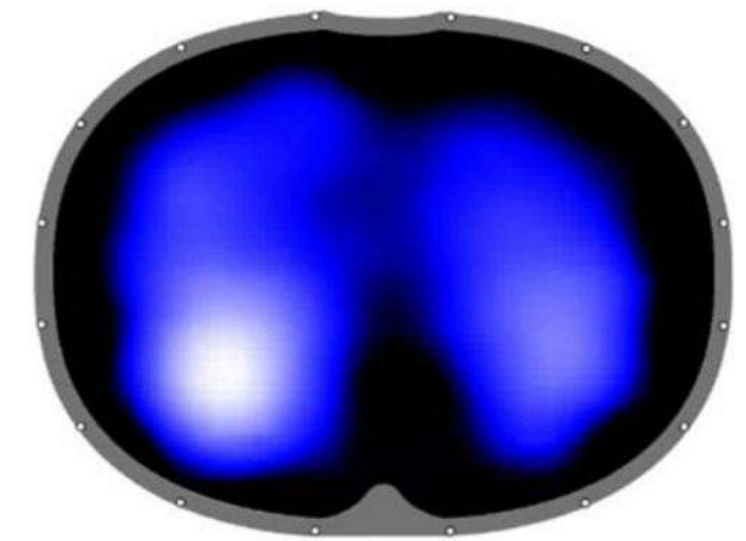


Atelier SRLF 2022

Tomographie par Impédance Electrique

Principe, Mise en place et Applications Cliniques pour le MKREA



Arnaud ROUX MKDE
*CHU Clermont-ferrand
Hôpital Gabriel Montpied
Membre du CS SKR*

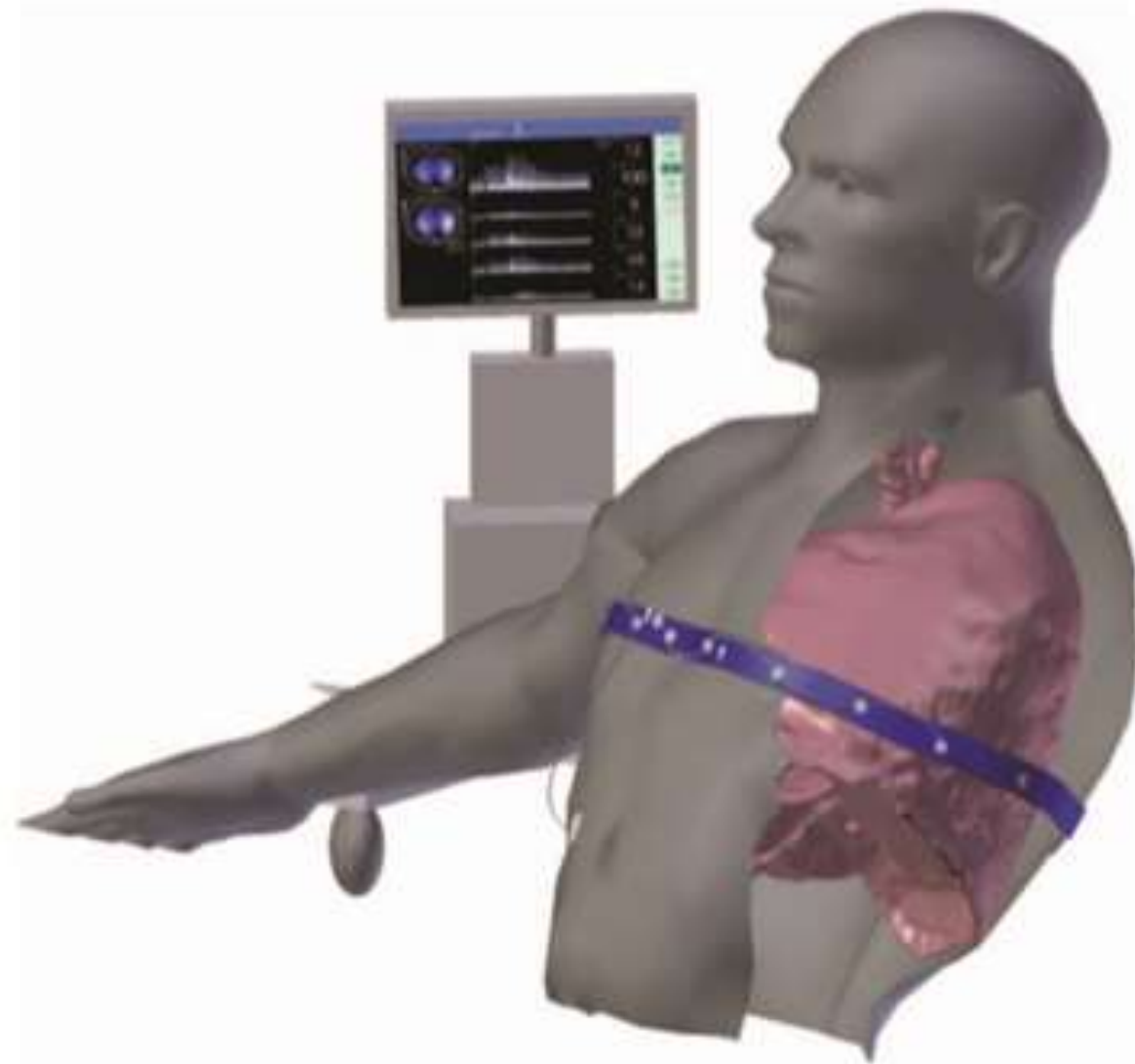
Alexandre GARCIA MKDE
*CHU de Bordeaux - Magellan
Réanimation Chirurgicale
Thoracique & Digestive*

Pas de Conflits d'Intérêts

TIE

Tomographie par impédance électrique

Monitoring de la fonction pulmonaire
impédancemétrie



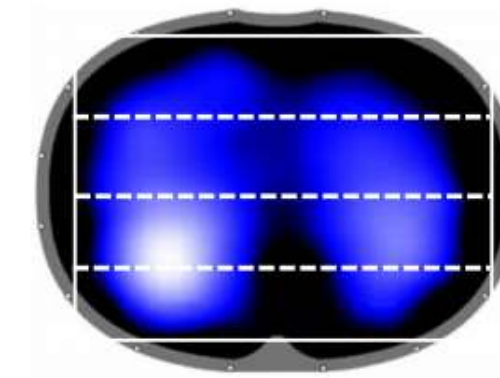
Rowley et al. 2019

- ✓ Non invasive
- ✓ Au lit du patient

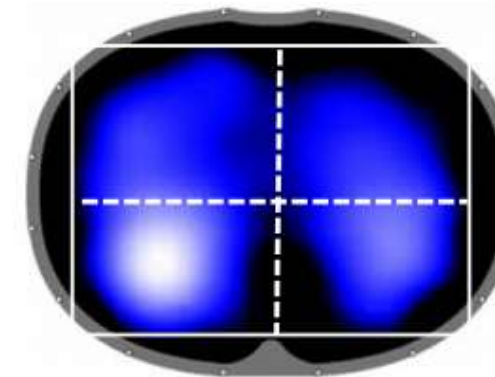


- ✓ Dynamique
- ✓ Validé

Distribution de l'impédance
=
Distribution de l'air



ventral	10%
mid-ventral	38%
mid-dorsal	40%
dorsal	12%



right upper	25%
right lower	30%
left upper	22%
left lower	23%

- Shono et Kotani
2019

Tomographie par impédance électrique

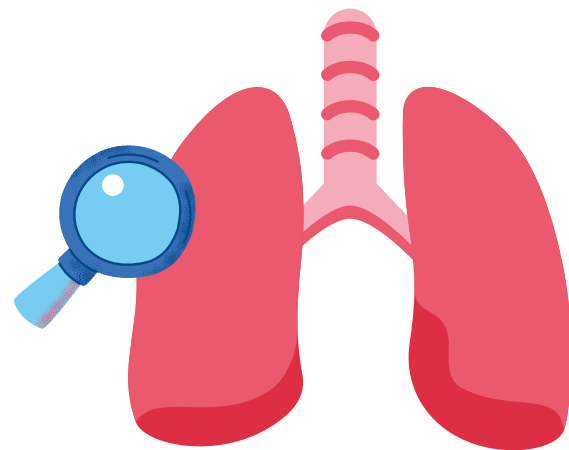
Evaluation des pratiques

Recherche

Pratique Clinique



Individualisation du soin



OBJECTIFS PEDAGOGIQUES



- + S'approprier les bases de fonctionnement TIE
- + Connaître les étapes de mise en place TIE
- + Interpréter les mesures TIE et connaître leurs limites



- + Place du TIE dans la pratique clinique du MKREA ?
- + Retour d'expérience



TIE

Principe de Fonctionnement

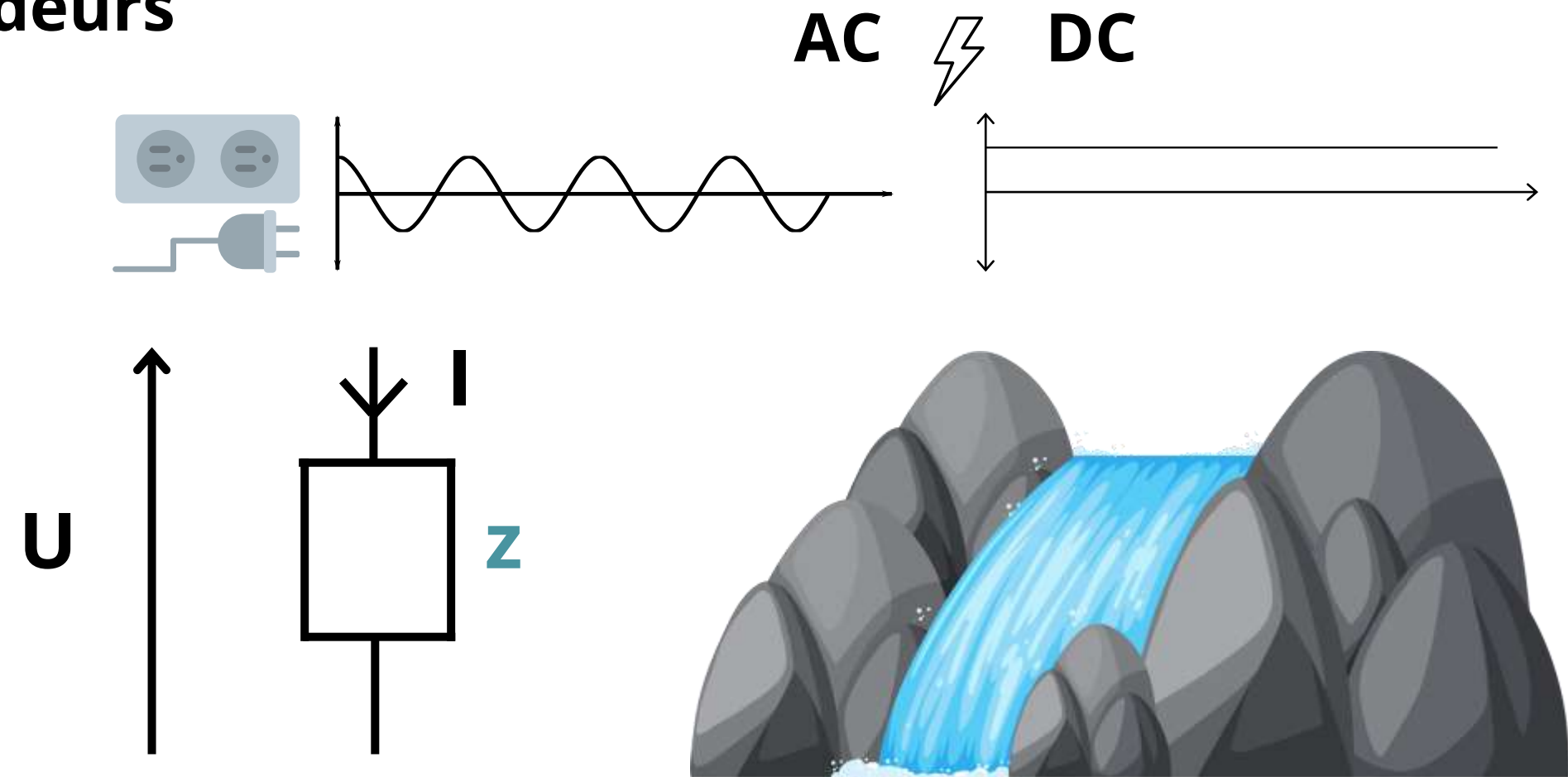
L'Impédance Z

Circuit électrique basique - **3 grandeurs**

⚡ **Courant - I** (*Ampère*)

⚡ **Tension - U** (*Volt*)

⚡ **Impédance - Z** (*Ohm*)

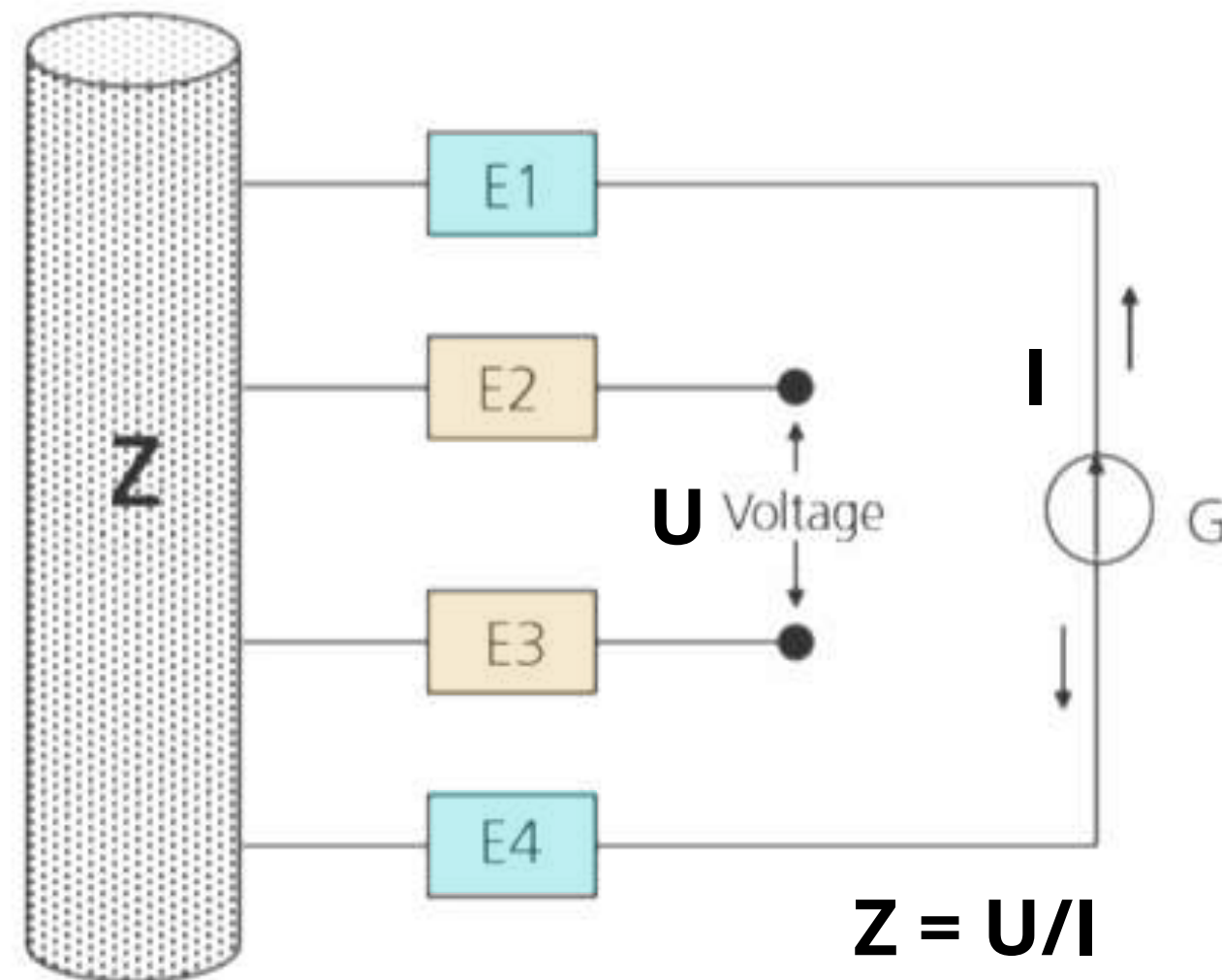


L'impédance est la propriété d'un système à **resister** au passage d'un **courant électrique alternatif**.

