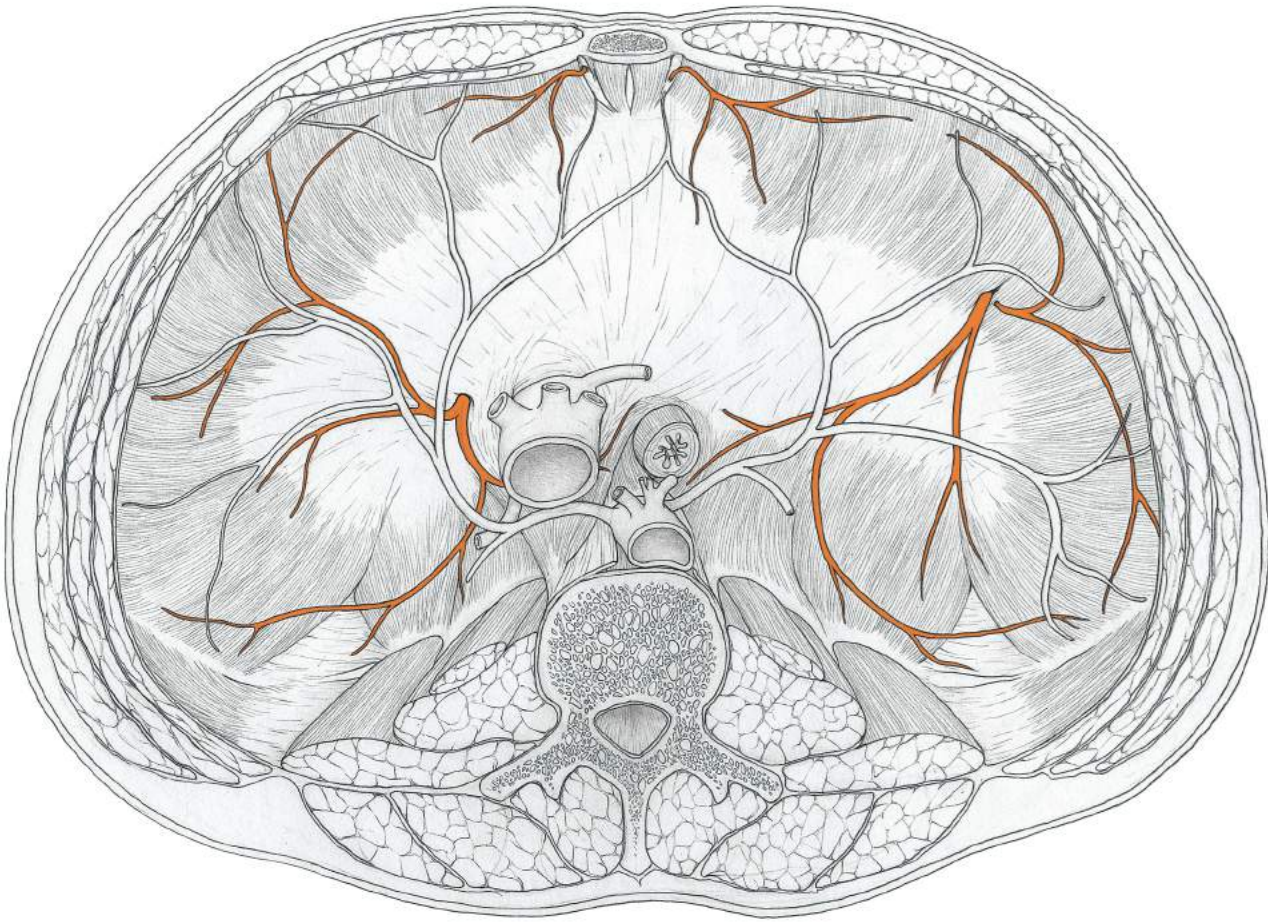
C.
Pdi



introduction - physiologie respiratoire

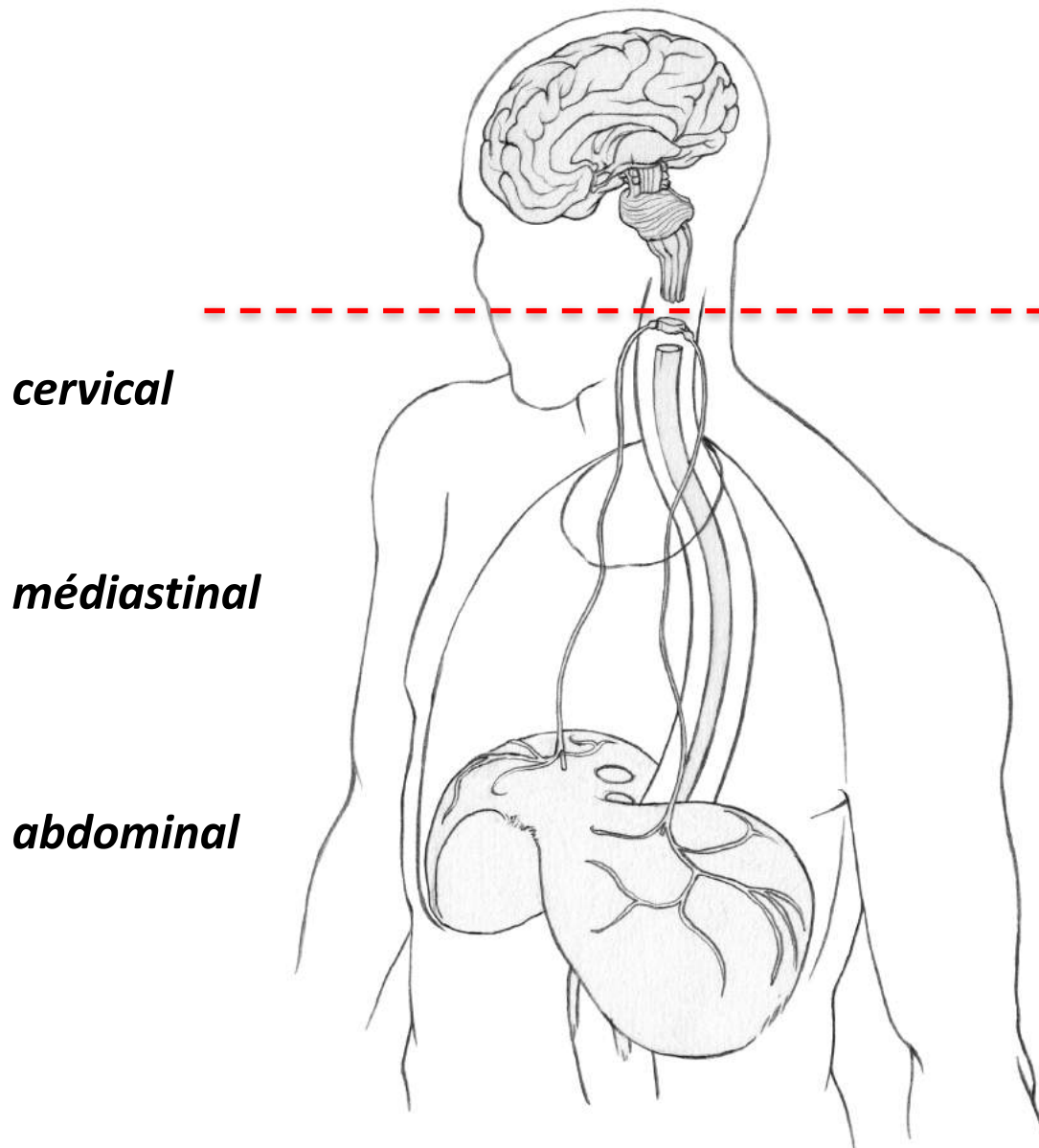


introduction - physiologie respiratoire



2- indications actuelles

indications



1- hypoventilation alvéolaire centrale

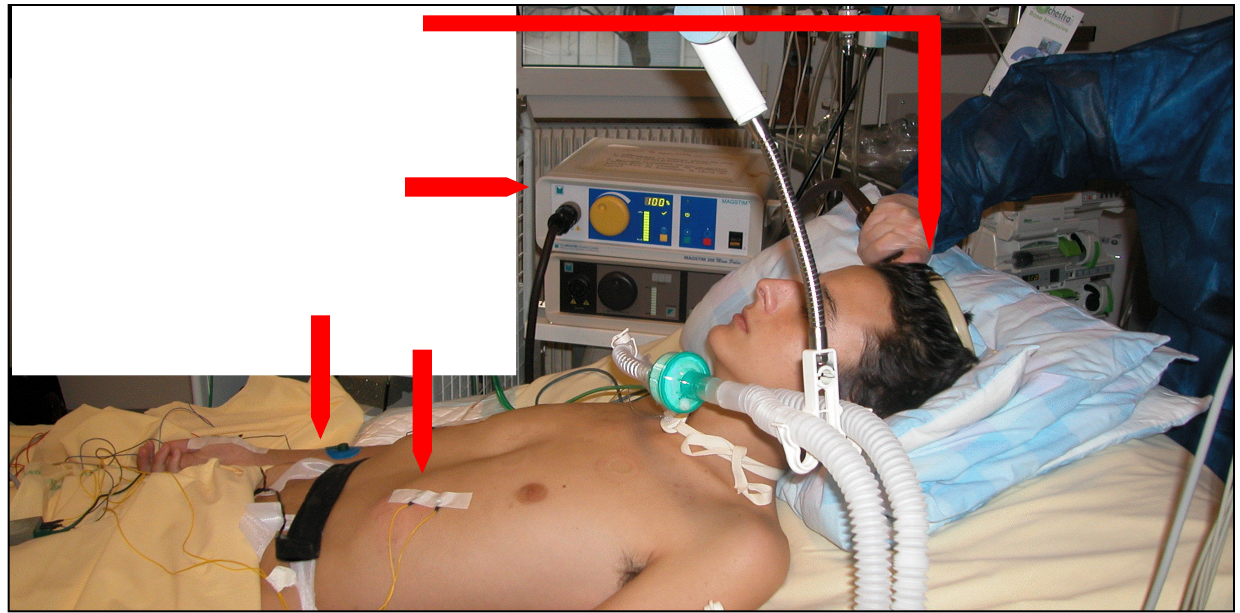
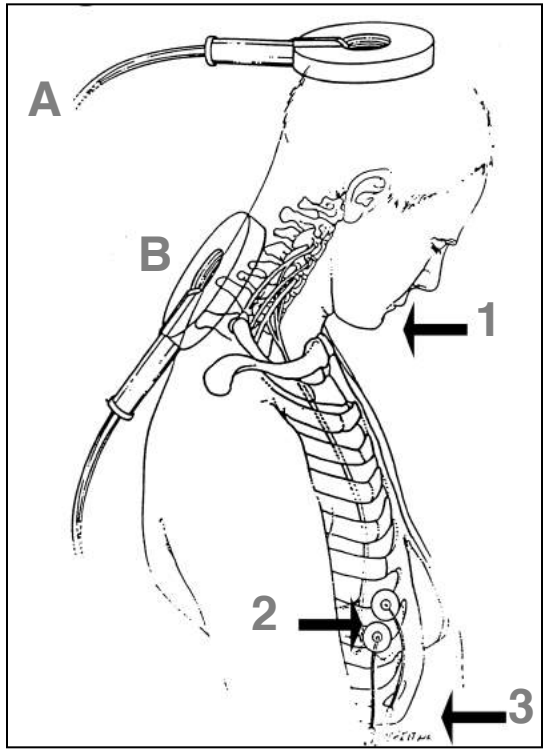
*congénitale ou acquise
permanente ou intermittente*

2- lésions médullaire cervicales hautes (au-dessus de C4)

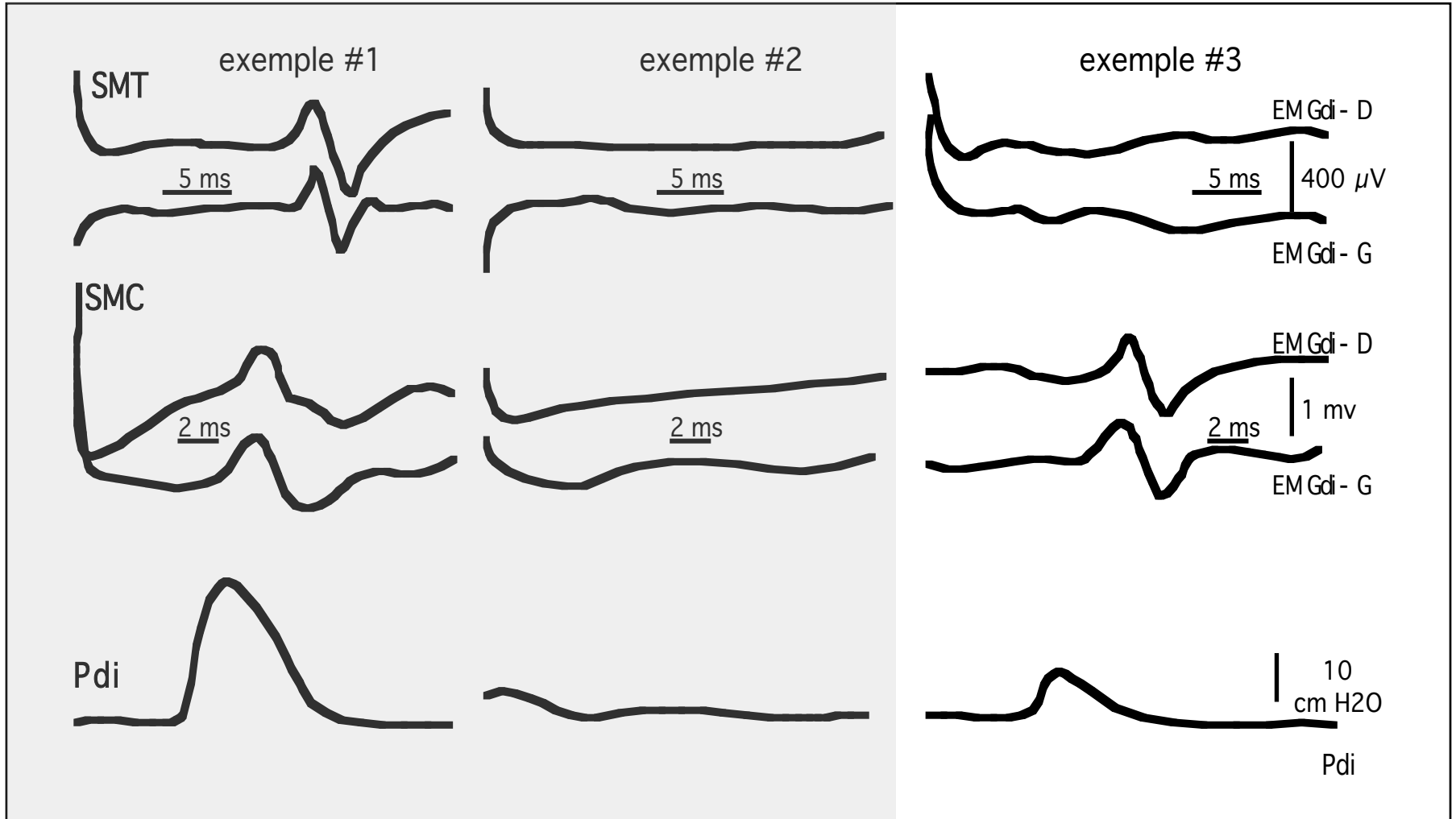
**avec une réponse
diaphragmatique à la
stimulation phrénique
diagnostique**

~ 10 patients / an en France

indications



indications



indications

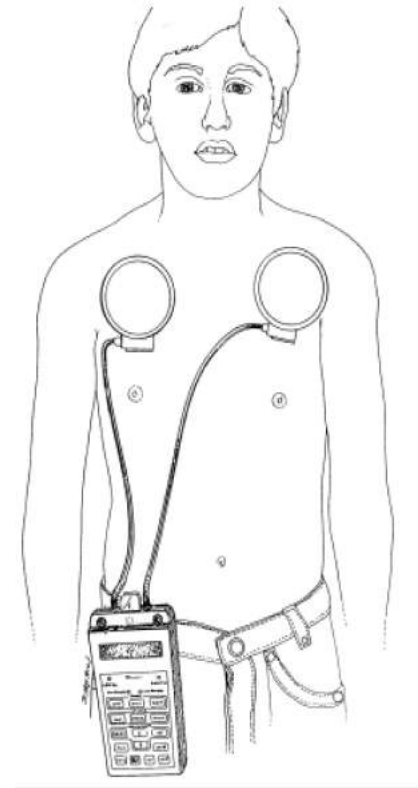
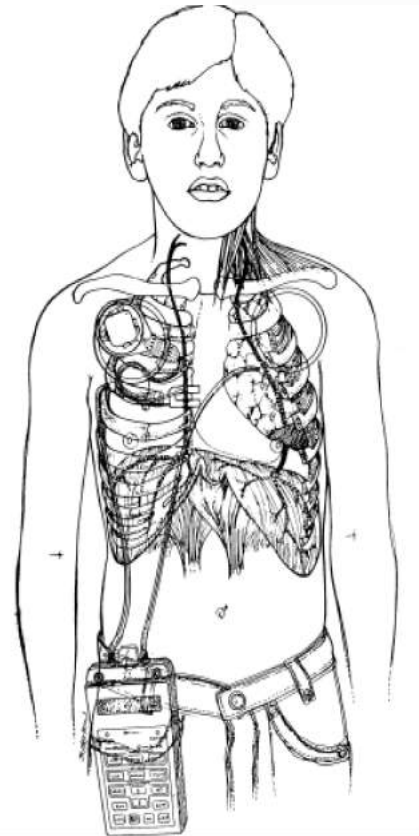
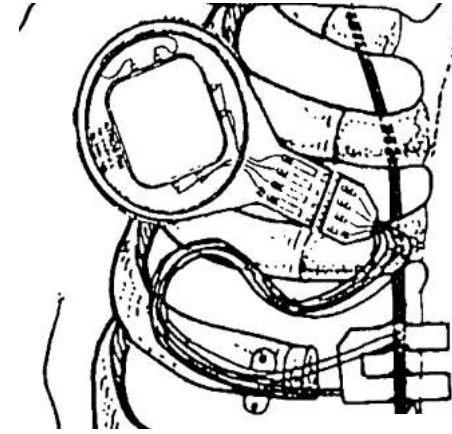
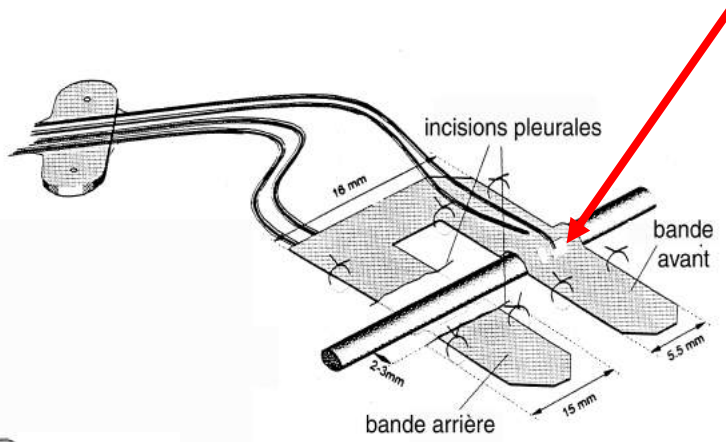
le bilan doit comporter :

1. exploration électromyographique du diaphragme :
 - évaluation de la conduction phrénique
 - évaluation de la cinétique diaphragmatique (sangle abdominale)
 - évaluation de la fonction diaphragmatique (pression trachéale ou transdiaphragmatique)
2. imagerie cérébrale ou médullaire (niveau d'atteinte)
3. bilan social (projet de vie)
4. bilan psychologique (valeur du stimulateur, projet de vie)

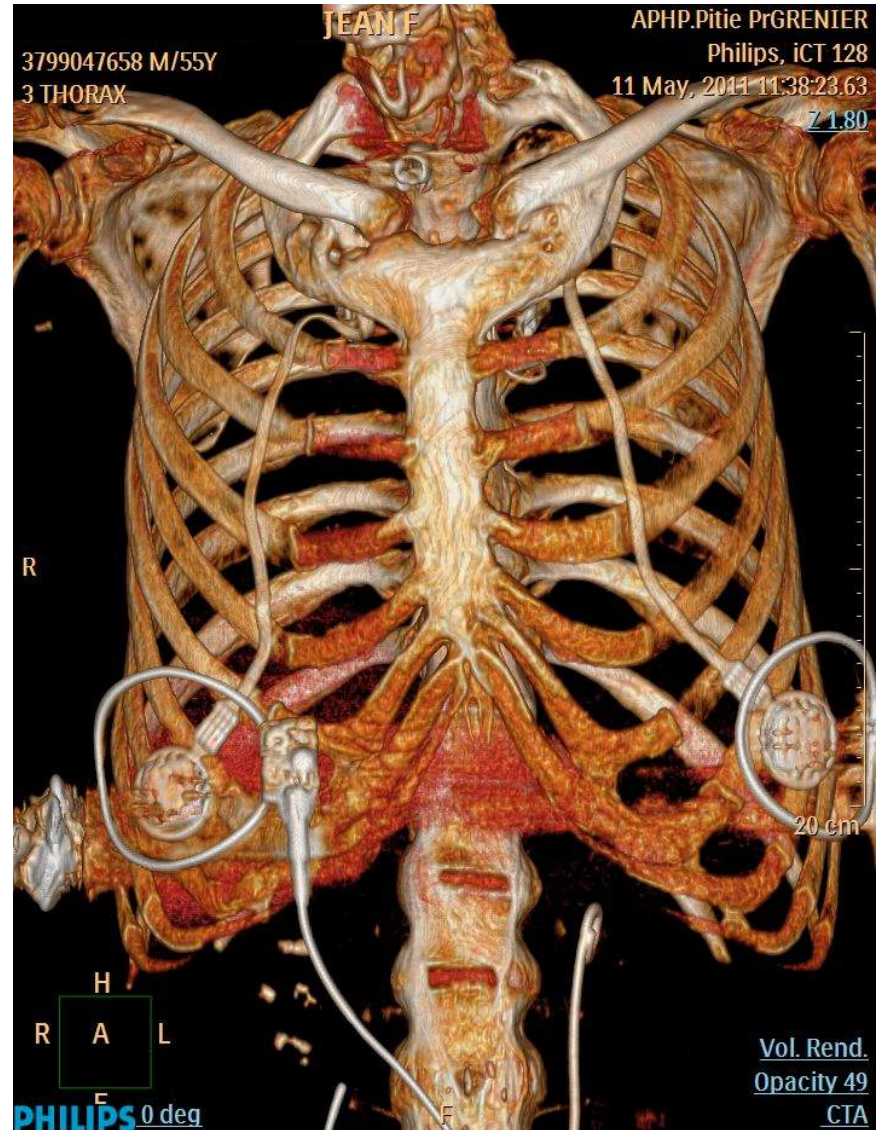
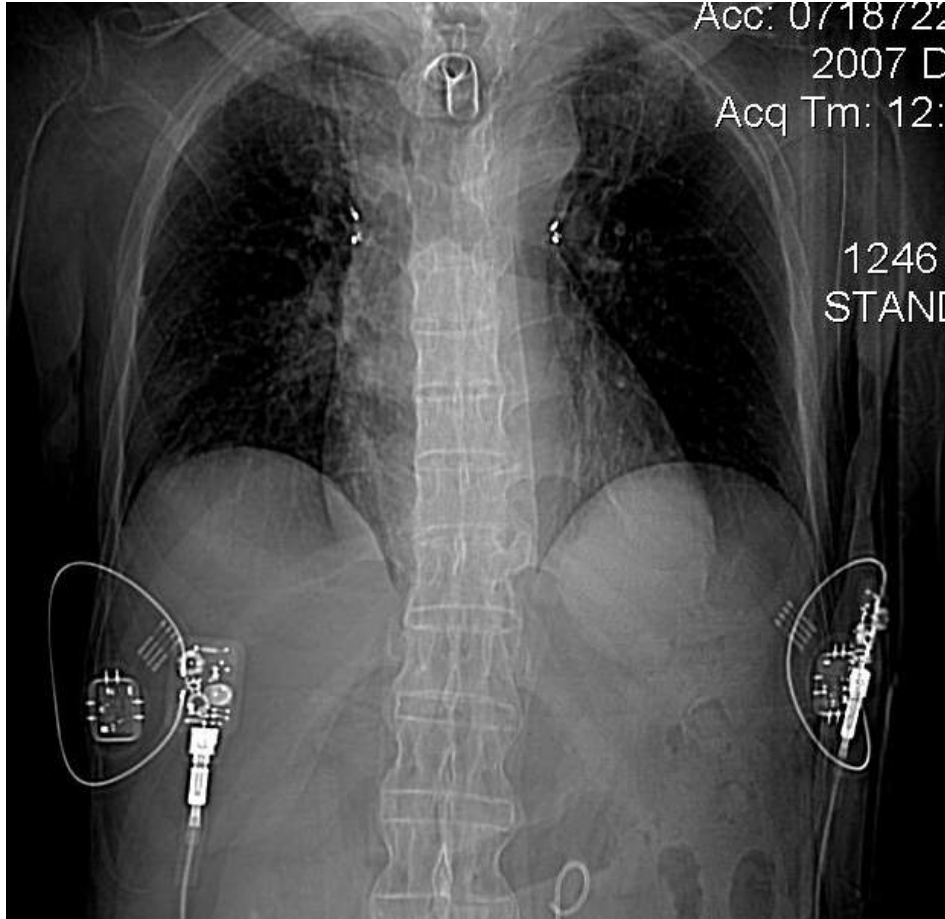
1. stimulation phrénique intrathoracique