Loi d'Ohm - [U (volt) = Z (Ohm) * I (Ampère)]

Bio-impédance

La Bioimpédance (Ohm.m) : propriété d'un **tissu biologique** à **résister** au passage d'un **courant électrique alternatif**.



Tissu biologique



Quantité de fluides



Proportions d'électrolytes conducteurs (ions)

Conditions de mesure



Fréquence & Direction du courant injecté

TIE : historique



Tomo- "coupure" / -***graphie*** "image"

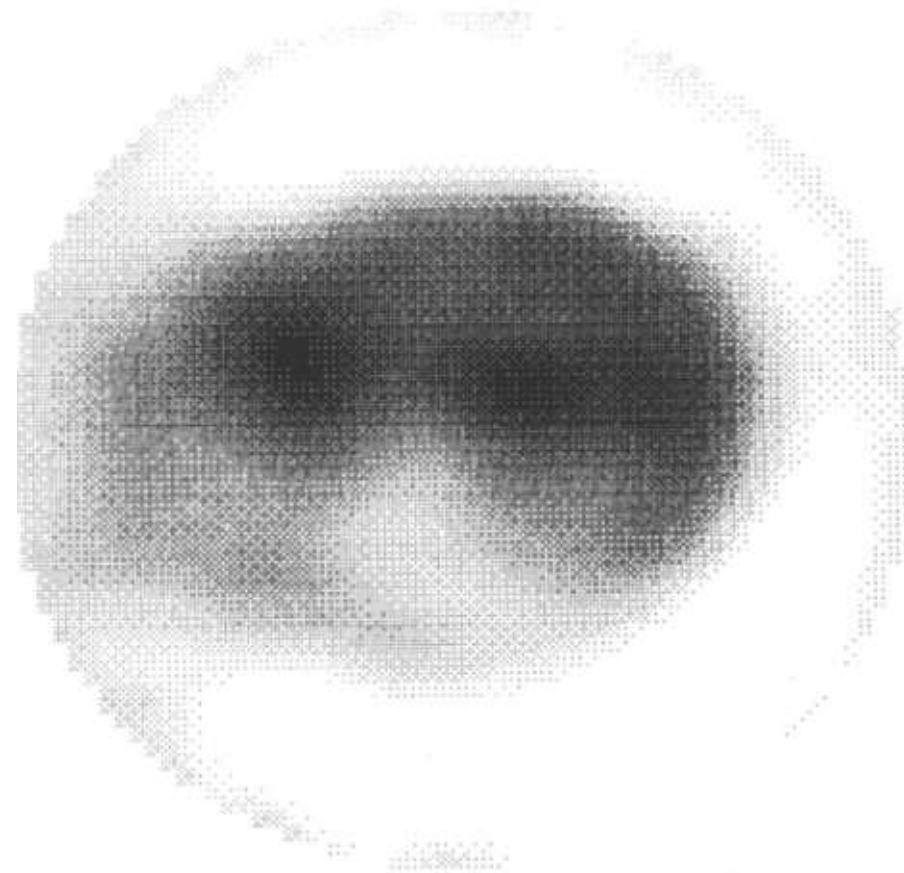


Figure 3. An applied potential tomography image of a forearm constructed from a 16-electrode circular array. The arm was placed into an 80 mm diameter saline-filled tank whose outline is visible on the image.

D C Barber & H B Brown

Distribution spatiale de l'**impédance** de tissus biologiques suivant une **coupe transversale**

TIE décrit pour la première fois en **1984**
D C Barber & H B Brown

← Coupe Transversale d'un avant-bras

TIE du Thorax

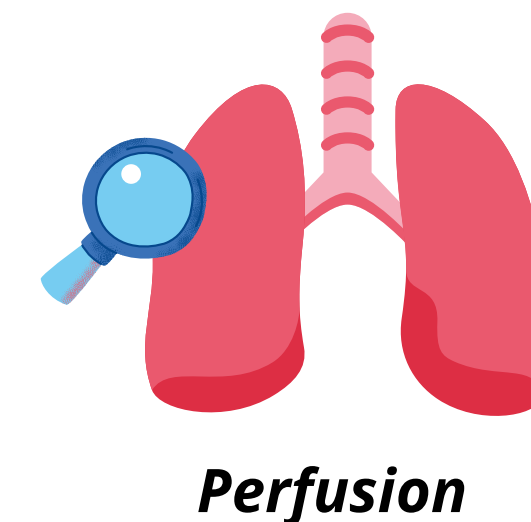
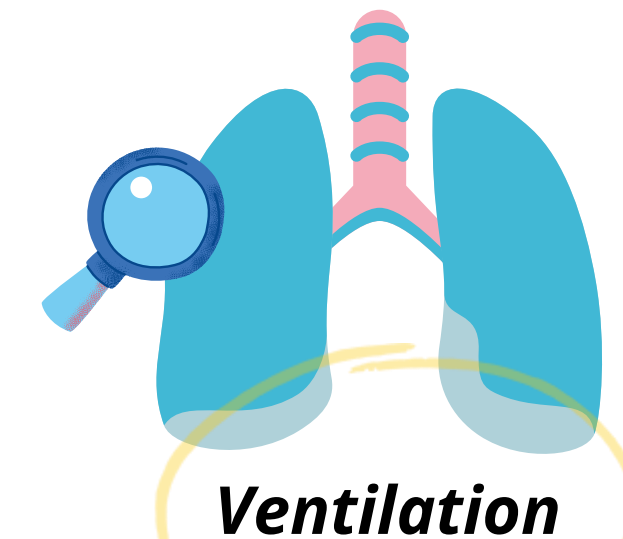
Table 1. Electrical resistivity of thoracic tissues.

Tissue	Resistivity ($\Omega \cdot \text{cm}$)
Blood	150
Lungs, inspiration	2400
Lungs, expiration	700
Heart muscle, longitudinal	125
Heart muscle, transversal	1800
Skeletal muscle, longitudinal	160–575
Skeletal muscle, transversal	420–5200
Fat	2000–2700
Bone	16,600

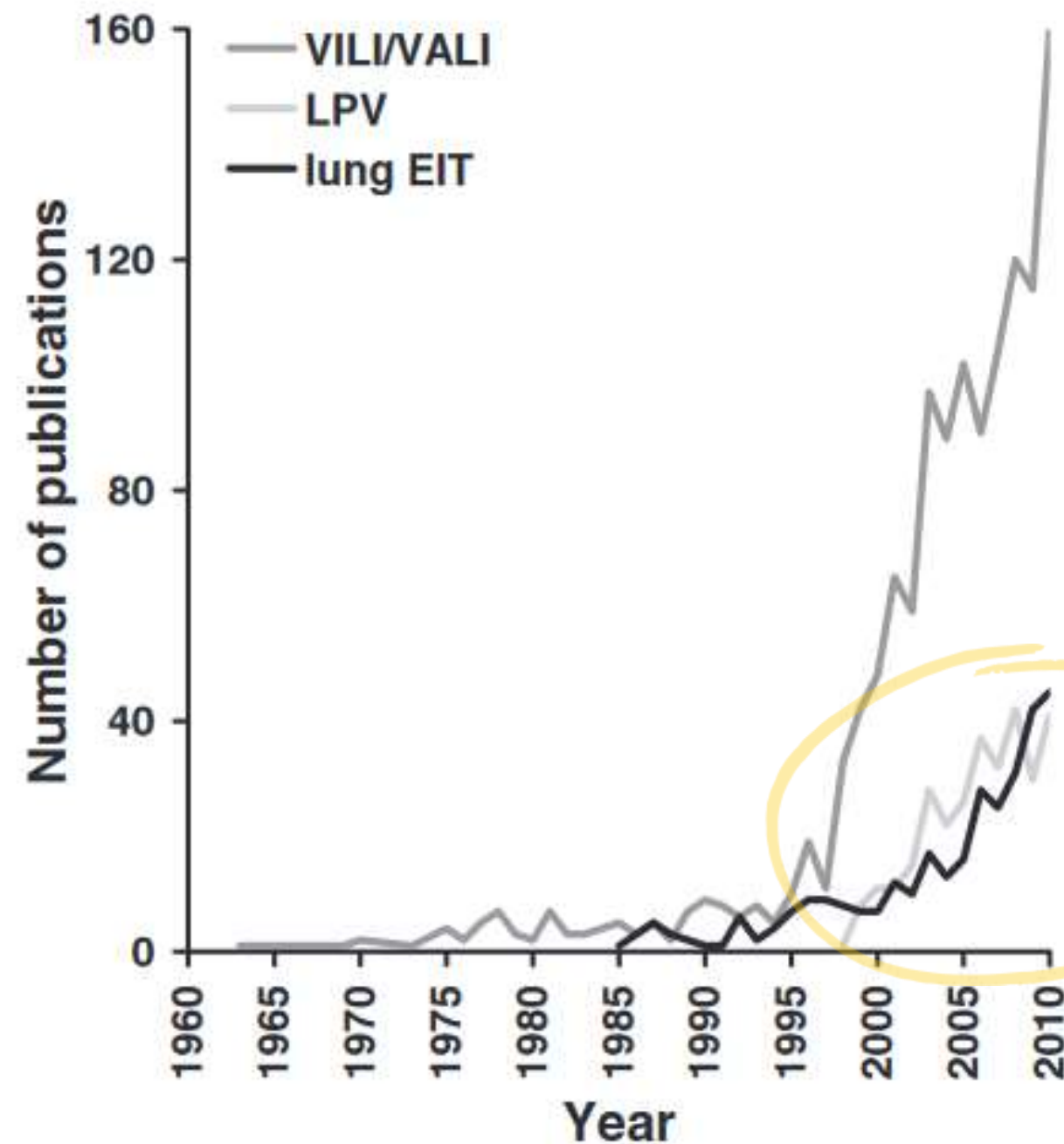
Putensen et al. 2019

Phénomènes Physiologiques

Variations d'Impédance



TIE du Thorax



1995 Etude croissante des **VILI**

2000 Emergence de la **Ventilation Protectice**

Besoin de **caractériser la réponse régionale du poumon** à la **ventilation mécanique**

Developpement des **outils** de **monitorage**
Guider les stratégies de soin

Figure 1. Number of publications on VILI/VALI, LPV and lung EIT published in peer-reviewed journals. (Source: ISI Web of Knowledge, Thomson Reuters, New York, USA.)

TIE

Dispositifs



Images issues de https://www.draeger.com/fr_fr/Products/PulmoVista-500

TIE

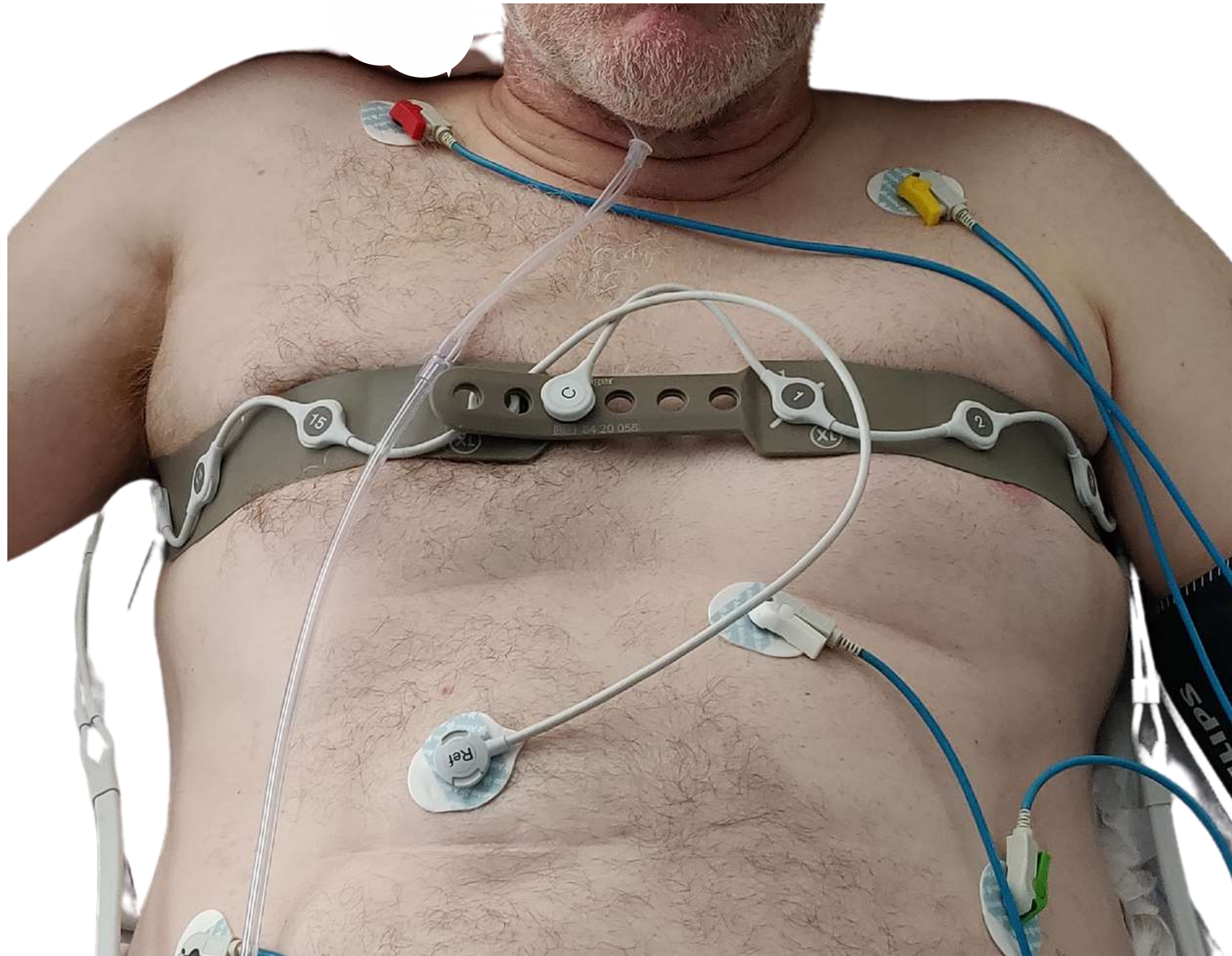
Dispositifs

Table 2. Commercially available electrical impedance tomography (EIT) devices.