- dissection bilatérale des nerfs phréniques dans leur trajet thoracique
(*veine cave supérieure à droite, artère pulmonaire à gauche*)
- électrodes quadripolaires de platine
- connectées à des récepteurs sous-cutanés
- transmission par radiofréquence de l'énergie et des paramètres
- Atrostim[®], Atrotech, Tampere, Finlande
- **~ 40 ans de recul, ~ 50 patients implantés en France**

techniques



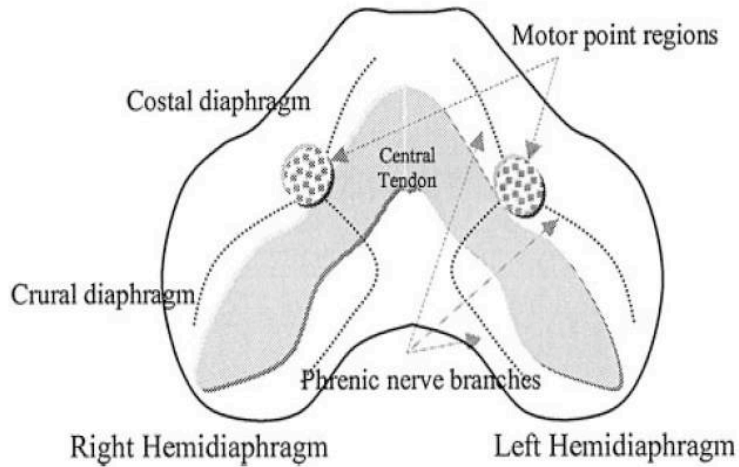
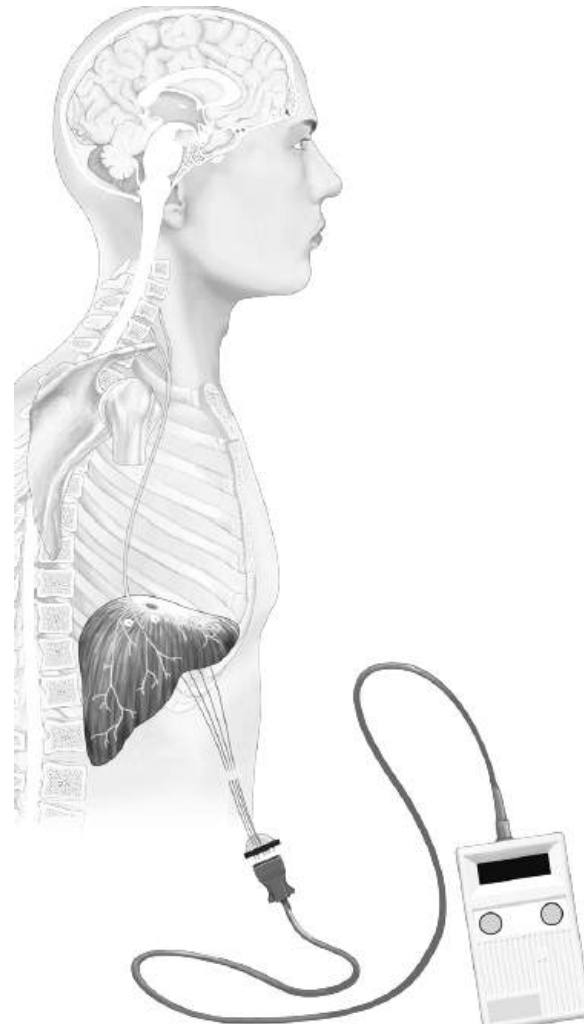
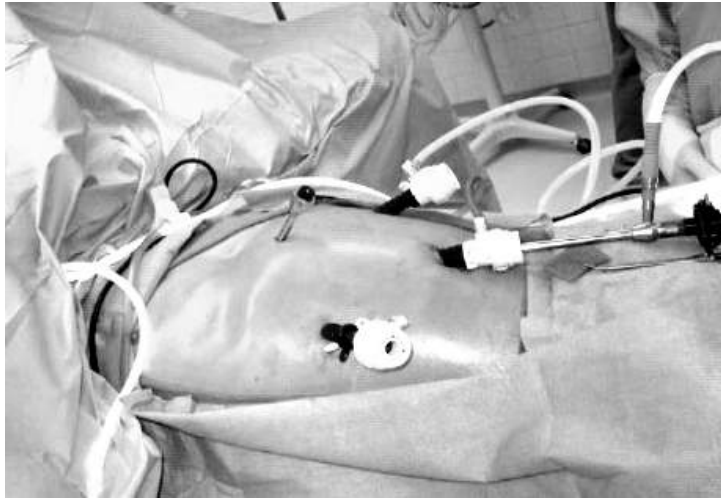
techniques



2. stimulation phrénique intradiaphragmatique

- implantation coelioscopique d'électrodes-harpon dans le diaphragme
(après cartographie du point moteur)
- connexion filaire percutanée au stimulateur
- implantabilité totale envisageable
- NeurRxDP4[®], Synapse, Oberlin, Ohio, USA
- **~ 15 ans expérience, ~ 10 patients en France**

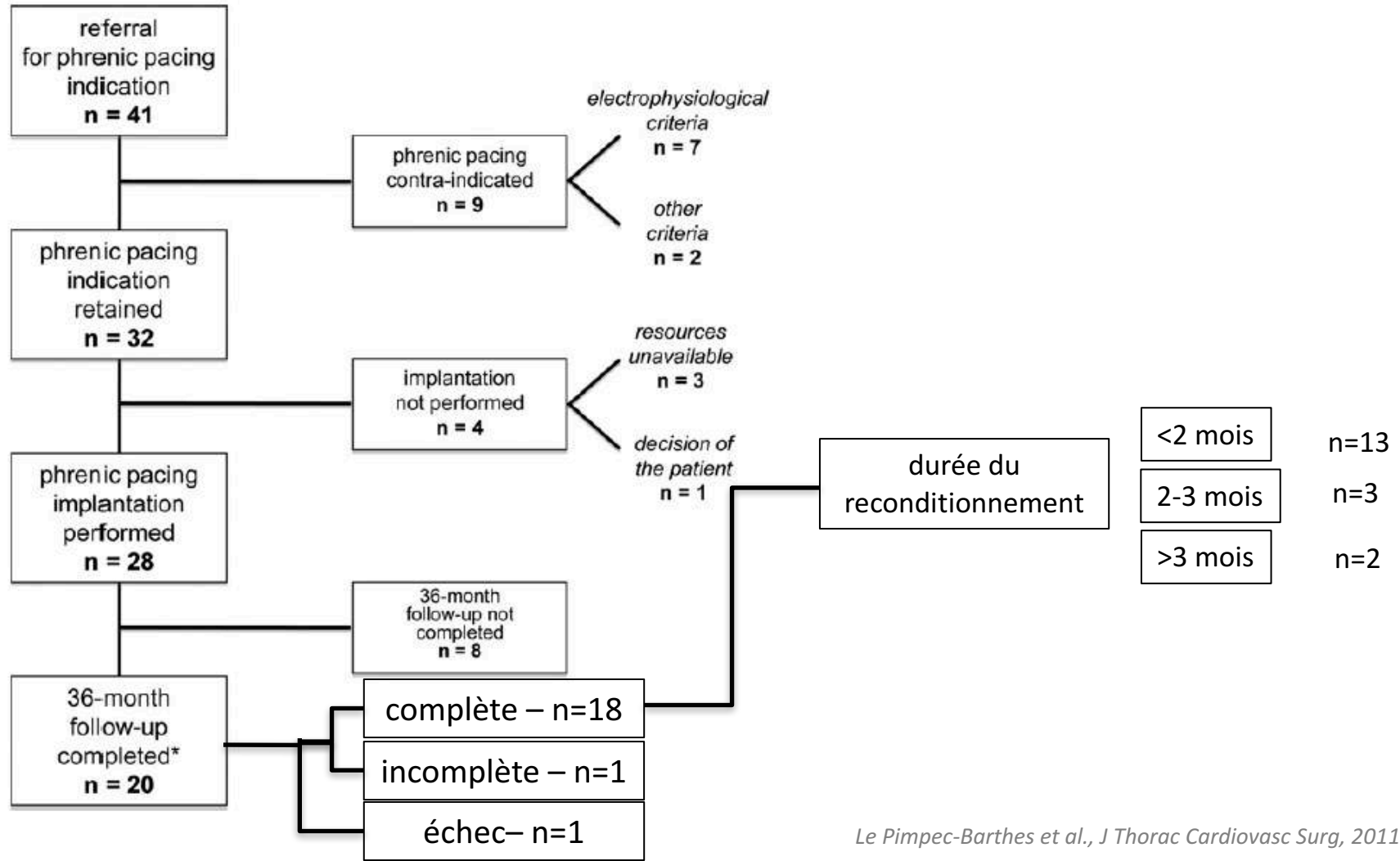
techniques



bénéfices

1. sevrage de la ventilation mécanique

Série française La Pitié-Salpêtrière – HEGP – H^{al} marin d'Hendaye (1997-2007) – stimulation phrénique intra-thoracique



clinical benefits

1. Sevrage de la ventilation mécanique

méta-analyse – stimulation phrénique intra-diaphragmatique

study	study group (n)	delay of insertion post injury	mechanical weaning (%)
Posluzsny (2014)	29	40 days (3-112)	72,7% fully
Teede (2012)	5	6,1 years (6 months-14 yrs)	60% fully
Onders (2010)	20	(6 months-24 yrs)	50% fully
Onders (2008)	88 but ALS =38	(3 months-27 yrs)	50% fully 96%(>4h)
Alshekhlee (2008)	26	4 years (9 months-19.2 yrs)	56% fully
Onders (2007)	10	9.7 years (0.8-19 yrs)	40% fully
Onders (2004)	6	3.8 years (1.6-8 yrs)	50% fully

bénéfices

1. sevrage de la ventilation mécanique – **sources d'échec**

- ✓ **altération de la conduction phrénique**
- ✓ **atrophie extrême (délai ; dénutrition)**
- ✓ **altération de la compliance pariétale**
 - **obésité**
 - **spondylarthrite ankylosante**
- ✓ **douleurs neuropathiques : stimulation phrénique intradiaphragmatique par stimulation à forte intensité des fibres IV diaphragmatiques**

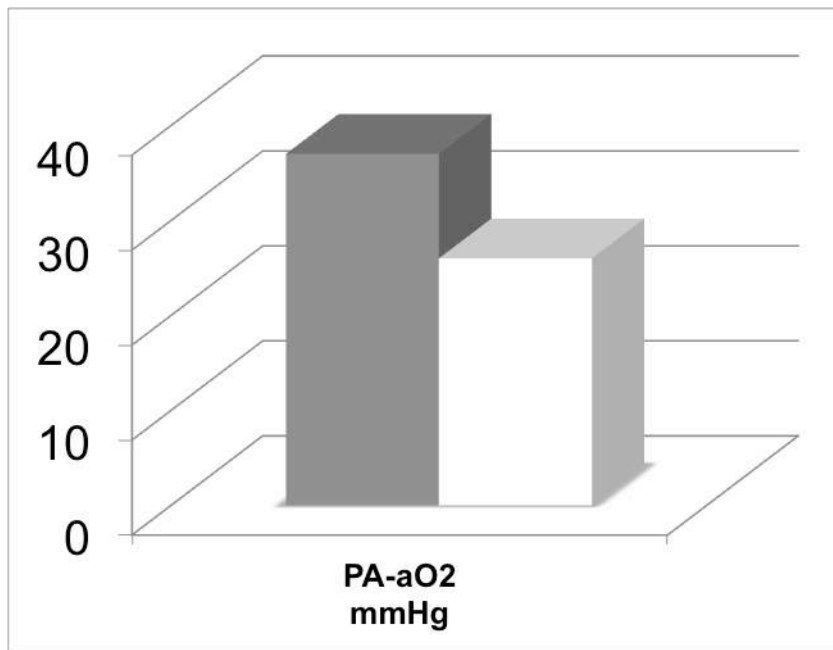
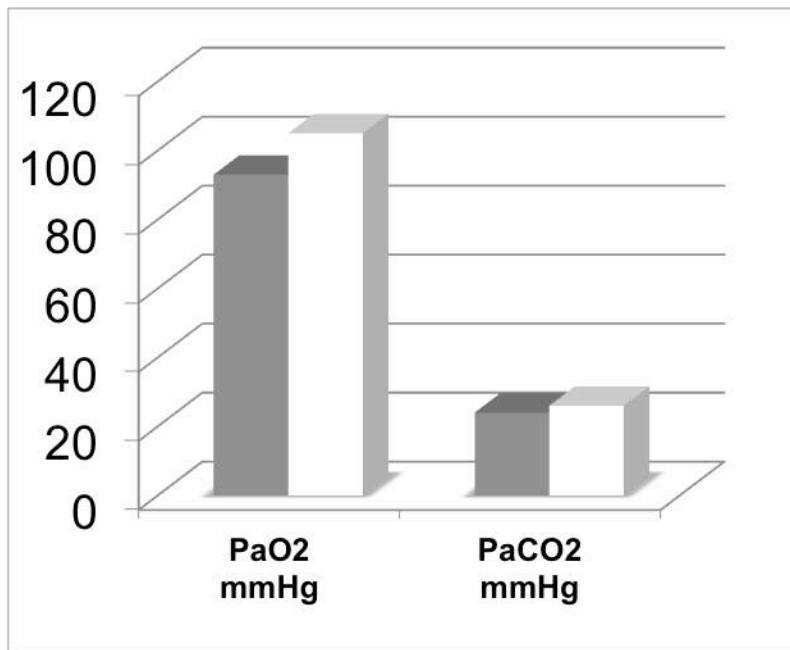
Le Pimpec-Barthes et al., J Thorac Cardiovasc Surg, 2011

Layachi et al., Respir Med Case Report, 2015

Morélot-Panzini et al., ERJ, 2015

bénéfices

1bis. amélioration des échanges gazeux



1ter. régression d'une hypertension pulmonaire

cas clinique (syndrome d'hypoventilation alvéolaire central congénital sévère)

bénéfices

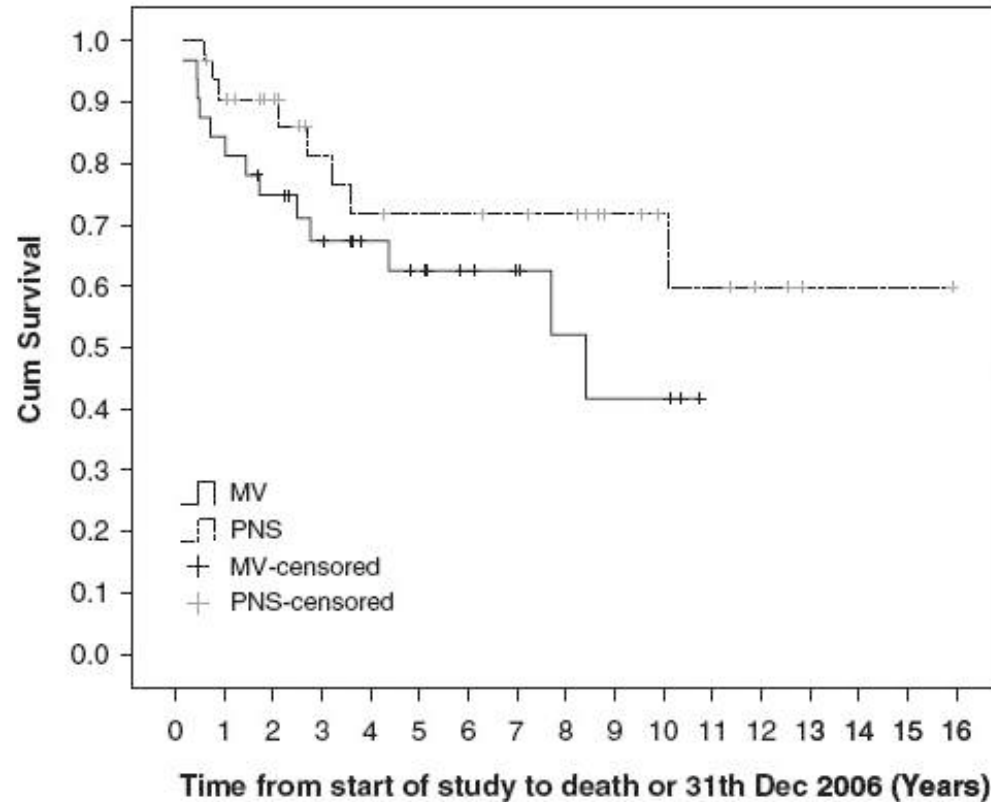
2. réduction de la fréquence des infections respiratoires

<i>Mode of ventilation</i>	<i>Period 1</i>	<i>Period 2</i>	<i>Period 3</i>	<i>P₁</i>	<i>P₂</i>
PNS	1.43 (0.05–3.92)	0 (0–0.92)	0 (0–0.02)	<0.001	0.002
MV	1.33 (0.89–2.21)	2.07 (1.49–4.19)	0.14 (0–0.31)	<0.001	<0.001
<i>P₃</i>	0.888	<0.001	<0.001		

- données disponibles pour la technique intrathoracique seulement
- « impression » similaire pour la technique intradiaphragmatique
(*fréquence des aspirations trachéales*)

bénéfices

3. augmentation de la durée de vie



- données disponibles pour la technique intrathoracique seulement

bénéfices

4. amélioration de la qualité de vie / **mobilité et sécurité**



bénéfices

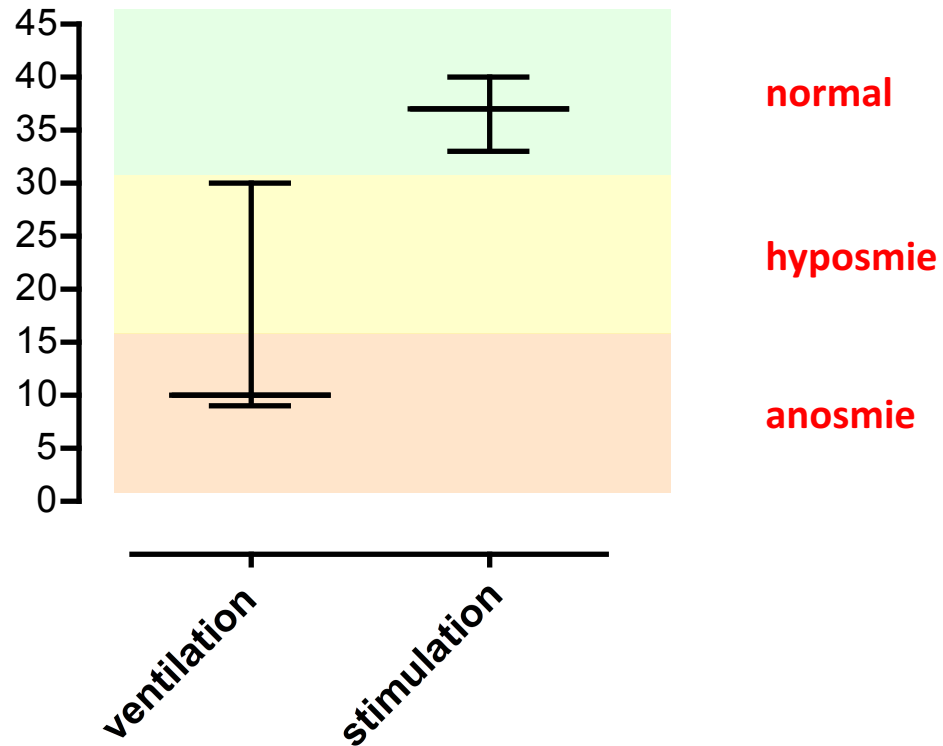
4. amélioration de la qualité de vie / **mobilité et sécurité**