Manufacturer	EIT System	→ Electrodes		→ Image Reconstruction Algorithm	→ Measurement and Data Acquisition
		Number	Configuration		
Swisstom AG	BB ²	32	electrode belt	Graz consensus reconstruction algorithm for EIT (GREIT) algorithm for EIT (GREIT)	pair drive (adjustable skip) serial measurement
Timpel SA	Enlight	32	electrode stripes	Finite Element Method-based Newton-Raphson method	pair drive (3-electrode skip) parallel measurement
CareFusion	Goe-MF II	16	individual electrodes	Sheffield back-projection	pair drive (adjacent) serial measurement
Dräger Medical	PulmoVista 500	16	electrode belt	Finite Element Method-based Newton-Raphson method	pair drive (adjacent) serial measurement
Maltron Inc	Mark 1	16	individual electrodes	Sheffield back-projection	pair drive (adjacent)
	Mark 3.5	8	individual electrodes		serial measurement

Putensen et al. 2019

Mesure & Acquisition des données



Positionnement de la ceinture

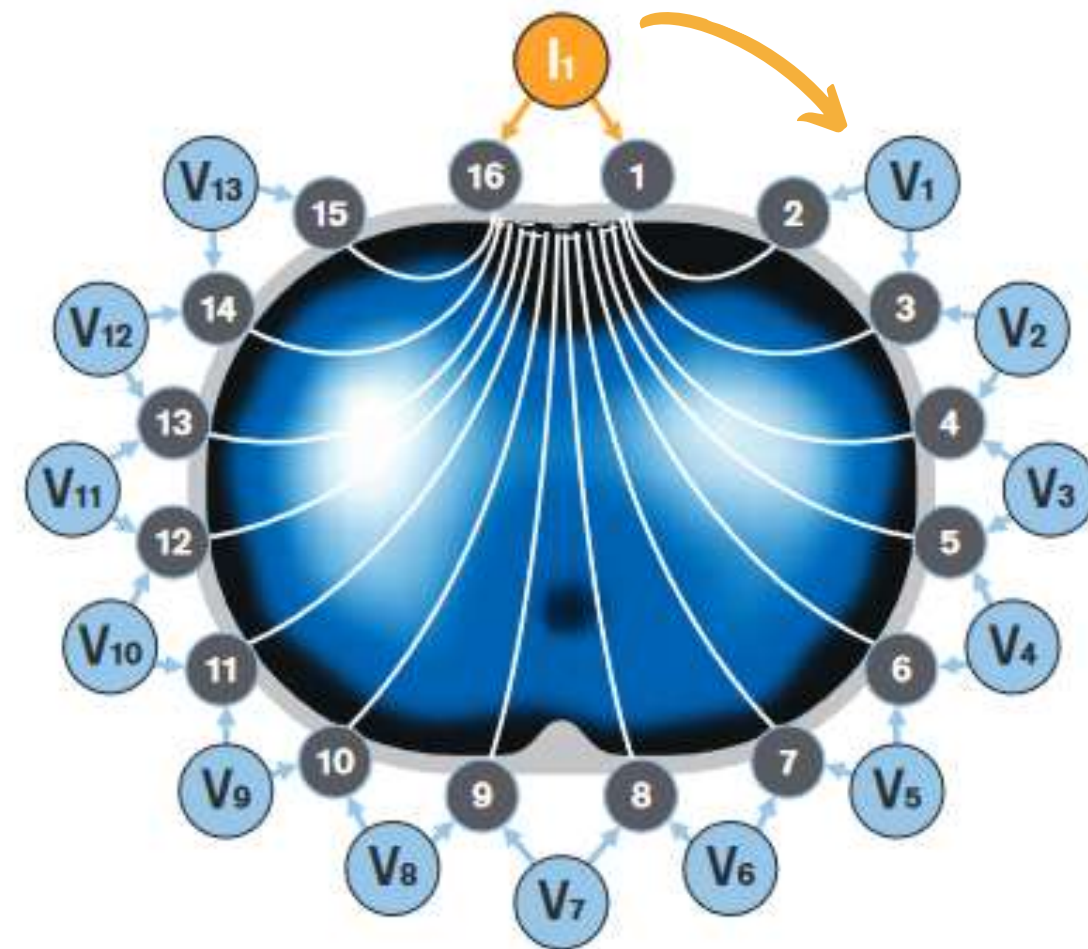
Karsten J et al. 2016

- **4 - 6ème** espace intercostal
- **Ligne parasternale**
- **Contact peau**

Perturbation des mesures

- Pansements, fils de sutures,
- **Mouvements, paroles**

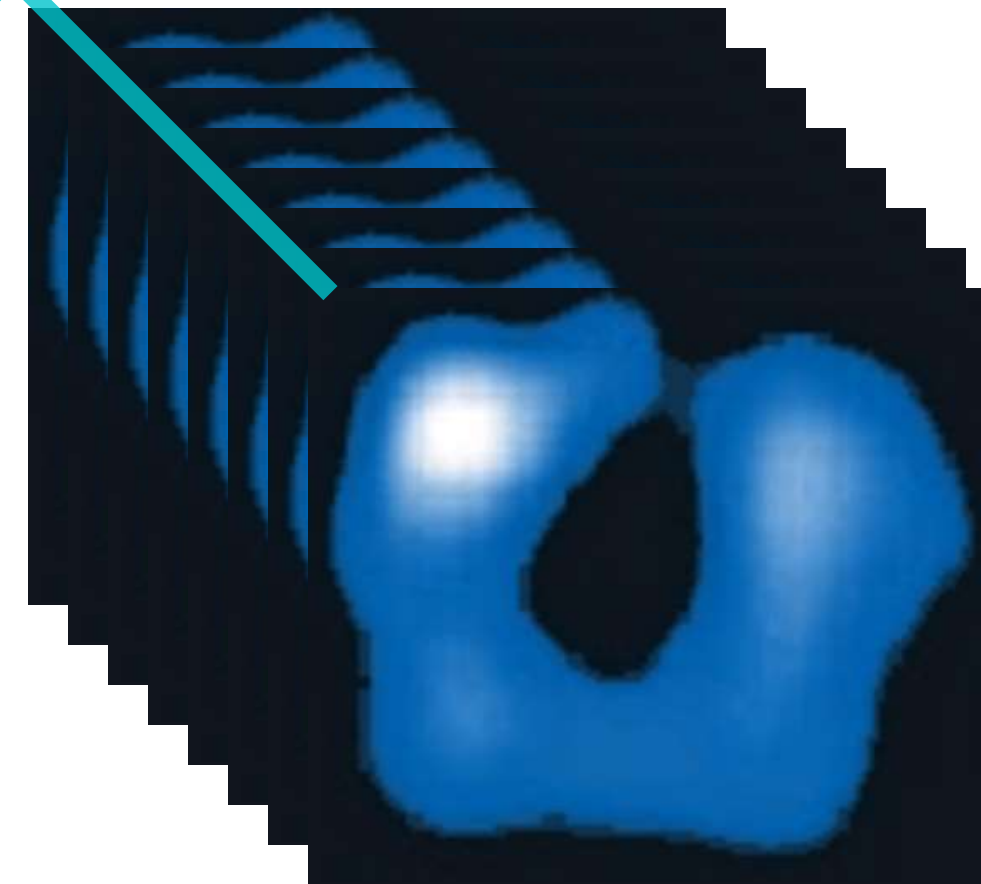
Mesure & Acquisition des données



Teschner, Imhoff, et Leonhardt, s. d.

Acquisition
 $Z=V/I$

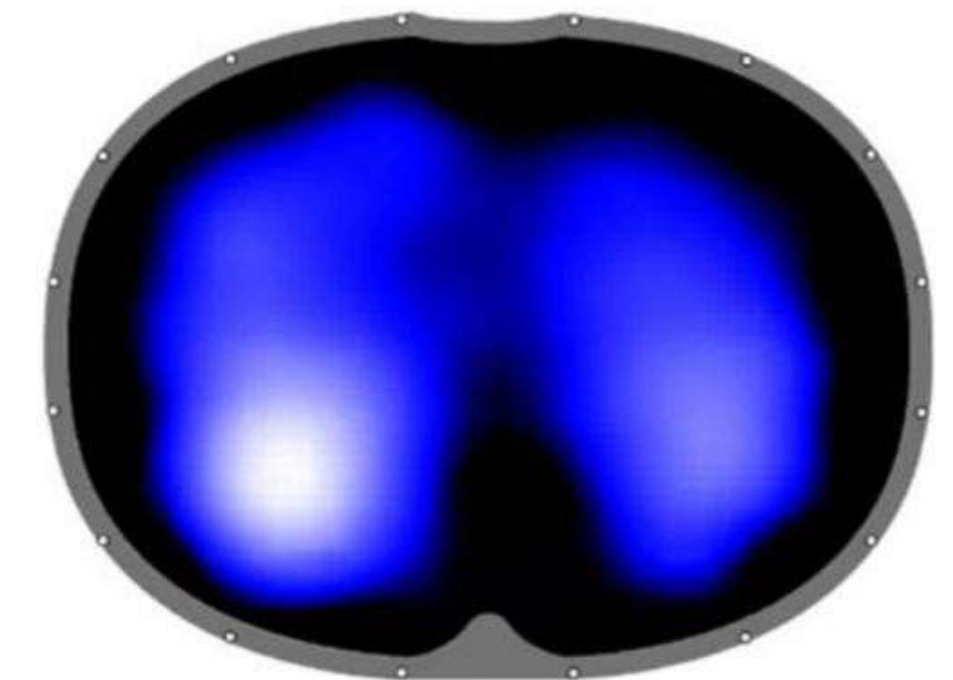
temps



Teschner, Imhoff, et Leonhardt, s. d.

Génération images 2D
32x32 pixels

Imagerie relative
Variation Impédance
fin d'inspiration



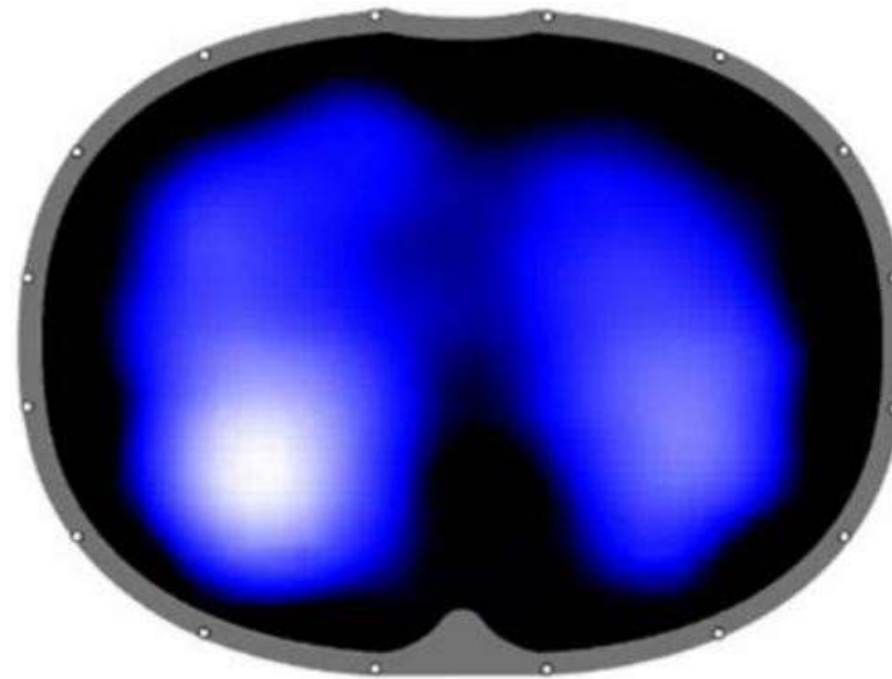
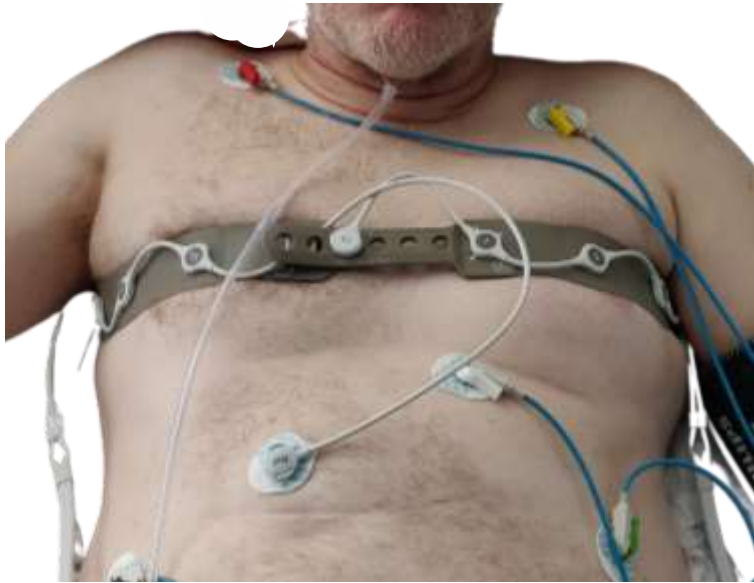
- +
Shono et Kotani
2019

Frame rate 25/sec

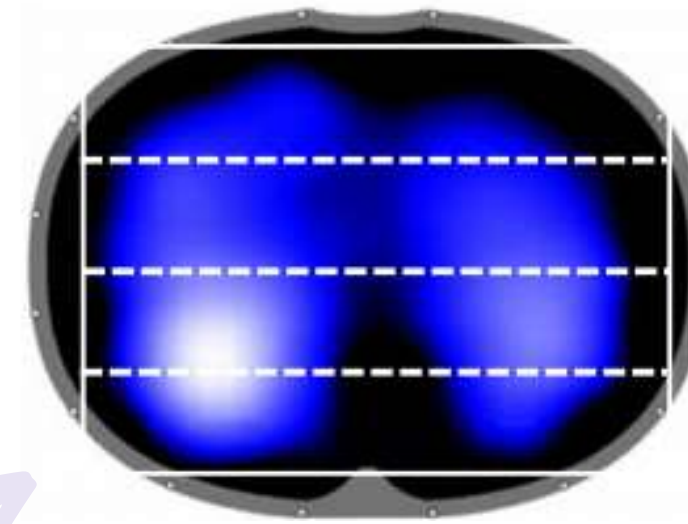
Variation d'impédance = Variation de volume

Van Genderingen et al. 2003

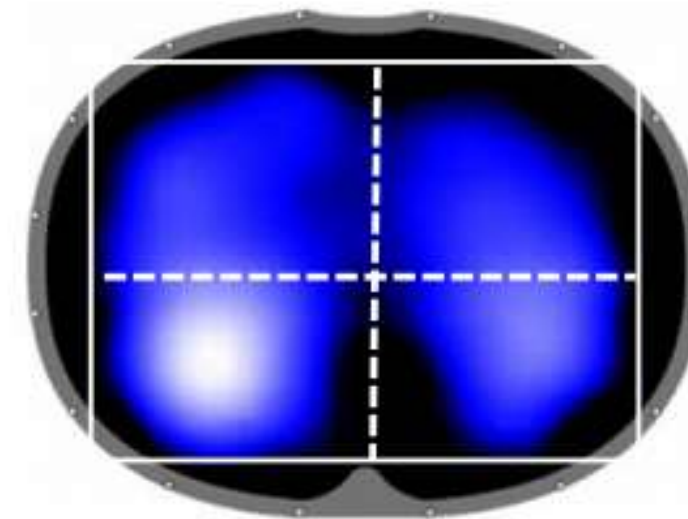
Analyse Régionale



- Shono et Kotani
2019



ventral	10%
mid-ventral	38%
mid-dorsal	40%
dorsal	12%



right upper	25%
right lower	30%
left upper	22%
left lower	23%



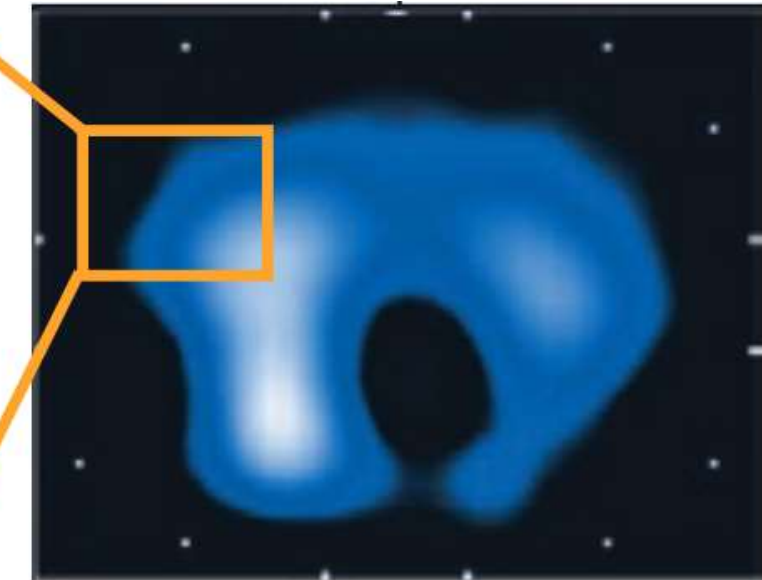
Données TIE Monitorées

TIV**Tidal Impedance Variation**→ reflet du **Vt**

Van Genderingen et al. 2003

VENTILATION

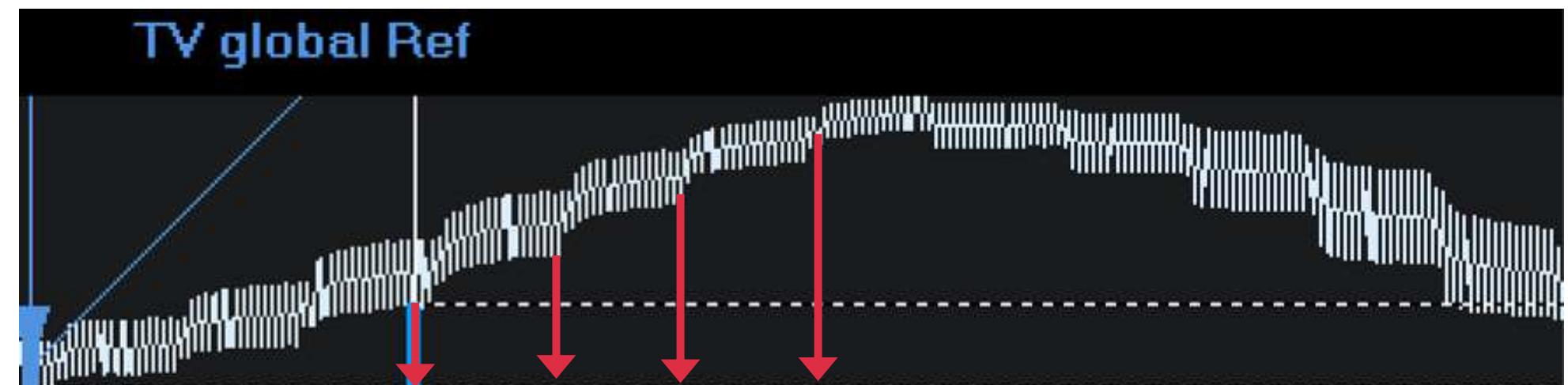
4,7	5,0	5,1	5,8	6,3
5,4	5,9	6,9	7,7	7,2
6,1	7,4	8,6	9,5	11,3
6,8	8,6	9,5	12,8	15,4
7,3	8,9	10,4	14,5	16,1



Teschner, Imhoff, et Leonhardt, s. d.