bénéfices

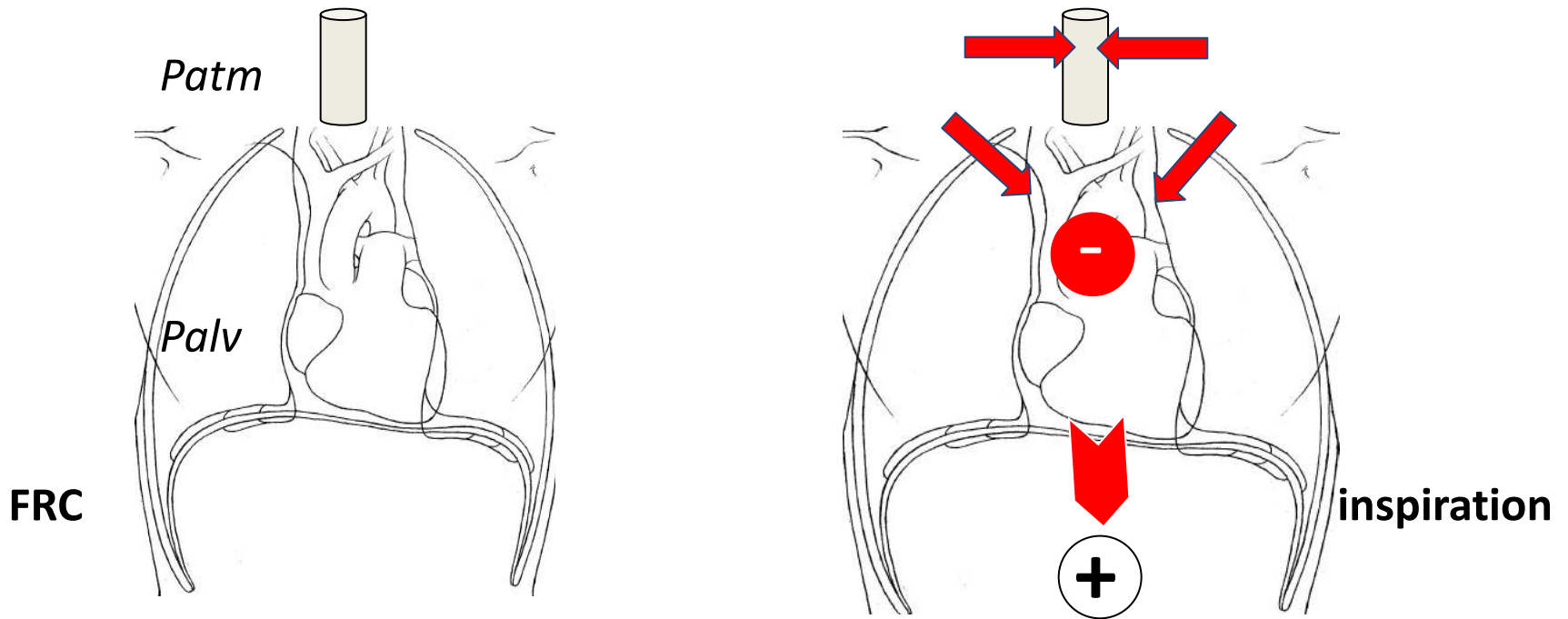
4. amélioration de la qualité de vie / olfaction

*performance olfactive
(UPSIT score)*



question persistante – décanulation ou non ?

- l'inspiration stimulée est indépendante de la commande « naturelle »



- problème potentiel pour trachéotomie

question persistante - décanulation

pour:

✓ 2 cas cliniques de décanulation chez tétraplégiques mais avec des critères durs :

- SpO₂ > 95%
- DEP toux > 2,7 L/s
- alimentation orale
- phonation et conscience normales

✓ série rétrospective de patients atteints de syndrome d'Ondine (n=18)

- décanulation (72%)
- deux échecs : obésité, SAOS
- PSG canule bouchée avant décanulation

contre:

- ✓ sécurité : abord facile pour la reventilation en cas de dégradation respiratoire aigue
- ✓ risque d'apnées obstructives

Nouvelles indications?

stimulation phrénique dans la SLA

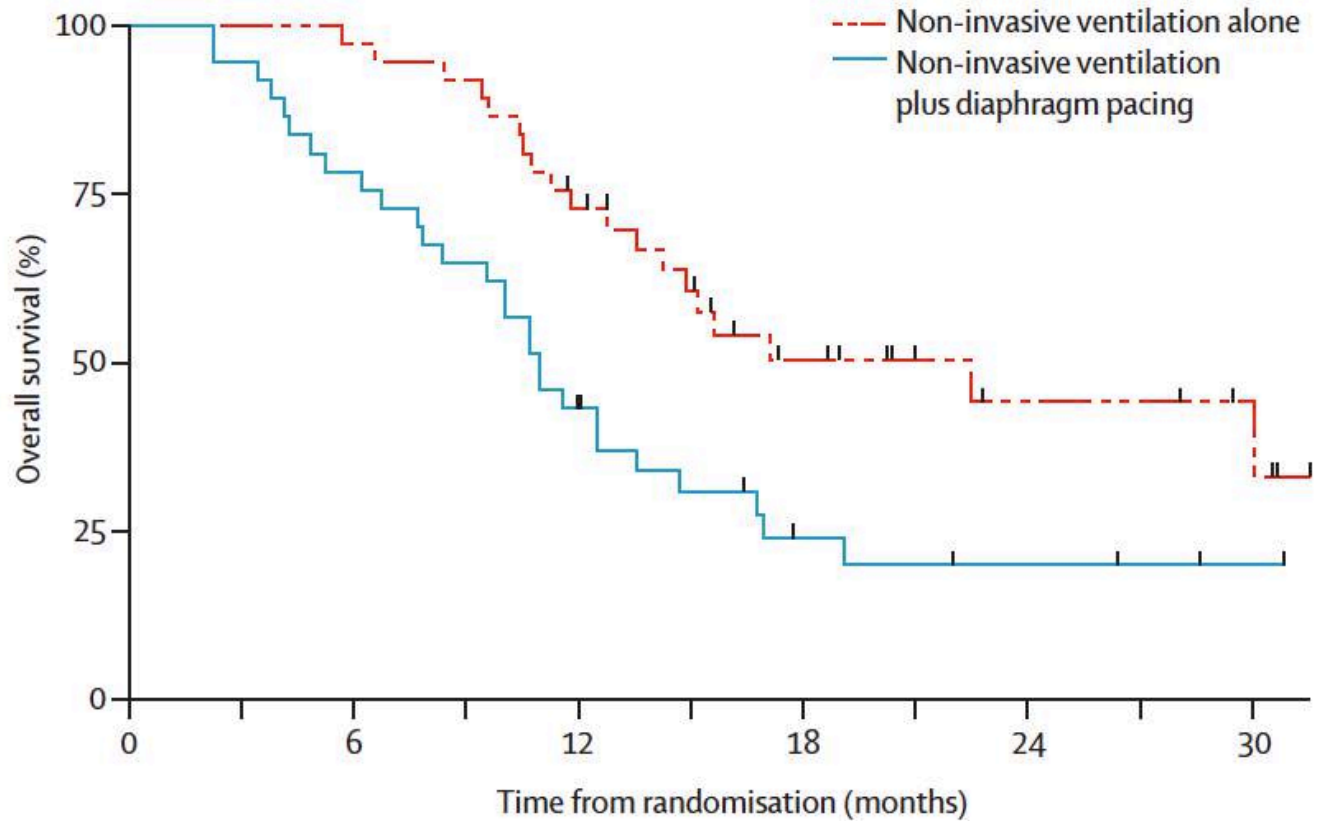
1. traitement de l'insuffisance respiratoire (DiPALS study)

- ✓ SLA probable ou certaine
- ✓ traitement par Riluzole
- ✓ insuffisance respiratoire:
 - ✓ CVF<75%,
 - ✓ SNIP<65cmH₂O (55 cmH₂O femme) et symptômes ou SNIP<40 cmH₂O
 - ✓ PaCO₂>6 kPa diurne ou PaCO₂>6.5 kPa nocturne
 - ✓ Désaturation nocturne O₂ significative (>5% de la nuit avec SpO₂<90% sur l'oxymétrie nocturne)
- ✓ stimulation phrénique bilatérale présente

2. prévention de l'atrophie diaphragmatique(RespiStim ALS study)

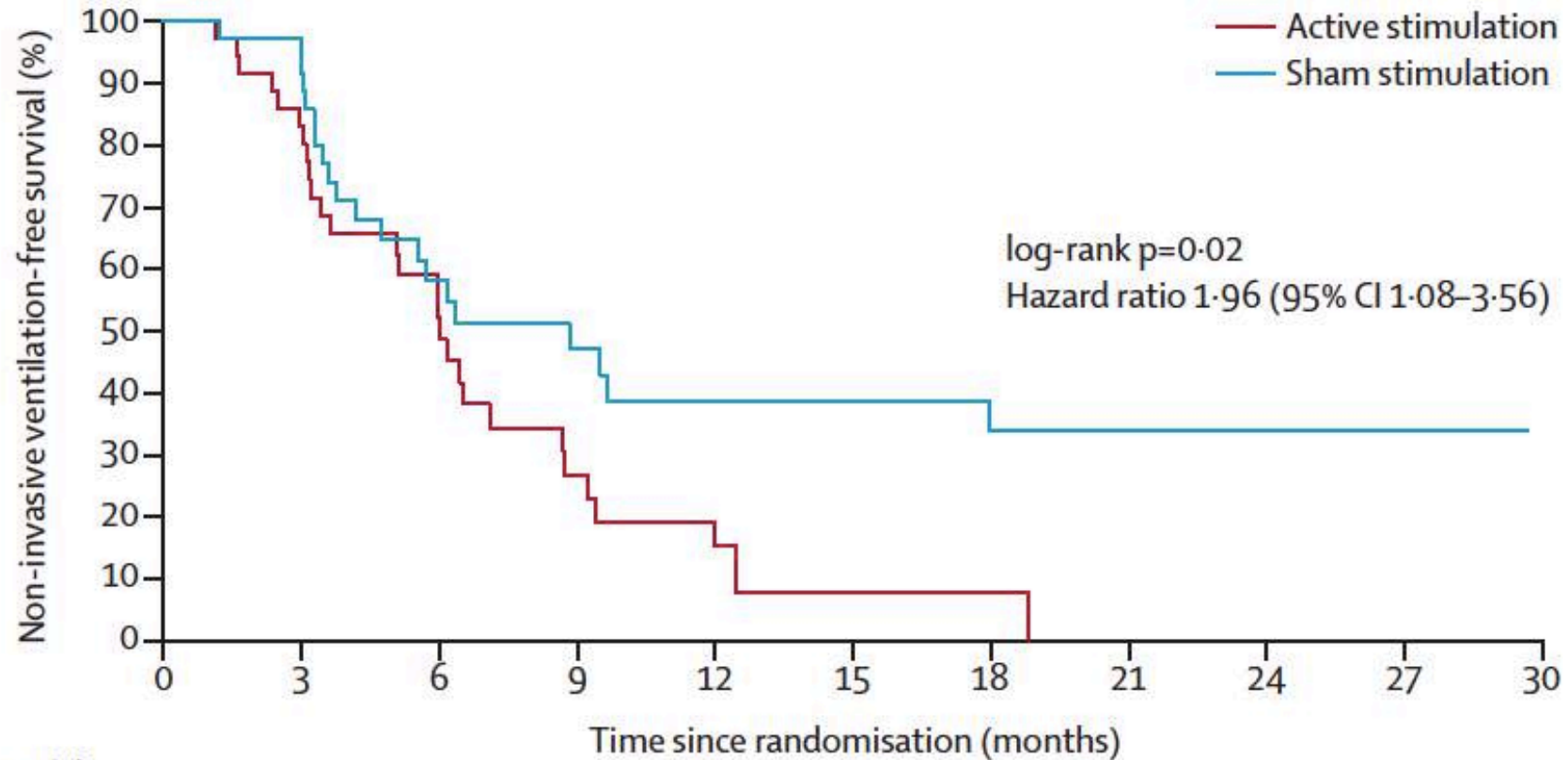
- ✓ SLA probable ou certaine
- ✓ CVF entre 60 et 80%
- ✓ stimulation phrénique bilatérale présente

stimulation phrénique dans la SLA



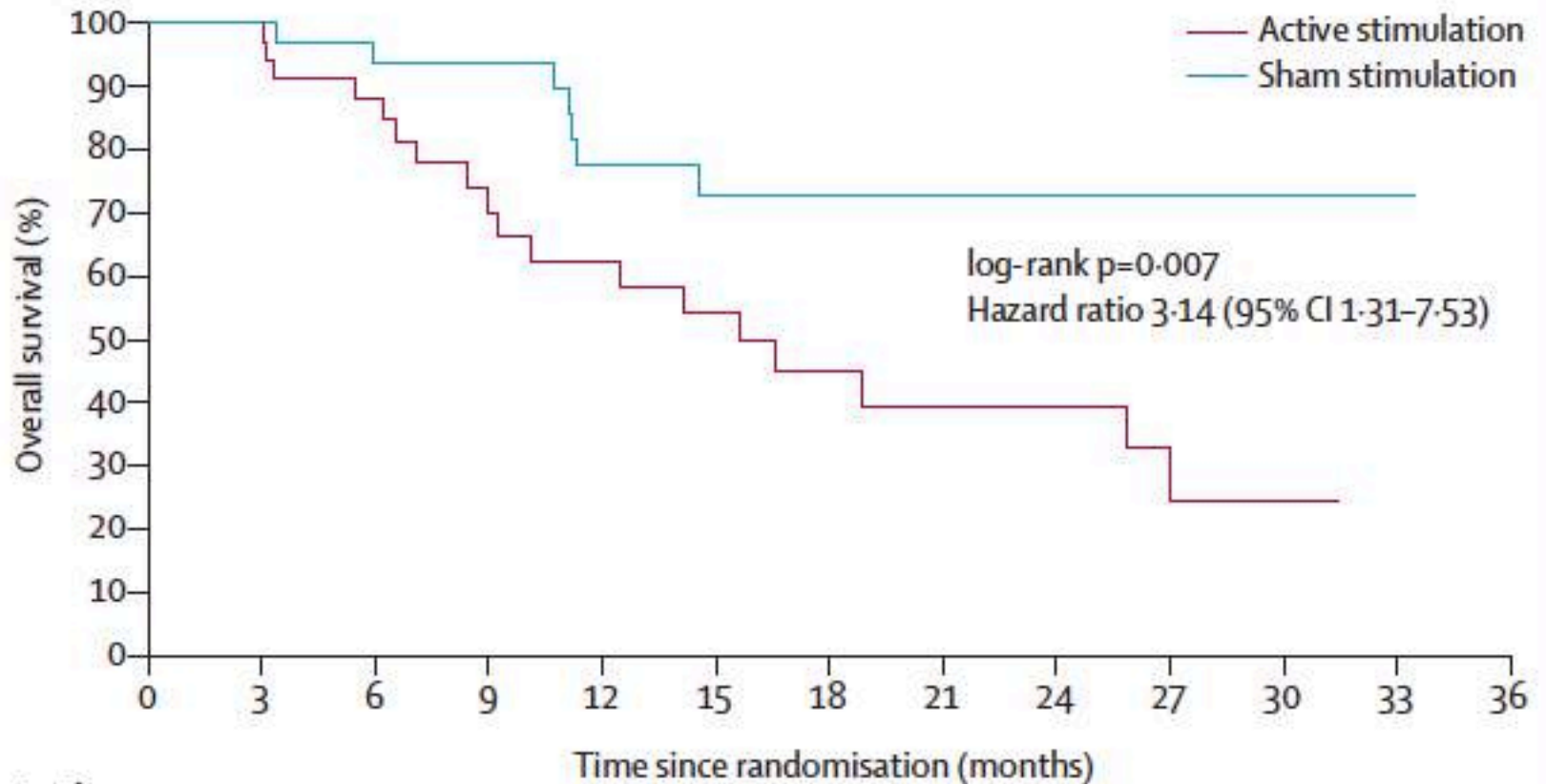
Number at risk	
Non-invasive ventilation	37 36 26 13 6 4
Non-invasive ventilation plus diaphragm pacing	37 29 14 6 4 1

stimulation phrénique dans la SLA



Number at risk		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Active stimulation	37	29	15	7	5	1	1	0	0	0	0	0
Sham stimulation	37	32	18	12	9	8	7	5	5	4	4	0

stimulation phrénique dans la SLA



	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
Number at risk													
Active stimulation	37	35	26	18	16	12	9	7	7	3	2	0	0
Sham stimulation	37	35	29	25	18	14	12	10	9	7	1	1	0

reconditionnement diaphragmatique – lésion phrénique

- patients avec dysfonction diaphragmatique uni ou bilatérale (cas cliniques)
- avec stimulation phrénique intradiaphragmatique
 - ✓ Post-chirurgie thoracique (n=4)
 - ✓ post-chirurgie ou post-traumatisme de l'épaule (n=5)
 - ✓ Idiopathique (n=9)
 - ✓ Autres (CMT, SMA) (n=3)amélioration respiratoire clinique (62%)
Sevrage de la ventilation mécanique (n=4)

Intérêt d'une stimulation phrénique temporaire?

aucune indication actuellement en cas d'atteinte phrénique ou diaphragmatique



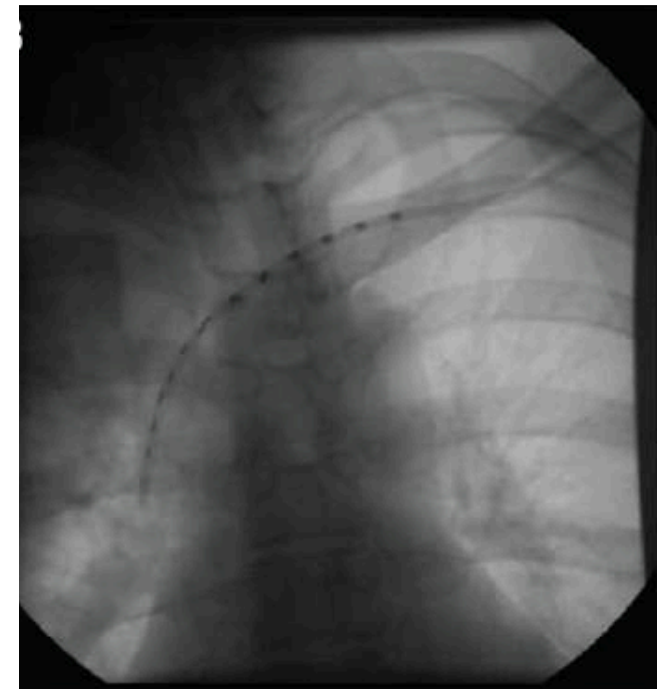
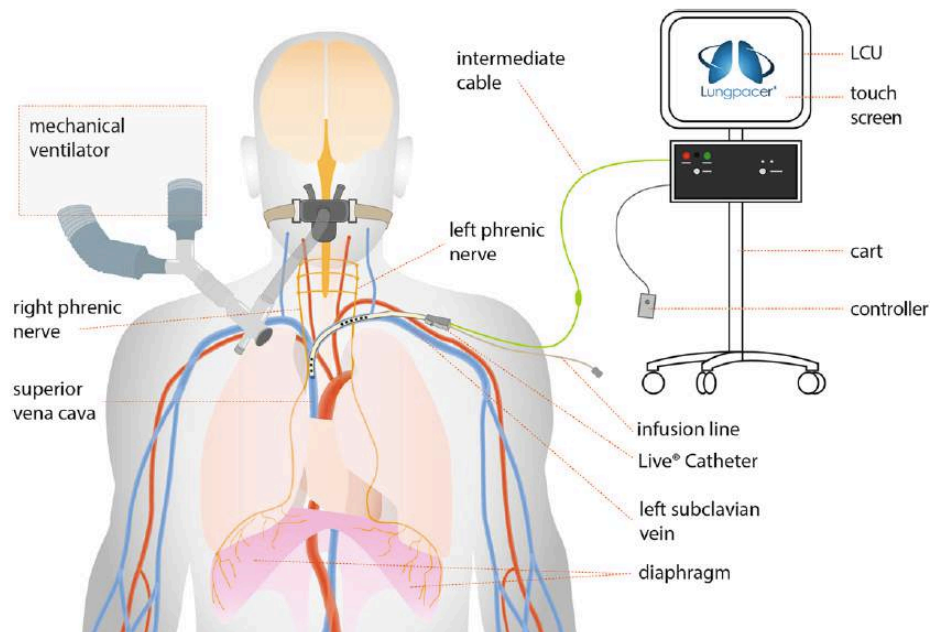
reconditionnement diaphragmatique – réanimation

curatif

Temporary transvenous diaphragm pacing vs. standard of care for weaning from mechanical ventilation: study protocol for a randomized trial



Douglas Evans^{1,10}, Deborah Shure², Linda Clark¹, Gerard J. Criner³, Martin Dres⁴, Marcelo Gama de Abreu⁵, Franco Laghi⁶, David McDonagh⁷, Basil Petrof⁸, Teresa Nelson⁹ and Thomas Similowski^{4*}



reconditionnement diaphragmatique – réanimation

The NEW ENGLAND JOURNAL of MEDICINE

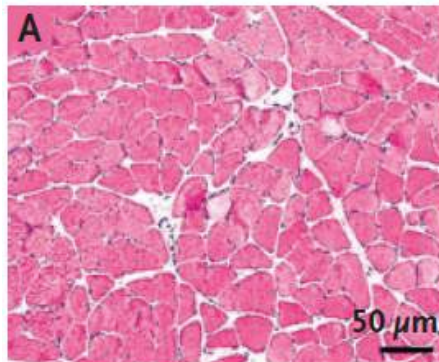
ESTABLISHED IN 1812

MARCH 27, 2008

VOL. 358 NO. 13

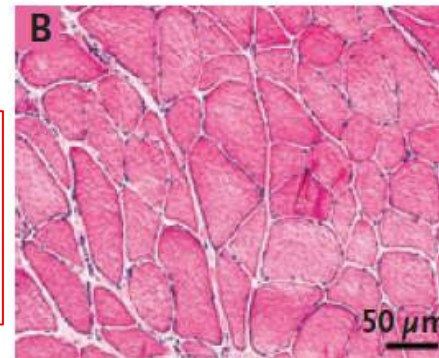
Rapid Disuse Atrophy of Diaphragm Fibers in Mechanically Ventilated Humans

Sanford Levine, M.D., Taitan Nguyen, B.S.E., Nyali Taylor, M.D., M.P.H., Michael E. Friscia, M.D.,
Murat T. Budak, M.D., Ph.D., Pamela Rothenberg, B.A., Jianliang Zhu, M.D., Rajeev Sachdeva, M.D.,
Seema Sonnad, Ph.D., Larry R. Kaiser, M.D., Neal A. Rubinstein, M.D., Ph.D., Scott K. Powers, Ph.D., Ed.D.,
and Joseph B. Shrager, M.D.