EELI**End Expiratory Lung Impedance**→ reflet **EELV : CRF**

Hinz et al. 2003

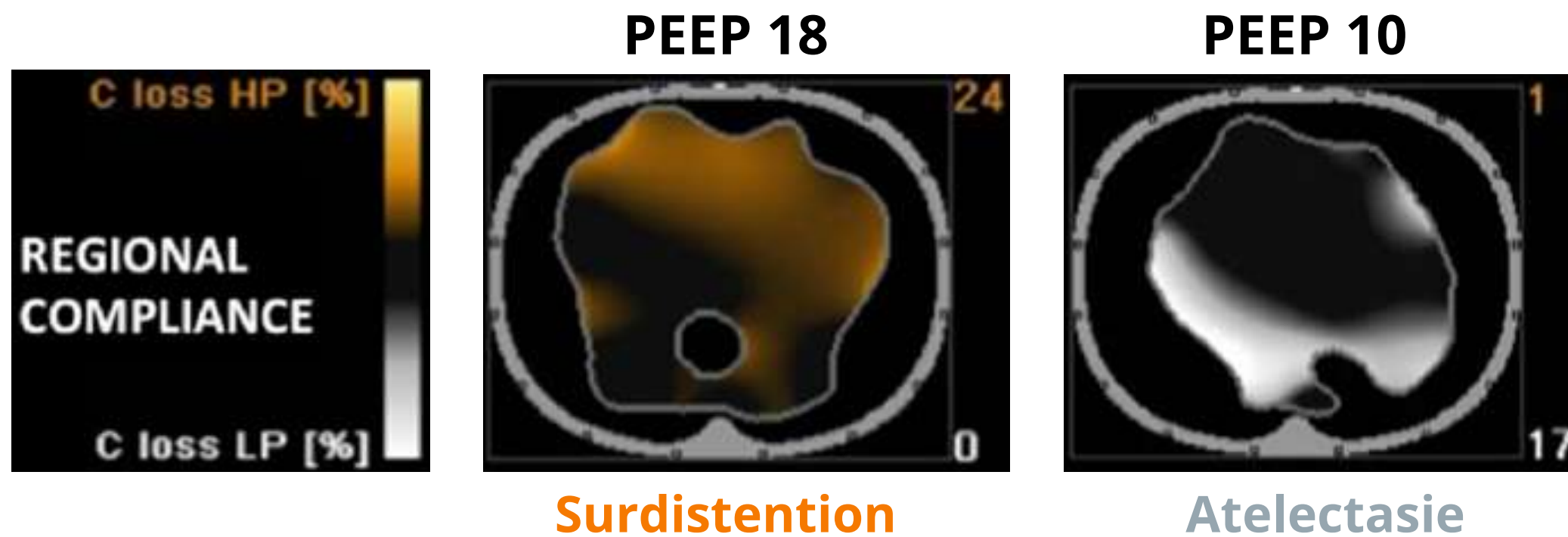
RECRUTEMENT

Données TIE Monitorées

Intubé / Ventilé

Regional Respiratory System Compliance

- Compliance régionale : $\frac{\text{TIV pixel}}{\text{Pression Motrice globale}}$
- Estimation des zones Surdistendues / Collabées (atelectasiées) Costa et al. 2009

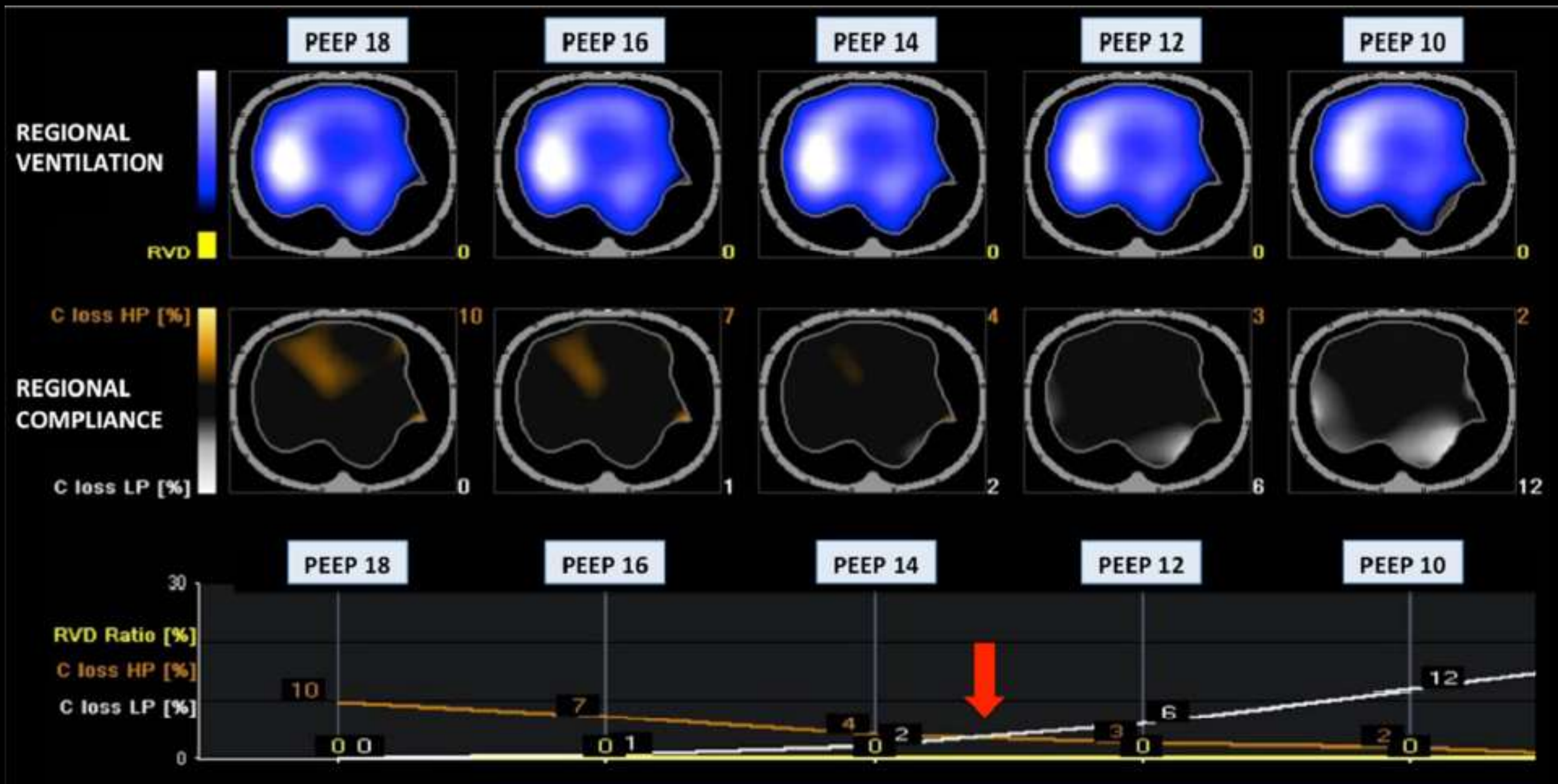


Sella et al. 2020

Titrage PEEP

SDRA

ECMO



Sella et al. 2020

Données TIE Analysées

G.I

Global Inhomogeneity index Zhao et al. 2009

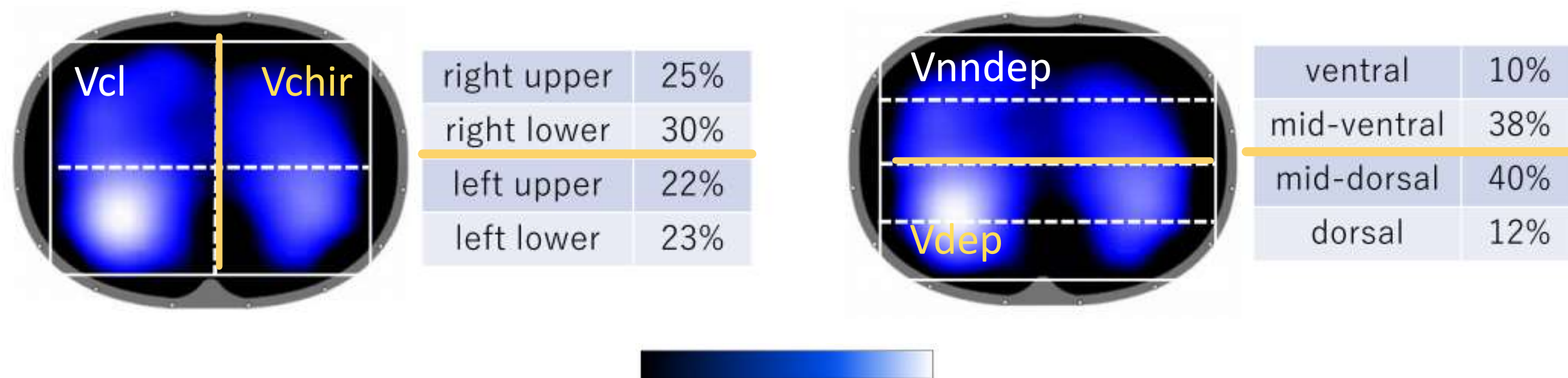
→ Reflet de l'hétérogénéité de la distribution du $TIV = V_t$

Homogénéité de la Ventilation

RV

Ratio de Ventilation

→ Observation de la redistribution de la ventilation suivant des zones d'intérêts

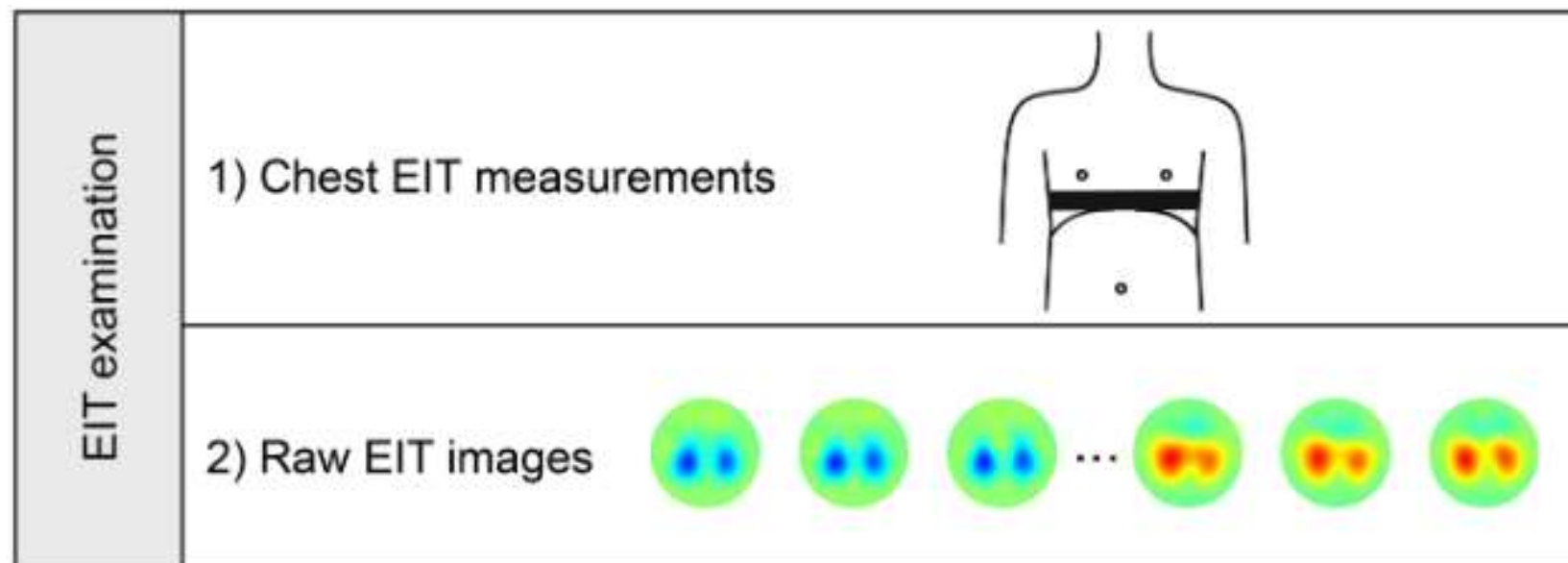


Monitorage de la fonction Pulmonaire

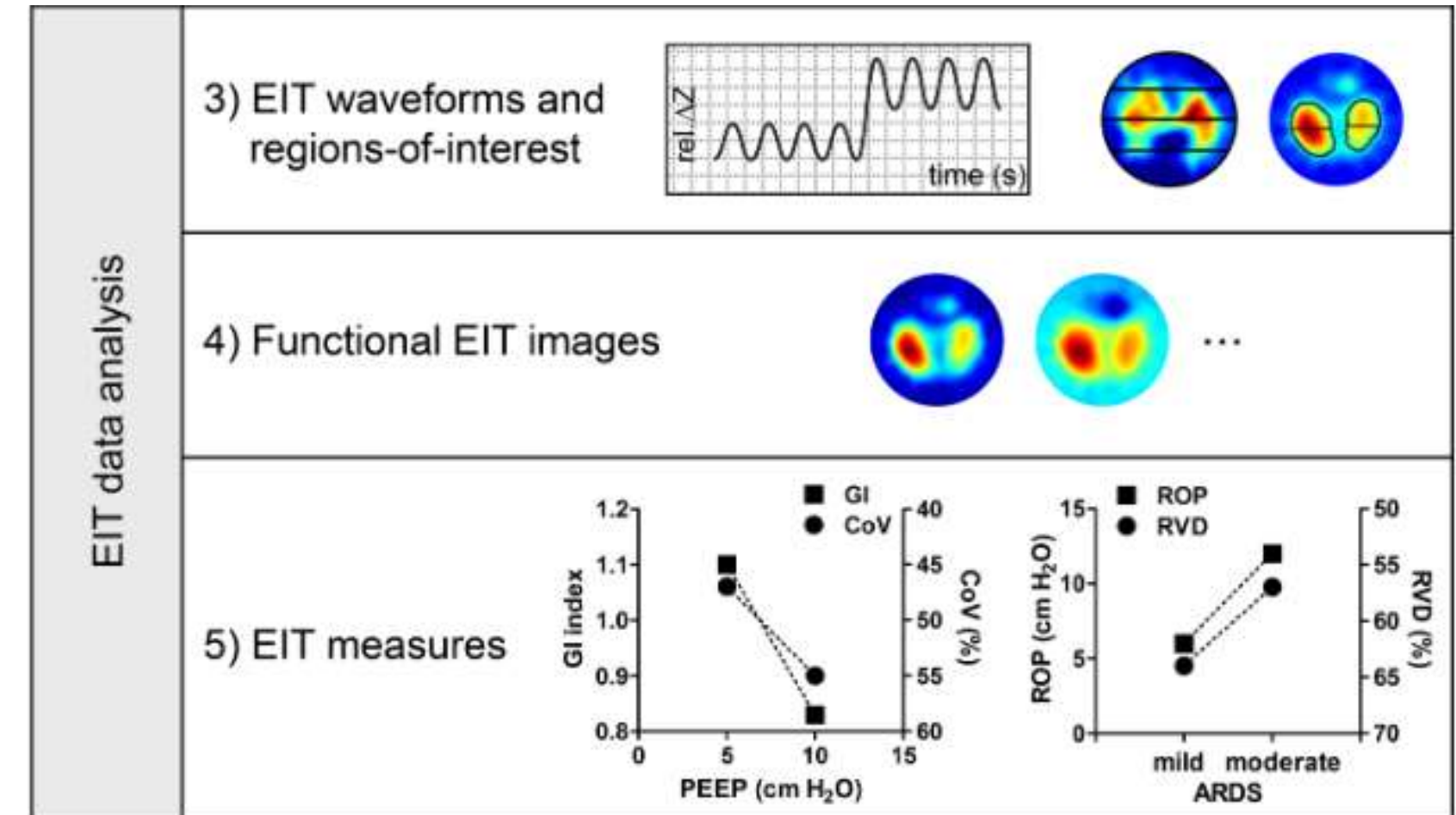


Chest electrical impedance tomography examination, data analysis, terminology, clinical use and recommendations: consensus statement of the TRanslational EIT developmeNt stuDy group

Examination du patient



Analyse des données



TIE

Mise en Place

Mise en Place

Contre-Indication ?