Case – VM - 18-69h

atrophie
induite
par l'inactivité
diaphragmatique



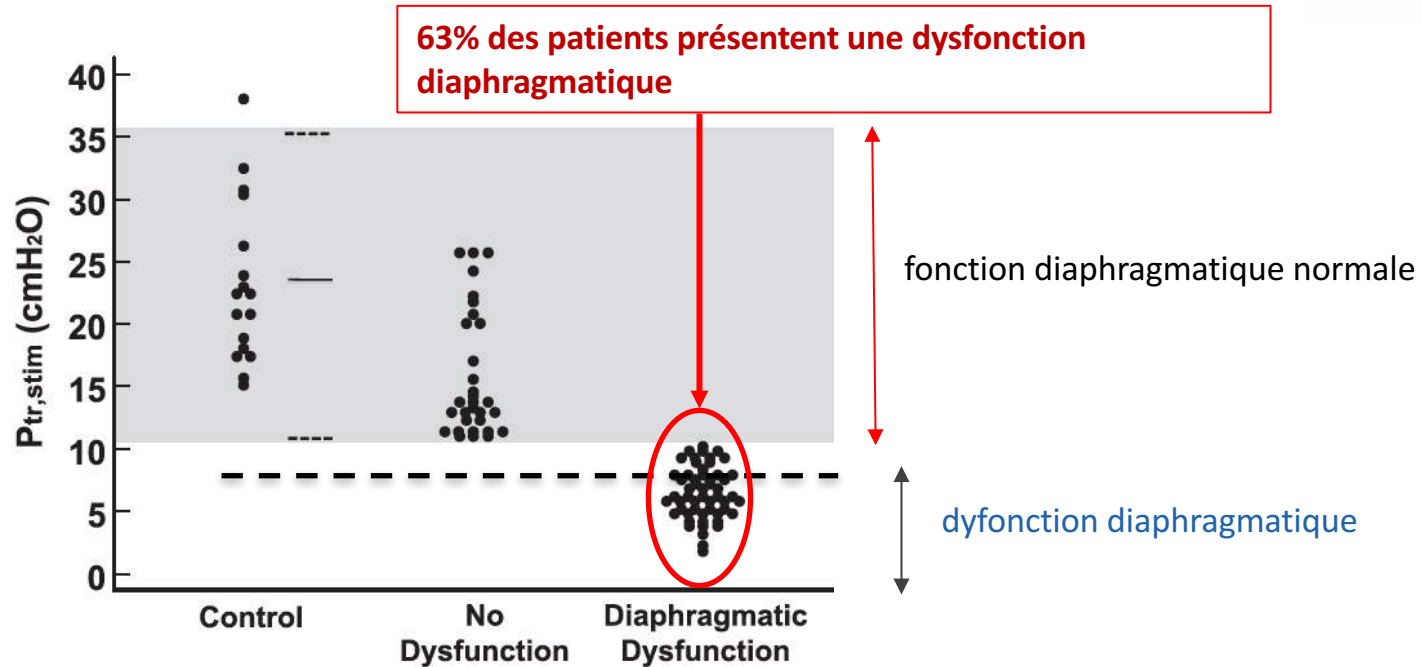
Control – VM - 2-3h

remerciements au Dr Martin Dres

Diaphragm Dysfunction on Admission to the Intensive Care Unit

Prevalence, Risk Factors, and Prognostic Impact—A Prospective Study

Alexandre Demoule^{1,2,3}, Boris Jung^{4,5}, Hélène Prodanovic², Nicolas Molinari⁶, Gerald Chanques^{4,5}, Catherine Coirault³, Stefan Matecki^{5,7}, Alexandre Duguet^{1,2}, Thomas Similowski^{1,2*}, and Samir Jaber^{4,5*}



reconditionnement diaphragmatique – réanimation

Diaphragm Activation in Ventilated Patients Using a Novel Transvenous Phrenic Nerve Pacing Catheter

Steven Reynolds, MD, FRCPC^{1,2}; Adrian Ebner, MD³; Tracy Meffen, MS⁴; Viral Thakkar, MSc⁴;
Matt Gani, BSc, BEng⁴; Kaity Taylor, BSc⁴; Linda Clark, BSN⁴; Gautam Sadarangani, BASc⁴;
Ramasamy Meyyappan, MSc⁴; Rodrigo Sandoval, MSc⁴; Elizabeth Rohrs, BSc^{1,2}; Joaquín A. Hoffer, PhD^{2,4}

Subject	SYNC Mode Stimulation Current ^a , Range (mA)	
	Left Side	Right Side
1	3.2–4.5	9.0
2	5.4–9.0	5.4–7.6
3	2.7	2.7–4.5
4	2.7	No right capture
5	1.6–3.2	0.8–1.4
6	0.7	1.4
7	2.7–3.8	2.7–3.2
8	3.2–6.4	2.7
9	1.4–2.3	5.4
10	0.3–1.0	5.4–6.4
11		Subject excluded before procedure

Subject	SYNC Mode Stimulation Current ^a , Range (mA)	
	Left Side	Right Side
12	0.7–1.1	3.2–5.4
13	1.4–2.3	2.3–2.7
14	1.6–2.3	6.4–10.0
15	10.0	1.4–2.7
16		No bilateral capture
17	1.6	2.3
18	0.4	1.9
19	0.7–0.8	2.7–3.8
20	1.6–2.3	7.6–10.0
21	2.3–2.7	1.9
22	2.3	No right capture
23	1.9	3.8
24	2.7	7.6

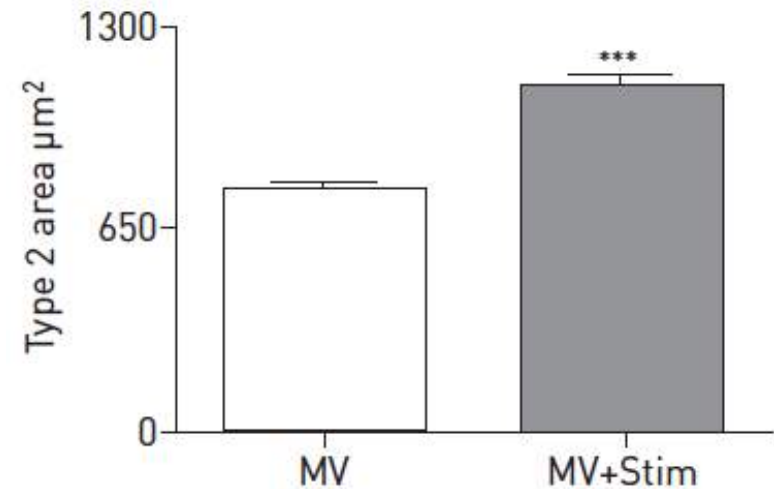
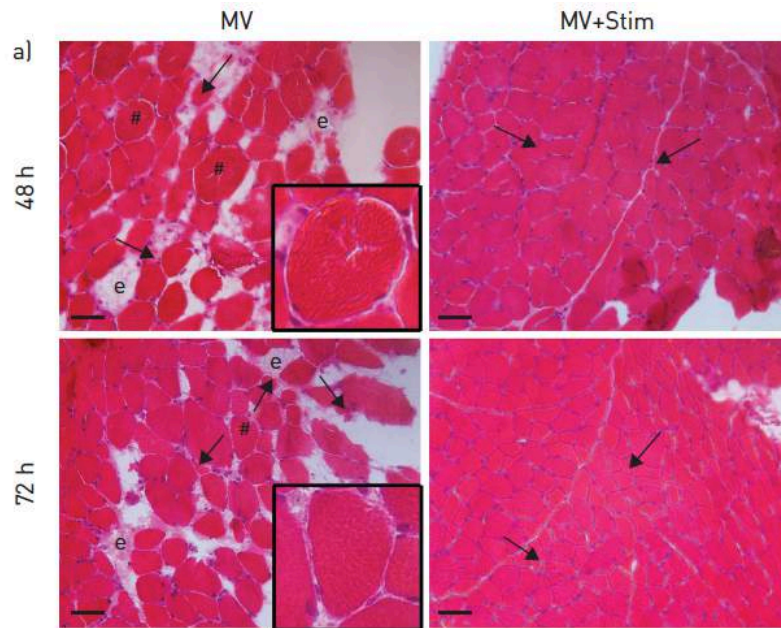
Intensité max < 10 mA

Critical Care Medicine

reconditionnement diaphragmatique – réanimation

préventif

Can phrenic stimulation protect the diaphragm from mechanical ventilation-induced damage?



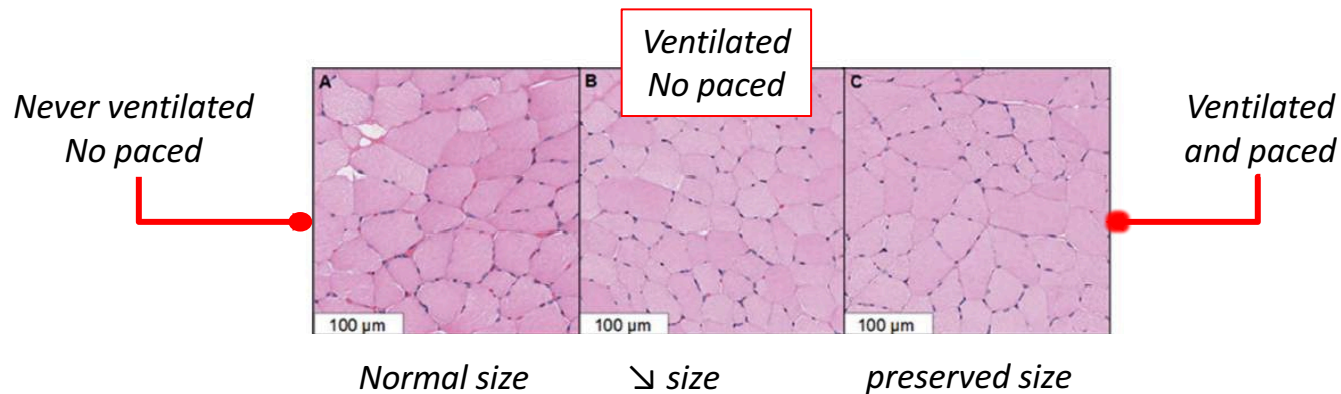
étude chez la brebis

reconditionnement diaphragmatique – réanimation

préventif

Mitigation of Ventilator-induced Diaphragm Atrophy by **Transvenous Phrenic Nerve Stimulation**

Steven C. Reynolds^{1,2,3}, Ramasamy Meyyappan⁴, Viral Thakkar⁴, Bao D. Tran⁴, Marc-André Nolette⁴, Gautam Sadarangani⁴, Rodrigo A. Sandoval⁴, Laura Bruulsema^{4,5}, Brett Hannigan^{4,5}, Jason W. Li⁵, Elizabeth Rohrs², Jason Zurba², and Joaquín Andrés Hoffer^{4,5}



étude chez le cochon

remerciements au Dr Martin Dres

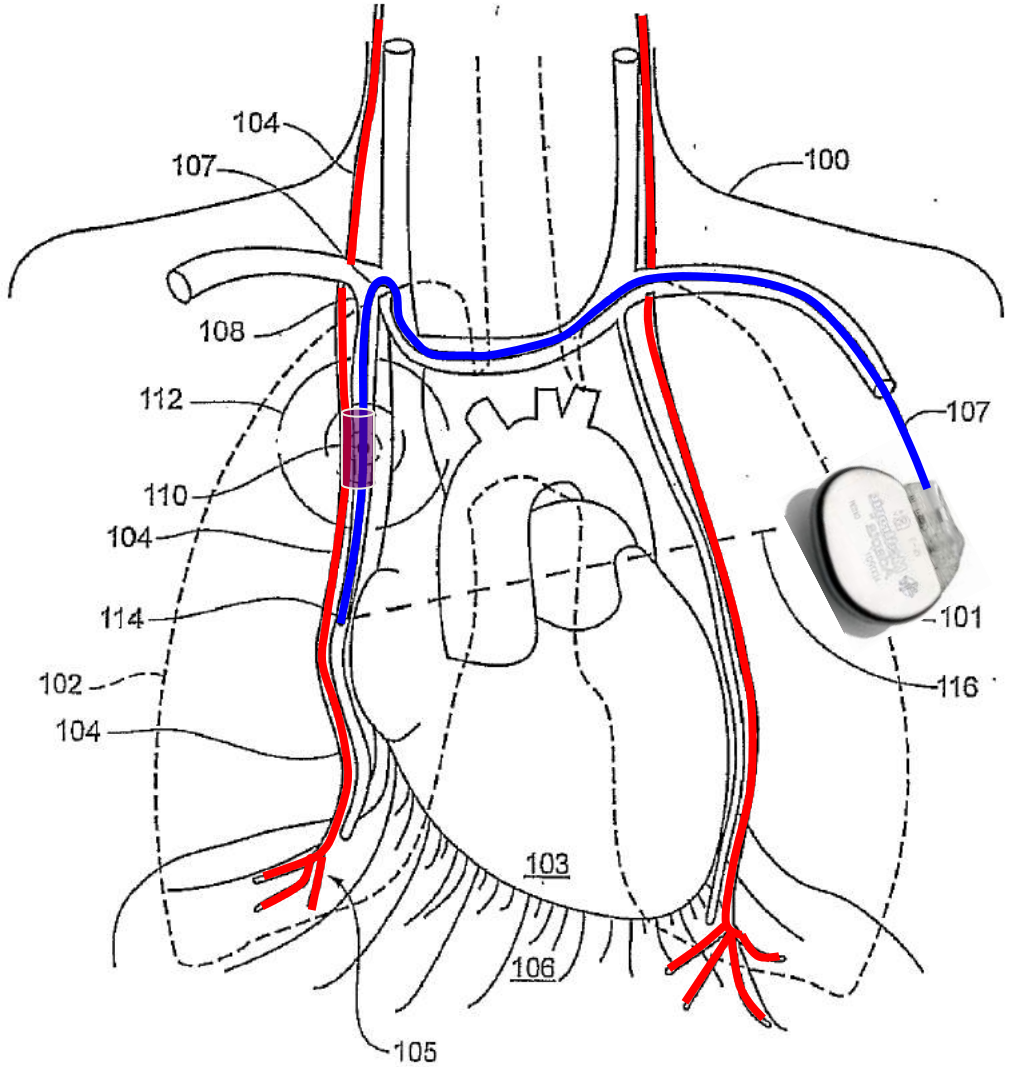
innovations

nouvelles techniques

stimulation phrénique intradiaphragmatique par implantation transmédiastinale (insertion endoscopique)

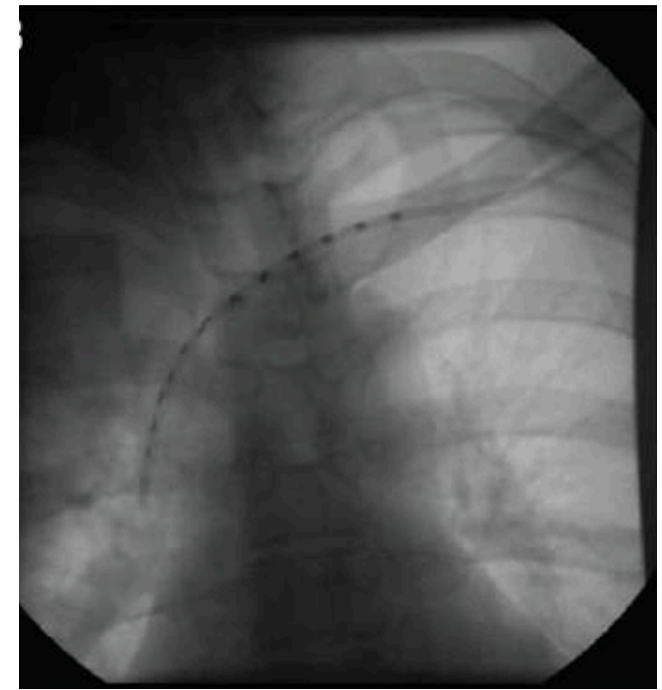
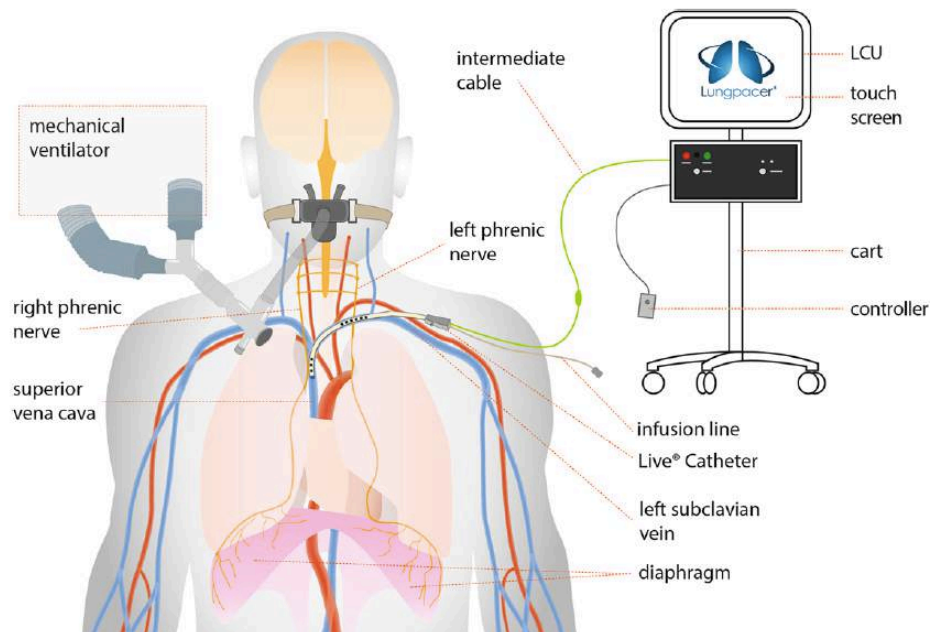


nouvelles techniques



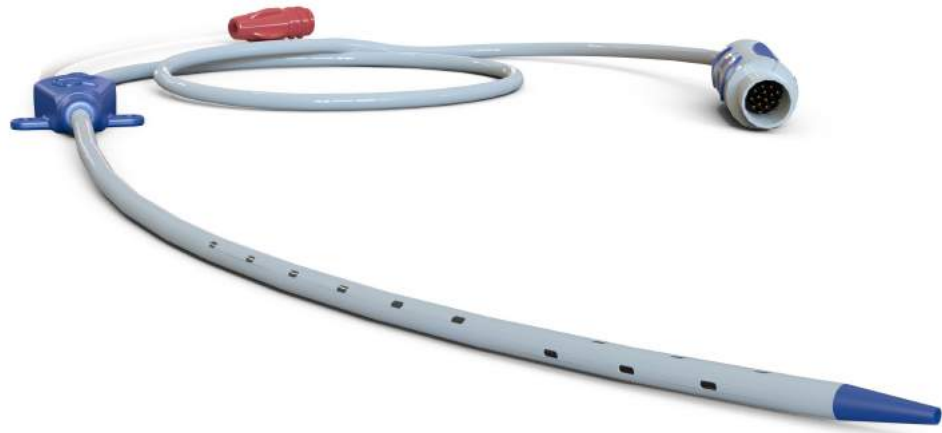
nouvelles techniques

stimulation phrénique transveineuse Lungpacer® en réanimation



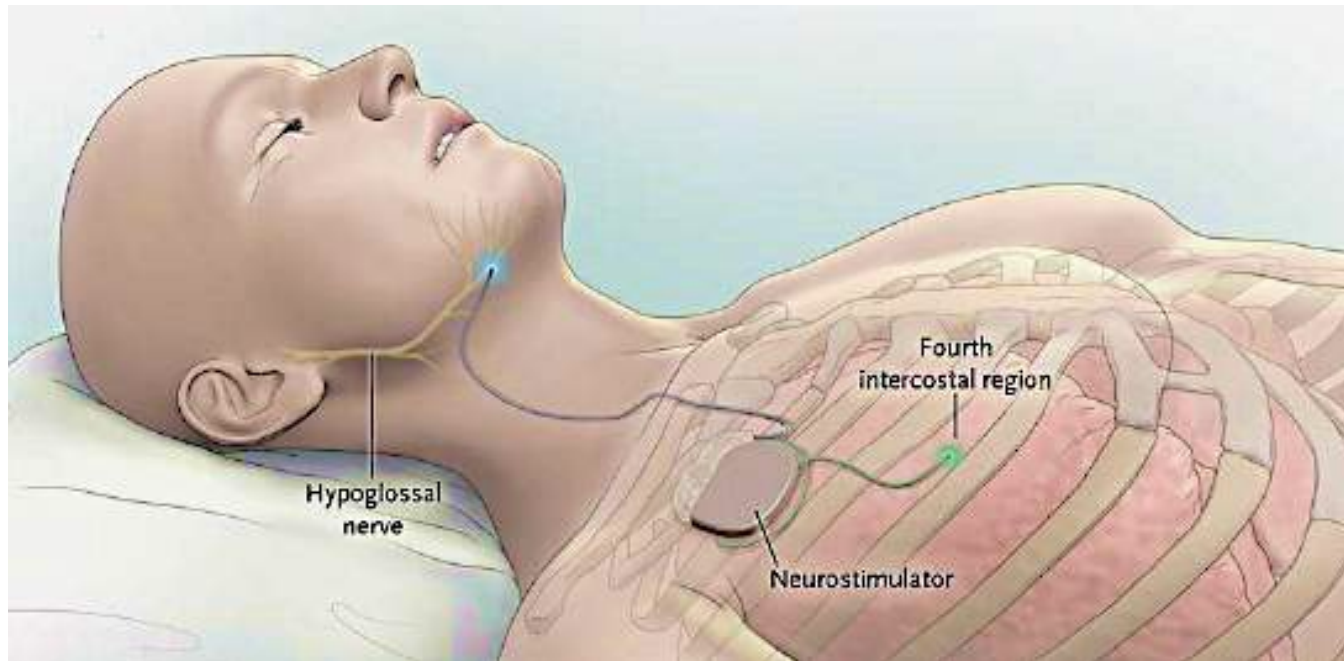
nouvelles techniques

LIVE Catheter

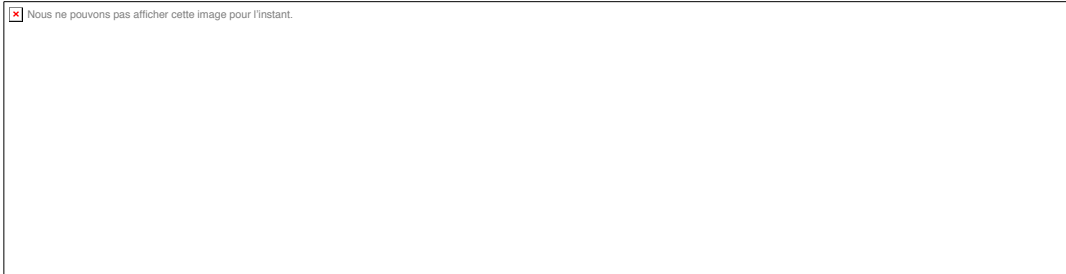


innovations - stimulation intelligente

co-stimulation phrénique/hypoglosse ?



Inspire Medical Systems in obstructive sleep apnea



conclusions

- efficace et remboursée dans 2 indications (tétraplégiques et hypoventilation alvéolaire centrale)
- 2 techniques : intrathoracique, intradiaphragmatique
- amélioration de la qualité de vie : perspective avec une co-stimulation de l'hypoglosse
- nouvelles indications avec la stimulation transveineuse ?
 - ✓ en réanimation : transitoire
 - ✓ apnées centrales
 - études randomisées contrôlées en attente