Taille de la ceinture

Humidification des électrodes

Placement ceinture

Référence

Connexion à la centrale

Mise en route TIE

- **DM actif** : Pacemaker, défibrillateur
- **Etat cutané endommagé, pansement sur la zone d'observation**
- **Risque lié à la mise en place de la ceinture**
(fracture, lésions spinales, etc.)
- **Mouvement incontrôlables**
- **Electrothérapie en cours**
- Présence d'un champ magnétique (**IRM**)
- **Volume courant < 1 ml/kg**
- **IMC > 50 kg.m-2**

TIE

Mise en Place

Taille de la ceinture

Humidification des électrodes

Placement ceinture

Référence

Connexion à la centrale

Mise en route TIE



S

M

L

XL

XXL

TIE

Mise en Place

Taille de la ceinture

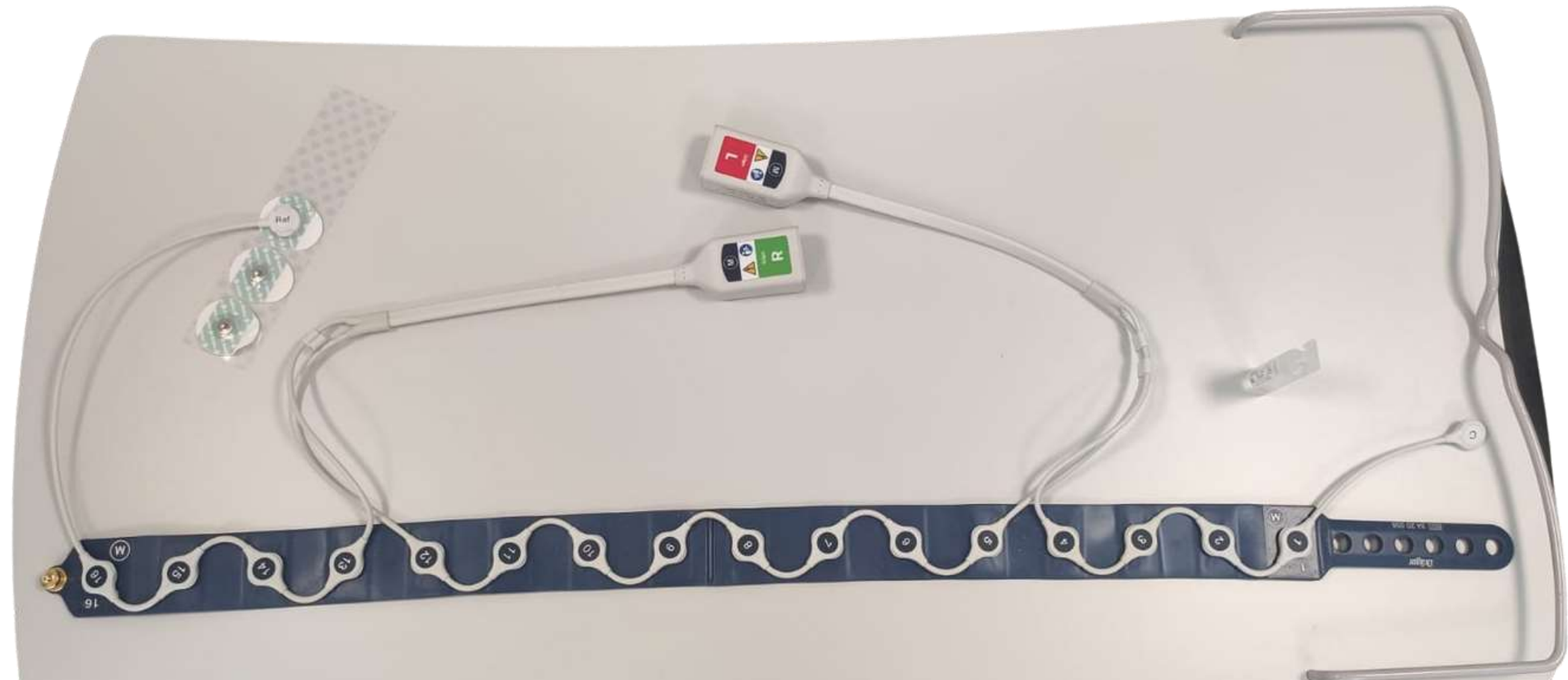
Humidification des électrodes

Placement ceinture

Référence

Connexion à la centrale

Mise en route TIE



TIE

Mise en Place

Taille de la ceinture ✓

Humidification des électrodes

Placement ceinture

Référence

Connexion à la centrale

Mise en route TIE



TIE

Mise en Place

Taille de la ceinture ✓

Humidification des électrodes ✓

Placement ceinture

Référence

Connexion à la centrale

Mise en route TIE



4-6ème espace intercostale

TIE

Mise en Place

Taille de la ceinture ✓

Humidification des électrodes ✓

Placement ceinture ✓

Référence

Connexion à la centrale

Mise en route TIE



TIE

Mise en Place

Taille de la ceinture ✓

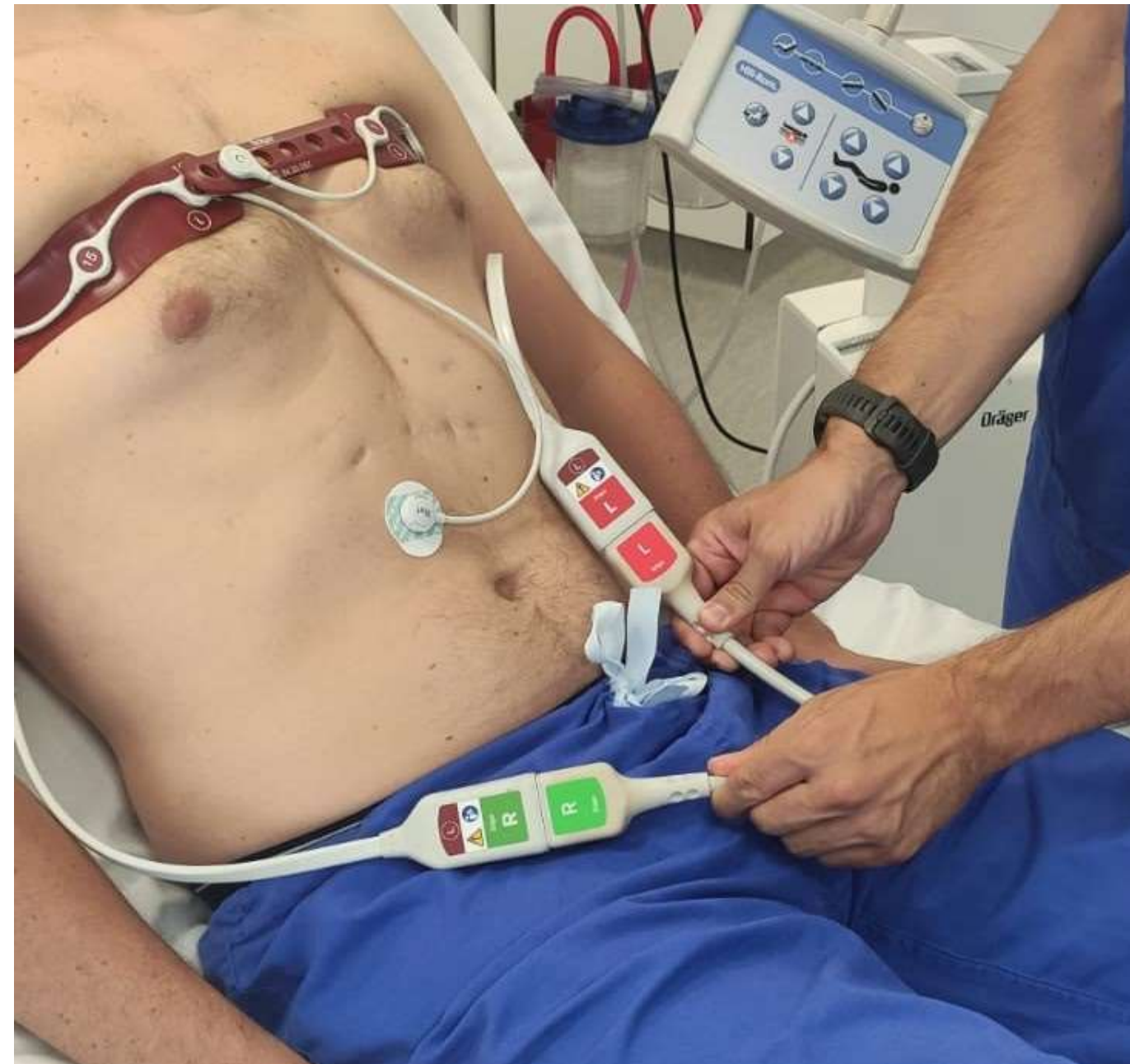
Humidification des électrodes ✓

Placement ceinture ✓

Référence ✓

Connexion à la centrale

Mise en route TIE



TIE

Mise en Place

Taille de la ceinture ✓

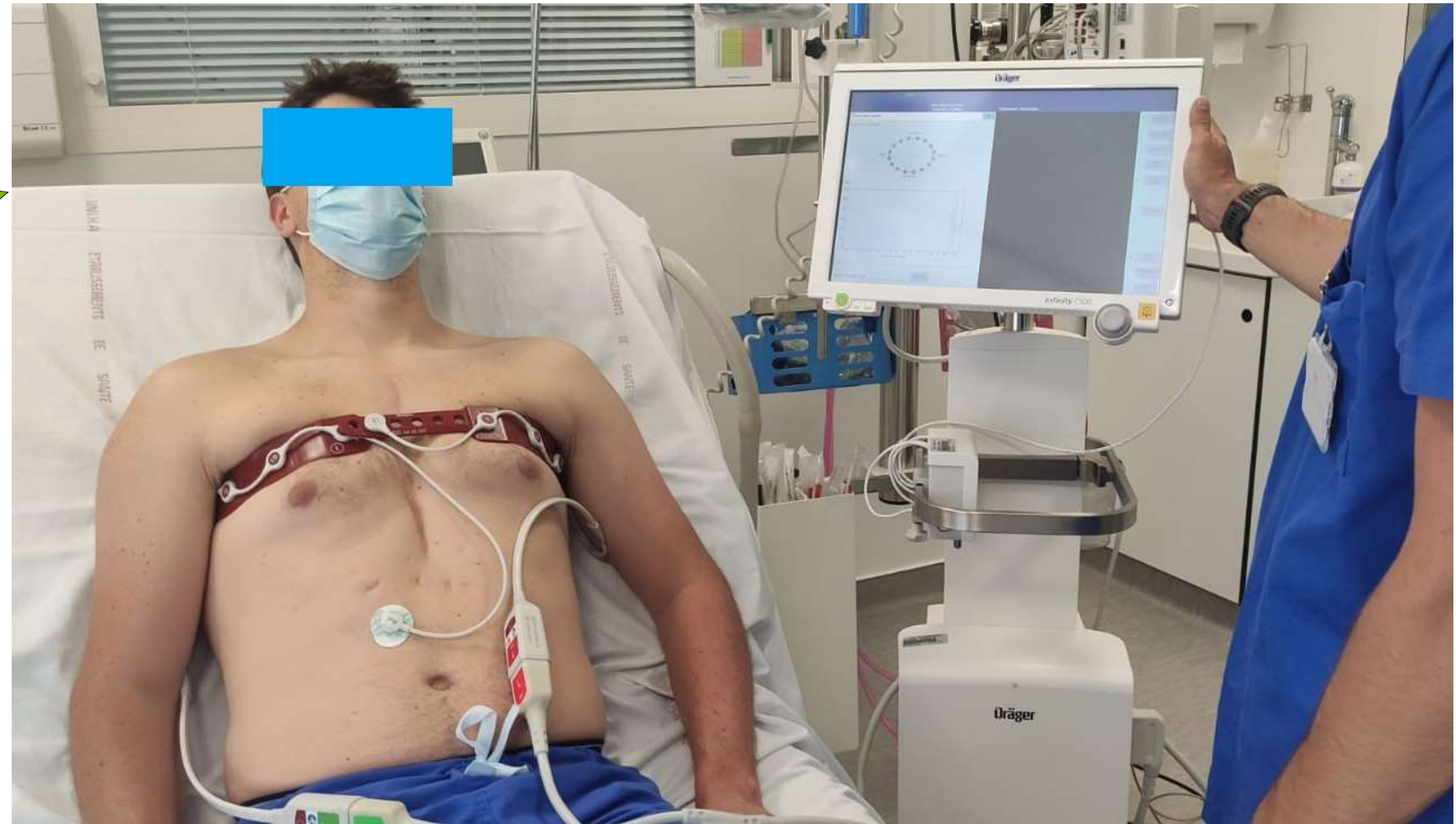
Humidification des électrodes ✓

Placement ceinture ✓

Référence ✓

Connexion à la centrale ✓

Mise en route TIE 





TIE

Intérêts pour le MKREA

Recherche

&

Applications Cliniques

TIE

Intérêts pour le MKREA

OUTIL DE MONITORAGE

- ✓ Non invasive
- ✓ Au lit du patient
- ✓ Dynamique
- ✓ Validé

OBSERVATION DE LA DISTRIBUTION DE LA VENTILATION EN TEMPS RÉEL

ANALYSE FONCTIONNELLE DES RÉGIONS PULMONAIRES DISTINCTES RECRUTEMENT / COMPLIANCE

ANALYSE DE LA RÉPONSE DES RÉGIONS PULMONAIRES À DIFFÉRENTES MESURES THÉRAPEUTIQUES

TIE

Recherche Clinique

Etudes Physiologiques

Evaluation des pratiques

Applications Cliniques



- **TIE & Thérapie d'Expansion Pulmonaire**
- **TIE & Mobilisation précoce**
- **TIE & Positionnement**
- **TIE & VNI**
- **TIE & Sevrage Ventilatoire**
- **TIE & OHDN**
- **TIE & Pédiatrie**

Reychler et al. 2018
Rowley et al. 2019

Hickmann et al. 2020
Yuan et al. 2021
Eimer et al. 2021

Lehman et al. 2018
Riedel et al. 2005

Pérez-Teran et al. 2019
Bordes et al. 2016

Wang et al. 2021
Longhini et al. 2019

Mauri et al. 2017
Zhang et al. 2020
Yuan et al. 2020

Thomson et al. 2020



Aspiration EndoTrachéale

Evaluation des pratiques

**End-expiratory lung volume recovers more slowly after closed endotracheal suctioning than after open suctioning:
A randomized crossover study[☆]**

Amanda Corley RN, BN, GradCertHSci^{a,*}, Amy J. Spooner RN, BN, GradDipICU^a,
Adrian G. Barnett BSc(Hon), PhD^b, Lawrence R. Caruana BPTy^a,
Naomi E. Hammond RN, BN, MN, MPH^a, John F. Fraser MBChB, PhD^a

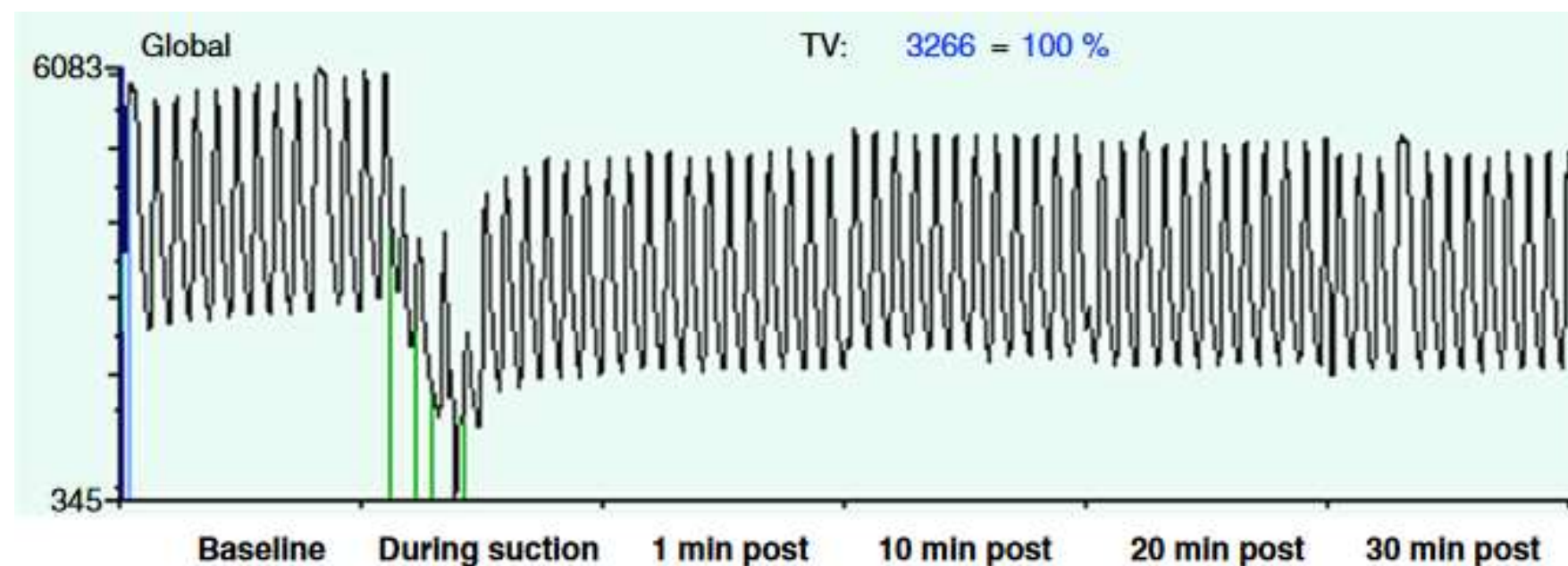


Fig. 3 Representative recording of lung volume loss during CS and recovery postsuction.

→ Propose une manoeuvre de recrutement post-aspi

Circuit clos Vs ouvert

20 patients

post-chirurgie cardiaque

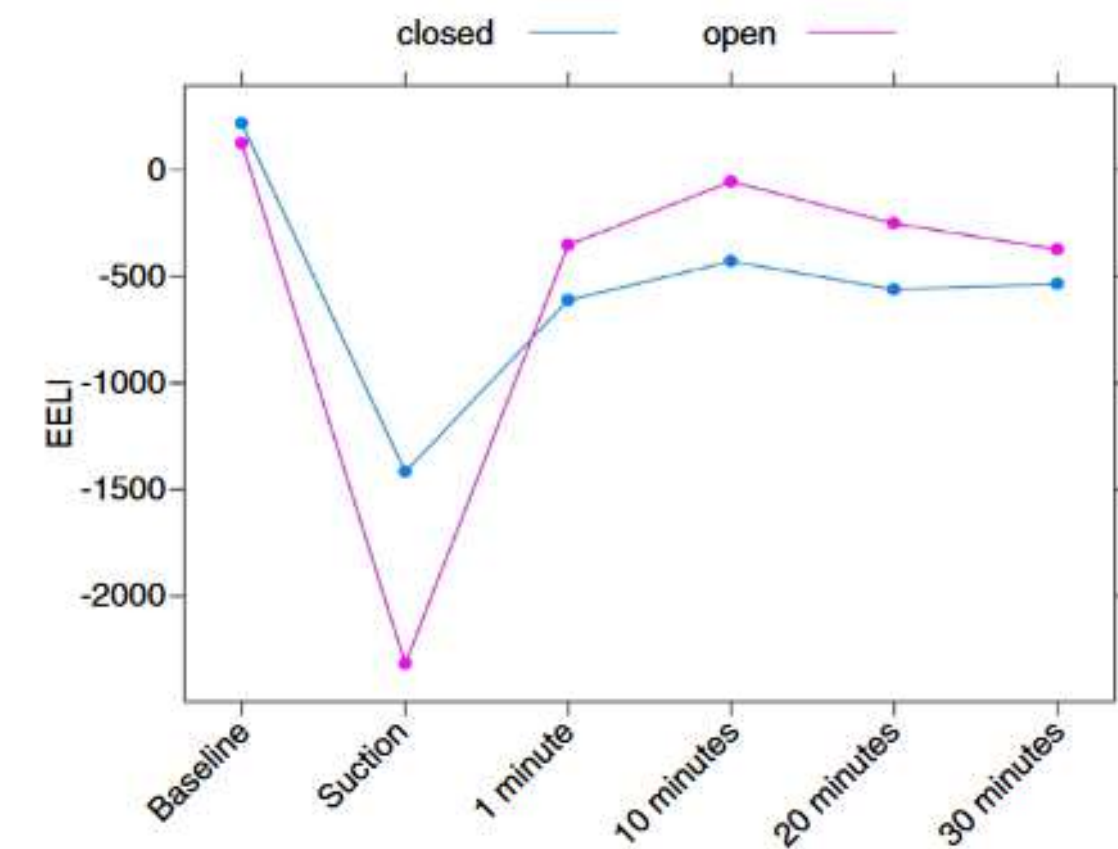


Fig. 4 Mean changes in EELI by suction method demonstrating slower recovery after CS.

Recherche Clinique

Oxygénation à Haut Débit Nasal (OHND)

Etude physiologique

Physiologic Effects of High-Flow Nasal Cannula in Acute Hypoxemic Respiratory Failure

Tommaso Mauri^{1,2}, Cecilia Turrini^{1,3}, Nilde Eronia⁴, Giacomo Grasselli¹, Carlo Alberto Volta³, Giacomo Bellani^{4,5}, and Antonio Pesenti^{1,2}

15 patients en IRA Hypoxémique - P/F < 300

Cross over : 20 min OHND 40 L/min
20 min masque facial 12L/min

↘ FR ↘ travail respiratoire ↗ P/F

✖ Recrutement (EELI) = effet PEEP

✖ Homogénéisation de la ventilation

✖ Sans modification du Vt

→ Limitation des zones de distentions
au sein du parenchyme

Table 3. Effects of HFNC on Lung Aeration, Homogeneity, and Respiratory Pattern

Variable	Oxygen Facial Mask	High-Flow Nasal Cannula	P Value*
$\Delta\text{EELI}_{\text{glob}}$ (change from facial mask), % of baseline V _T	—	51 ± 57	<0.001
$\Delta\text{EELI}_{\text{non-dep}}$ (change from facial mask), % of baseline V _T	—	29 ± 36	≤0.001
$\Delta\text{EELI}_{\text{dep}}$ (change from facial mask), % of baseline V _T	—	26 ± 33	≤0.01
GI index	0.50 (0.49 to 0.57)	0.47 (0.43 to 0.60)	<0.01
PIF _{glob} (change from facial mask), %	—	-15 ± 23	0.07
PEF _{glob} (change from facial mask), %	—	-27 ± 22	≤0.001
PIF _{non-dep} (change from facial mask), %	—	-11 ± 29	0.29
PIF _{dep} (change from facial mask), %	—	-20 ± 19	<0.01
PEF _{non-dep} (change from facial mask), %	—	-19 ± 32	0.07
PEF _{dep} (change from facial mask), %	—	-34 ± 18	<0.001
Ti, s	1.2 ± 0.2	1.2 ± 0.3	0.84
Te, s	1.3 ± 0.2	1.5 ± 0.6	<0.05
Ti/Ttot	0.5 ± 0.0	0.4 ± 0.0	<0.05

Recherche Clinique

Oxygénation à Haut Débit Nasal (OHND)

Effect of postextubation high-flow nasal cannula therapy on lung recruitment and overdistension in high-risk patient

Rui Zhang^{1†}, Huaiwu He^{1†}, Long Yun^{1*}, Xiang Zhou¹, Xu Wang¹, Yi Chi¹, Siyi Yuan¹ and Zhanqi Zhao^{2,3}

24 patients post-extubation (24h) **réa post-chir** (dig, cardio, tho)
OHDN 0 L/min, 20min 20 L/m, 20min 40 L/m, 20min 60 L/m

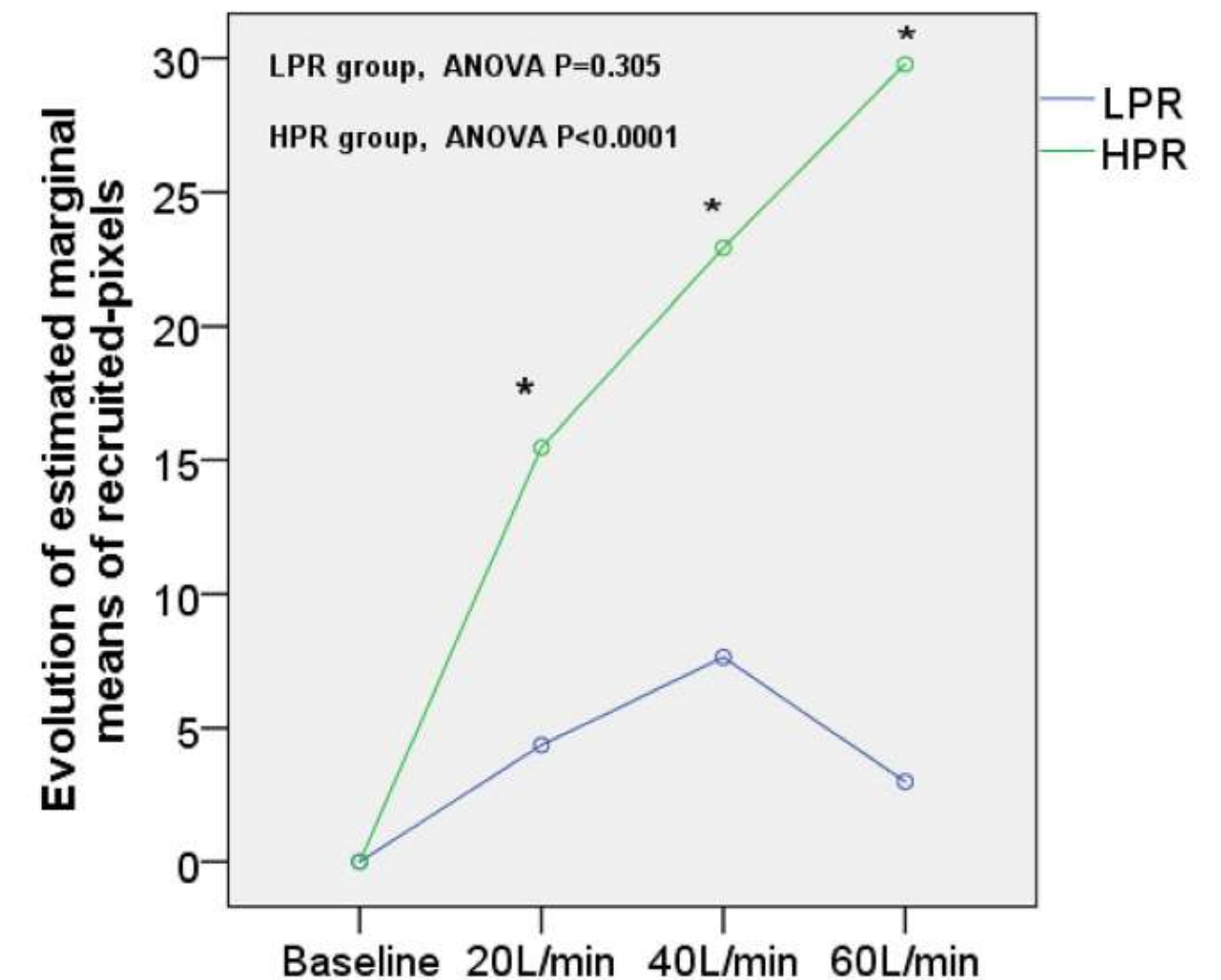
Analyse ventro-dorsal (4 ROI) : TIV & EELI

(13) HPR : >10 pixels Surdistention : > 10 pixels Arbitraire
(11) LPR : <10 pixels aéré non ventilé Cut-off ?

- ✧ **Recrutement (EELI) ROI 3/4**
- ✧ Pas de différences P/F, ROX index entre HPR et LPB
- ✧ **OHND surdistention pixels LPR (4/11) > HPR (0/13)**

→ **TIE monitoring OHND = Individualisation**

Application Clinique



✧ Titrage OHDN

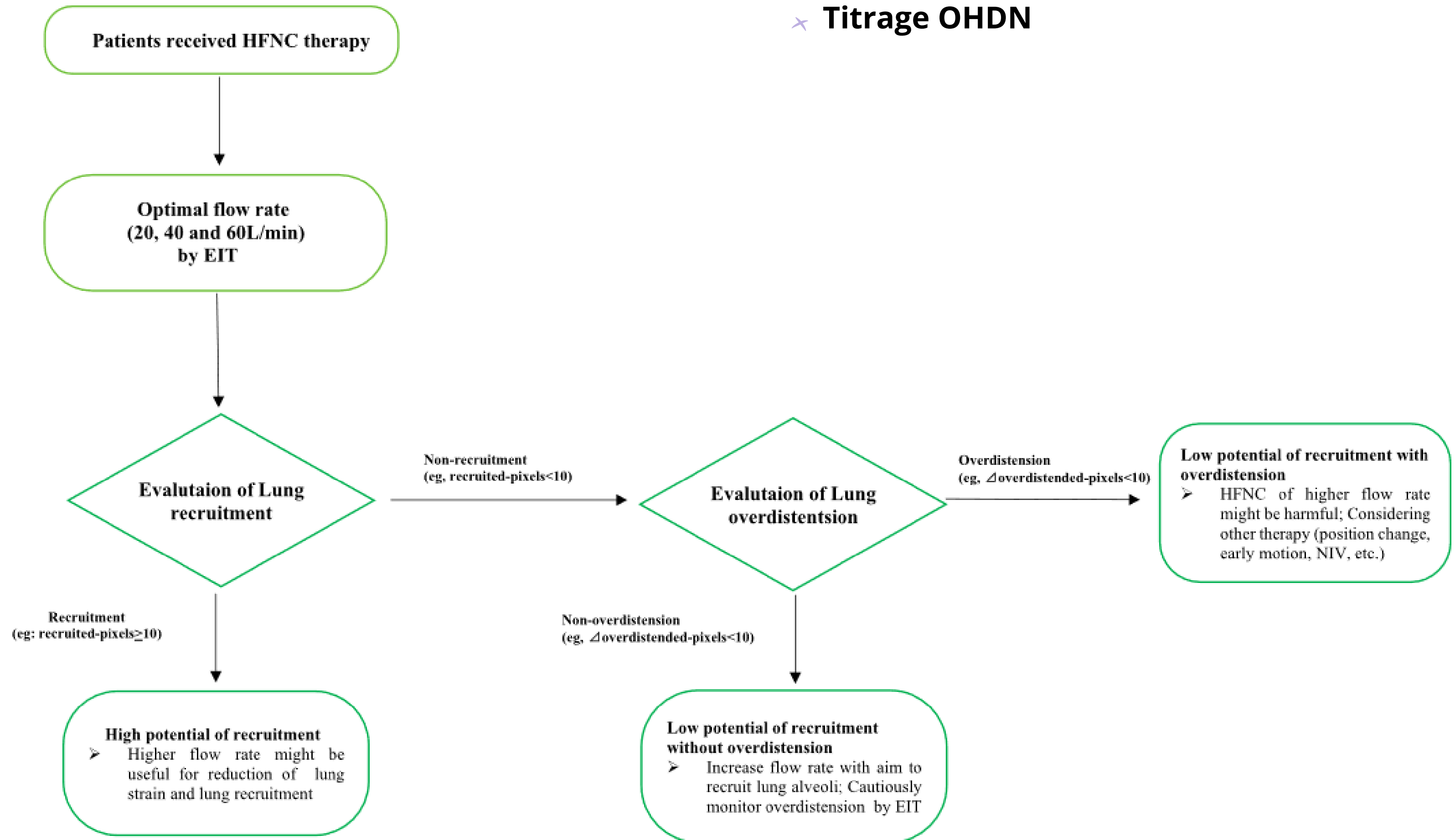


Fig. 3 Conceptual schematic for using EIT to guide HFNC therapy. NIV, non-invasive ventilation

Mobilisation Précoce

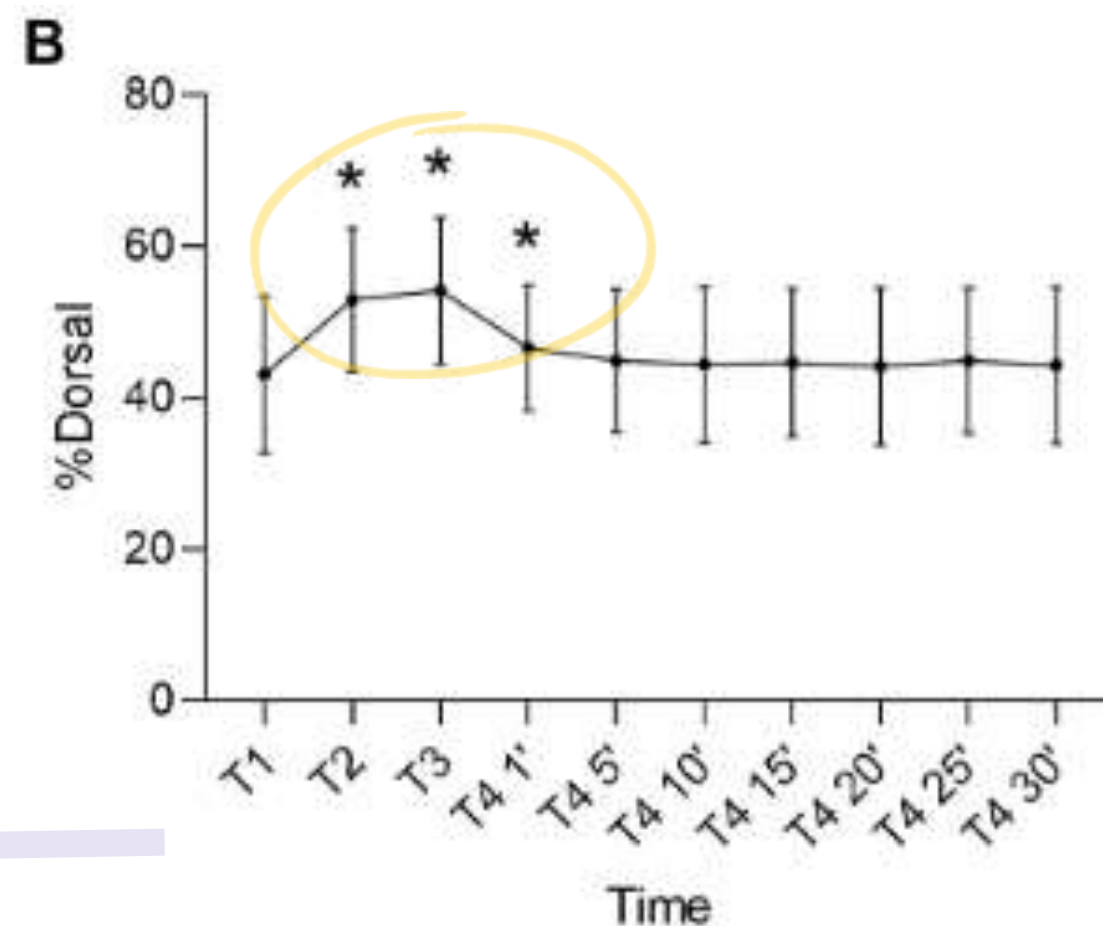
Etude physiologique

The Effect of Physical Therapy on Regional Lung Function in Critically Ill Patients

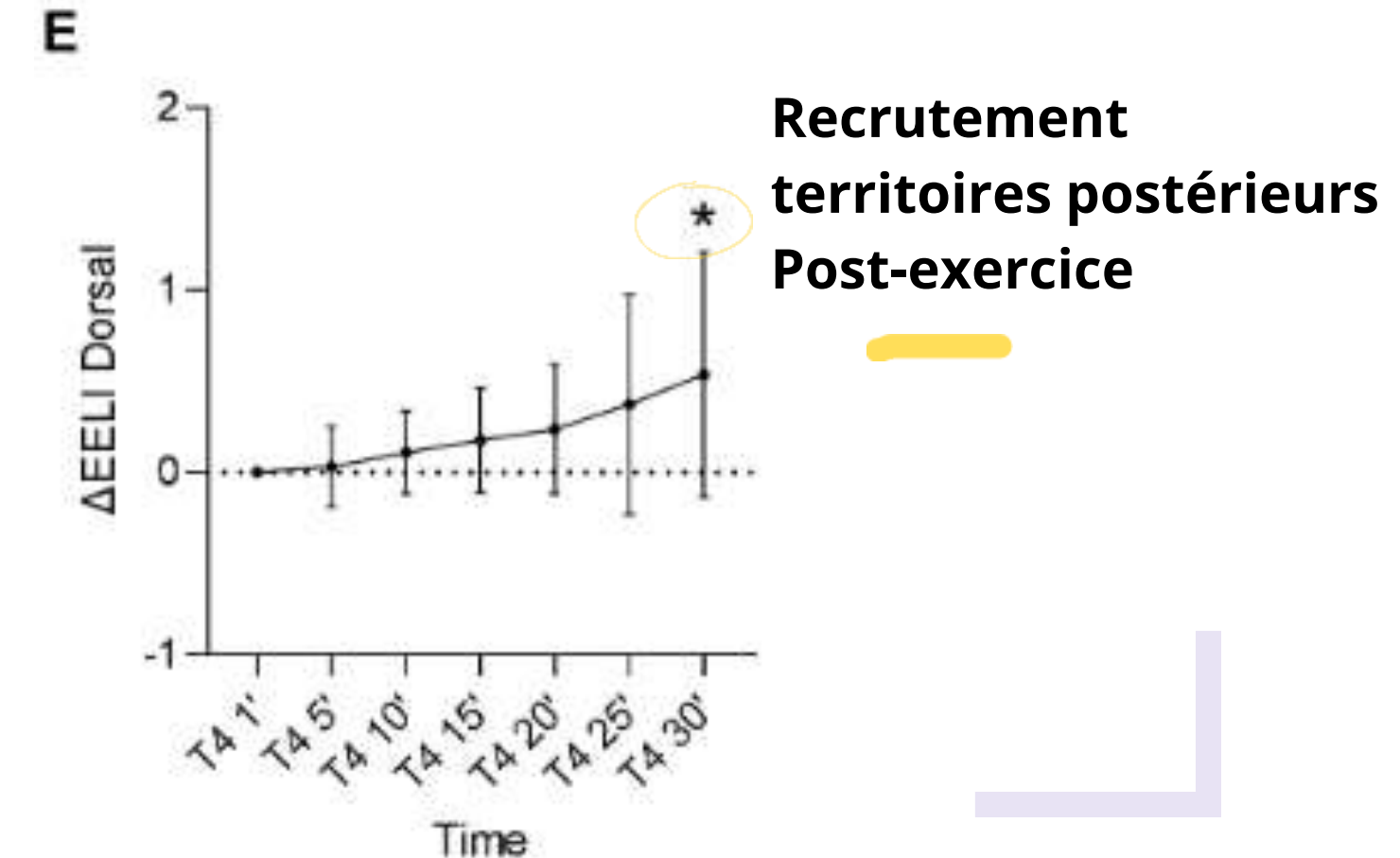
Christine Eimer^{*†}, Katharina Freiert[†], Norbert Weiler, Inéz Frerichs and Tobias Becher

Department of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine, University Medical Centre Schleswig-Holstein, Kiel, Germany

10 patients
réa post-chir (dig, tho, vasculaire) en RS
16 minutes d'exercice en moyenne



Redistribution de la ventilation dans les territoires postérieurs
Per-exercice



Recherche Clinique

Mobilisation Précoce

Evaluation des pratiques

Acute Effects of Sitting Out of Bed and Exercise on Lung Aeration and Oxygenation in Critically Ill Subjects

Cheryl E Hickmann, Natalia R Montecinos-Munoz, Diego Castanares-Zapatero, Ricardo S Arriagada-Garrido, Ursula Jeria-Blanco, Timour Gizzatullin, Jean Roeseler, Jonathan Dugernier, Xavier Wittebole, and Pierre-François Laterre

Patients réa dig, med

fauteuil + AP 15'
17 VM

fauteuil seul
5 VM

23 RS

5 RS

EELI TIV GI | P/F GDS | DLR Perception

AP ➤ Recrutement (EELI) Pendant et 20' post-exercice
➤ P/F Surtout chez P/F <200 exo passif

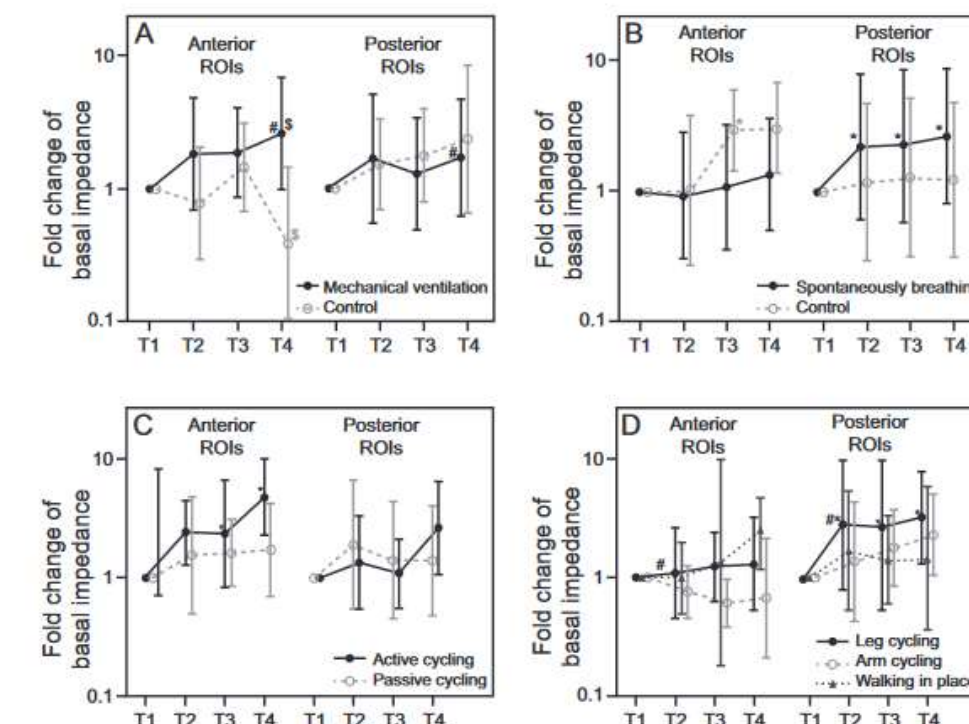


Fig. 2. Lung aeration in anterior and posterior ROIs. A: Mechanically ventilated vs mechanically ventilated control. B: Spontaneously breathing vs spontaneously breathing control. C: Subgroup of mechanically ventilated subjects performing active leg cycling vs mechanically ventilated subjects performing passive leg cycling. D: Subgroups of spontaneously breathing subjects performing three different activities: leg cycling, arm cycling, and walking in place. Values are geometric means (geometric SD) and are fold changes of impedance from basal (T1 = reference) to T2, T3, and T4. T1 = baseline in bed; T2 = sitting in chair; T3 = exercising (resting in chair in control groups); and T4 = resting in chair. *Values are significant vs T1. #Values are significant between anterior and posterior ROIs. \$Values are significant between mechanically ventilated subjects and mechanically ventilated controls. ROI = region of interest.



Electrical impedance tomography
during spontaneous breathing trials
and after extubation in critically ill patients
at high risk for extubation failure: a multicenter
observational study

78 patients réa med

I/V > 48h

SBT 30 min - 2PEP 0AI

Federico Longhini¹, Jessica Maugeri², Cristina Andreoni³, Chiara Ronco¹, Andrea Bruni⁴, Eugenio Garofalo⁴,
Corrado Pelaia⁴, Camilla Cavicchi³, Sergio Pintaudi² and Paolo Navalesi^{4*} 

✧ Distribution **TIV%** - **EELI** - **GI index**

✧ FR - Vt - GDS



SBT 0

-

SBT30



SB 0

-

SB30

Extubation

Table 3 EIT data in patients with SBT success and failure

	SBT success (n = 61)			SBT failure (n = 17)			Success vs. failure
	Baseline	SBT_0	SBT_30	Baseline	SBT_0	SBT_30	
$\Delta Vt\%$	0 [0; 0]	-16.4 [-37.0; -2.5]	-12.9 [-35.0; 5.0]	0 [0; 0]	-27.6 [-51.0; -16.0]	-22.9 [-50.6; -13.3]	$p > 0.999^a$ $p = 0.079^b$ $p = 0.054^c$
$\Delta EELI$ (ml)	0 [0; 0]	-117 [-240; 21]	-103 [-292; 62]	0 [0; 0]	-456 [-934; -162]	-333 [-1375; -157]	$p > 0.999^a$ $p < 0.001^b$ $p = 0.001^c$
Inhomogeneity index	51 [44; 61]	56 [48; 71]	57 [46; 70]	65 [54; 87]	89 [61; 105]	90 [62; 101]	$p = 0.002^a$ $p = 0.003^b$ $p = 0.005^c$

SBT: Spontaneous Breathing Trial; SBT_0: first 5 min after the beginning of the SBT; SBT_30: last 5 min of the SBT; $\Delta Vt\%$: change from baseline of the tidal volume in percentage; $\Delta EELI$: change from baseline of the end-expiratory lung impedance

^a Comparison between groups within baseline

^b Comparison between groups within SBT_0

^c Comparison between groups within SBT_30. According to Bonferroni correction, the threshold for statistical significance is $p < 0.017$

➔ **Dérecrutement (EELI) et Ventilation Hétérogène**

Table 4 EIT data in patients with extubation success and failure

	Baseline	SBT_0	SBT_30	SB_0	SB_30
$\Delta Vt\%$					
Extubation success ($n=39$)	0 [0; 0]	-12 [-31; 0]	-9 [-29; 7]	-3 [-16; 18]	-12 [-34; 19]
Extubation failure ($n=22$)	0 [0; 0]	-25 [-42; -10]	-29 [-45; -11]	-21 [-39; 1]	-22 [-46; -11]
Extubation success vs. failure	$p > 0.999$	$p=0.117$	$p=0.024$	$p=0.014$	$p=0.061$
$\Delta EELI$ (ml)					
Extubation success ($n=39$)	0 [0; 0]	-125 [-237; 23]	-78 [-250; 115]	-187 [-488; 82]	-60 [-371; 256]
Extubation failure ($n=22$)	0 [0; 0]	-112 [-316; 17]	-194 [-335; -59]	-236 [-438; 139]	-290 [-537; 152]
Extubation success vs. failure	$p > 0.999$	$p=0.671$	$p=0.253$	$p > 0.999$	$p=0.132$
Inhomogeneity index					
Extubation success ($n=39$)	46 [42; 63]	53 [44; 68]	56 [44; 70]	52 [45; 66]	53 [45; 69]
Extubation failure ($n=22$)	53 [48; 60]	65 [55; 80]	62 [54; 71]	64 [50; 79]	66 [55; 74]
Extubation success vs. failure	$p=0.166$	$p=0.025$	$p=0.132$	$p=0.049$	$p=0.029$

SBT: Spontaneous Breathing Trial; SBT_0: first 5 min after the beginning of the SBT; SBT_30: last 5 min of the SBT; SB_0: first 5 min of the spontaneous breathing; SB_30: last 5 min of the spontaneous breathing; $\Delta Vt\%$: change from baseline of the tidal volume in percentage; $\Delta EELI$: change from baseline of the end-expiratory lung impedance

According to Bonferroni correction, the threshold for statistical significance is $p < 0.017$

➔ **Pas de différences significatives ou de critères prédictifs (TIE et clinique) identifiés**

Longhini et al . 2019

Applications Cliniques

Intérêt MKREA

Guider les choix thérapeutiques
Evaluation efficacité
Individualisation

Intubé / Ventilé / Sédaté

- **Positionnement**
- **Désencombrement**
- **Réglage PEEP**

Pluridisciplinaire

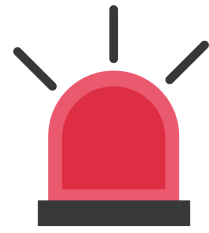
Vigile / RS

- **Positionnement**
- **Technique de VNI**
- **Désencombrement**
- **BioFeedBack**



TIE

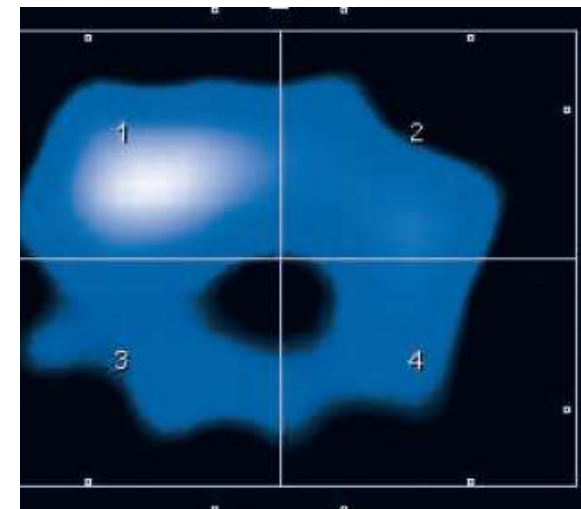
Limites



LIMITES et Biais Frerichs et al. 2017

- Analyse d'une section transversale
- Temps de mesure : 24h maximum
- Perturbations des mesures
 - Environnement / Pansements
 - Mouvements / Paroles
 - Repositionnement ceinture
- Basse résolution spatiale

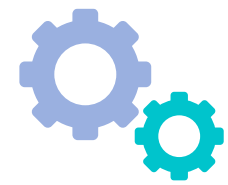
Freins à la
pratique clinique



TIE
MKREA

Ventilation Non Invasive
Retour Expérience

Ventilation Non Invasive



Réglage

AI

PEP

FiO2%

Pente de pressurisation

Trigger inspiratoire

Trigger expiratoire



Monitorage

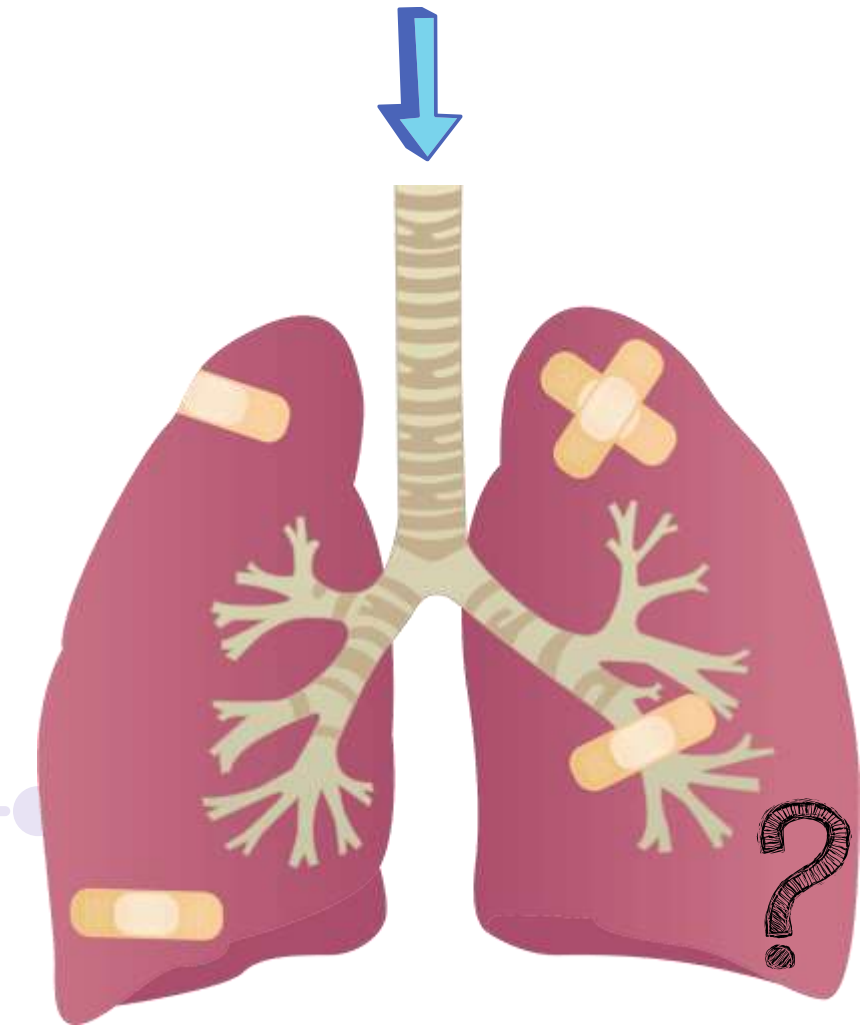
SpO2%

Fréquence Respiratoire

Gazométrie : PaO2 - PaCO2 - pH

Volume courant expiré

**6-8 ml par kg de poids
théorique**



Zones ventilées ?

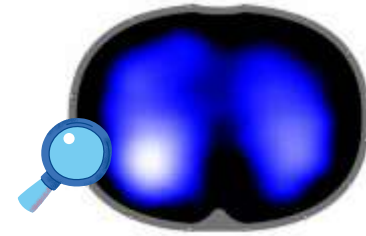
Répartition du volume courant ?

Objectifs de recrutement atteint

?

TIE

Evaluation pratique : VNI et TIE



Distribution volume courant
Recrutement alvéolaire

Patient Mr D - J5 Lobectomie inférieure droite

- **J0 : intervention LID** - thoracotomie - CBNPC
- **J1**: réanimation thoracique
- **J5** : secteur thoracique
 - **Oxygénorequerant : SpO2 91% en AA**
 - Auscultation : sibilants champ droit / **hypoventilation droite**
 - Douleur 2/10 (EN)
 - Drain pleural droit : ablation le 21/11/2020

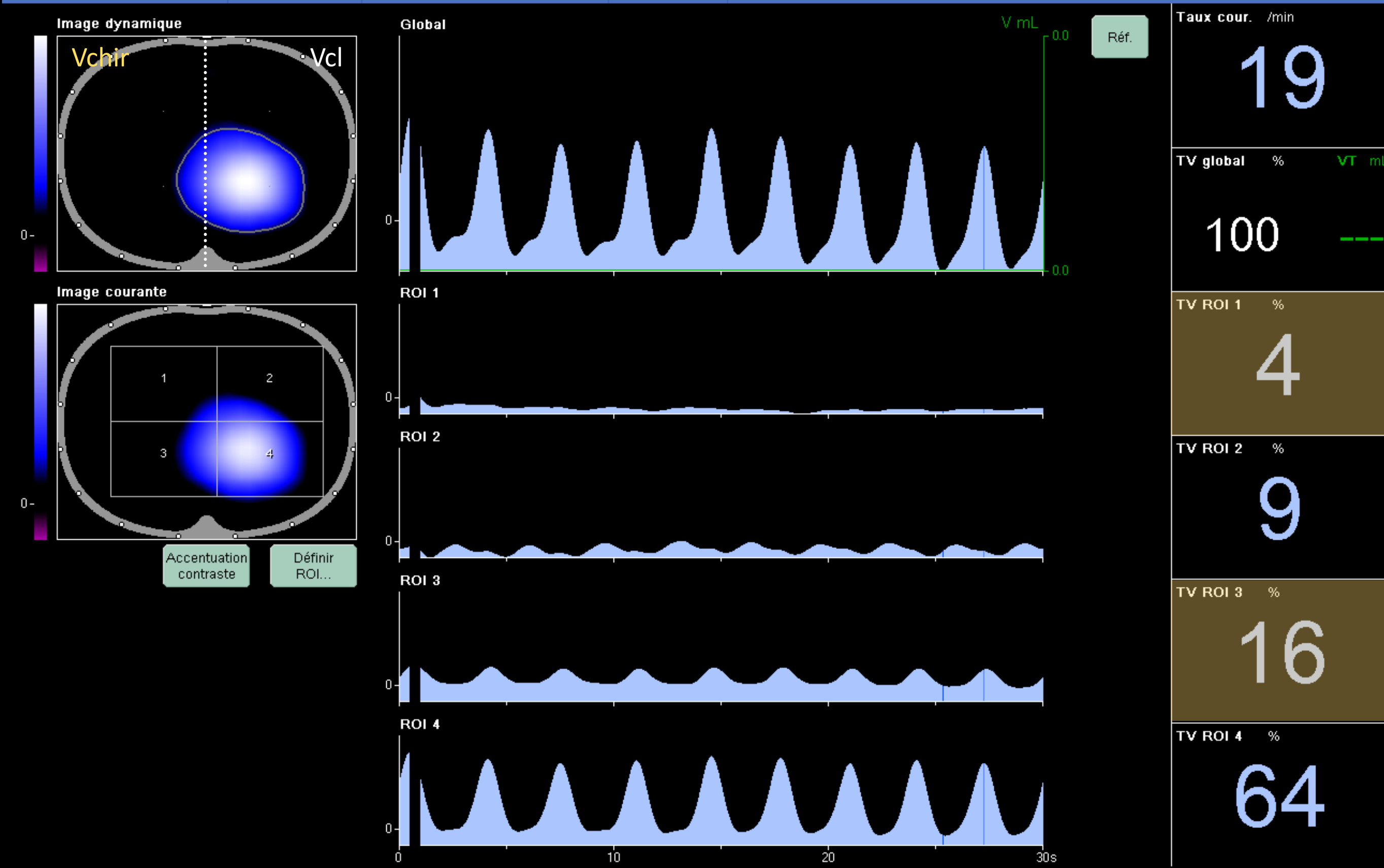


Prescription PPC

Recrutement alvéolaire poumon droit

- ✓ **Patient - J5 LID**
- ✓ **PPC prescrite**
- ✓ **Pas de contre-indications EIT**
- ✓ **Consentant**





Taux cour. /min

19

TV global % VT mL

100

TV ROI 1 %

4

TV ROI 2 %

9

TV ROI 3 %

16

TV ROI 4 %

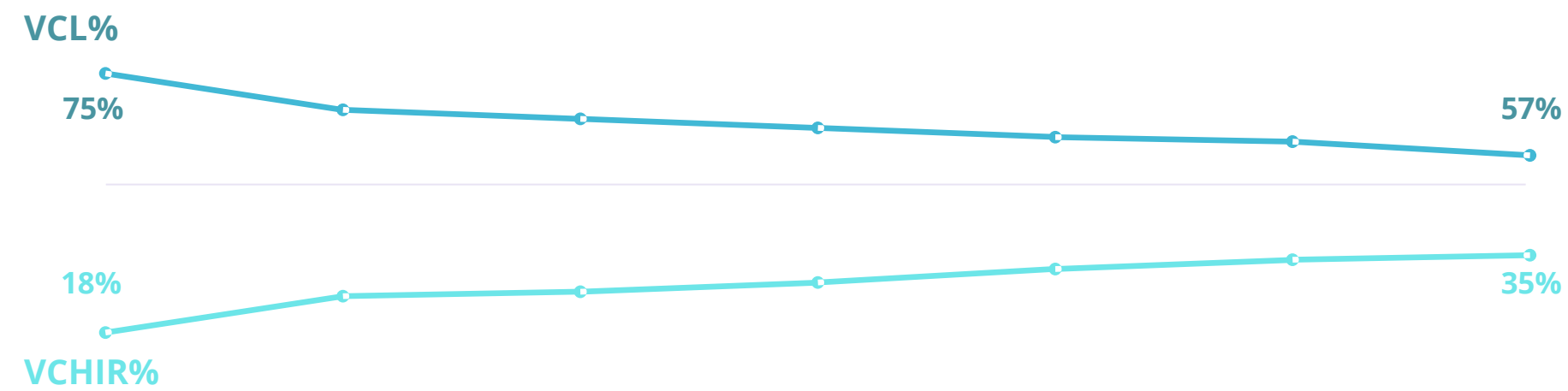
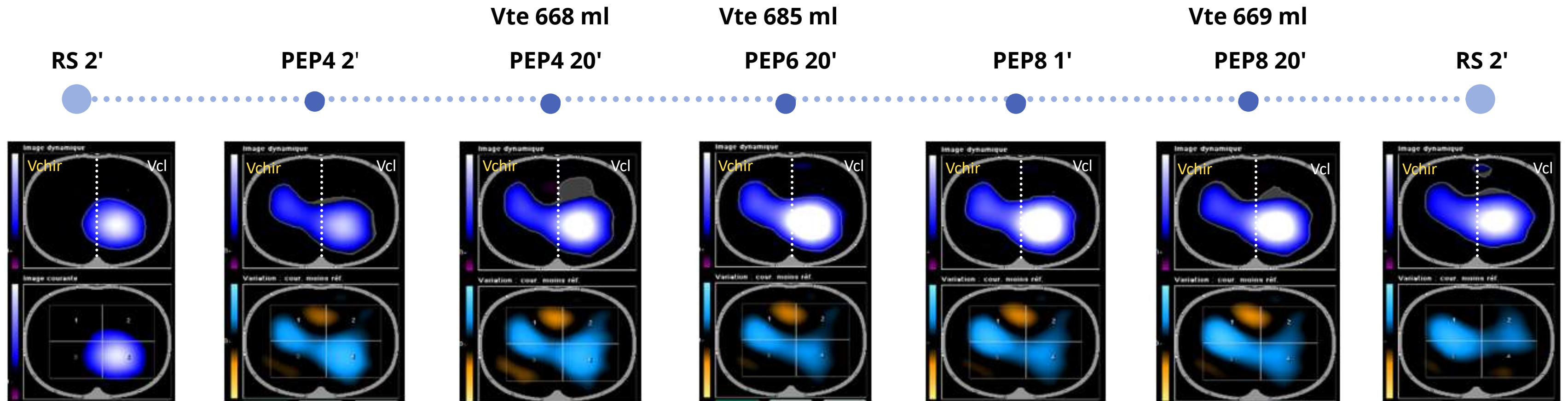
64

0 10 20 30s

TIE

Evaluation pratique

Mr D - 65 ans - J5 LID - Séance PPC 60' - Vt cible (8ml/kgpp) : 572 ml



- ✓ Nouveaux territoires pulmonaires recrutés
- ✓ Répartition plus homogène du Vt
- ✓ SpO2 98%
- ✓ Patient confortable, somnolant

Evaluation pratique 2 : VNI et TIE

Cas clinique Mr B 45 ans - J3 Décortication pleurale gauche

- **HDM** : Pneumopathie Grippe A
Pleuropneumopathie poumon gauche
- **J0** : Décortication pleurale poumon gauche
- **J3** : réanimation thoracique
 - **Oxygénorequerant** : SpO2 94% sous 2L O2
 - **Auscultation** : hypoventilation poumon gauche
 - **Rx** : atelectasie poumon gauche
 - Drain pleural gauche : en aspiration, bullage



Prescription PPC intermittente

Reexpansion pulmonaire poumon gauche
Recrutement alvéolaire poumon gauche

- ✓ Patient - J3 Décortication pleurale
- ✓ PPC prescrite
- ✓ Pas de contre-indications EIT
- ✓ Consentant



15:27

Haute

Filtre d'artefact activé
Passe-bas 35 [min]

Qualité signal

Gel écran

Image dynamique

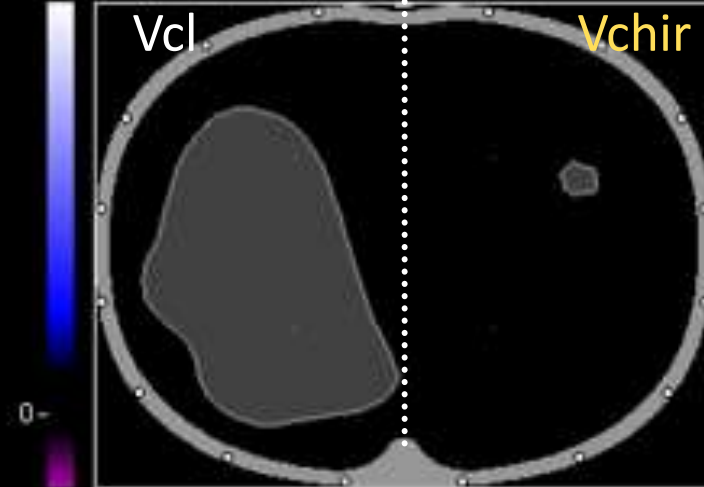
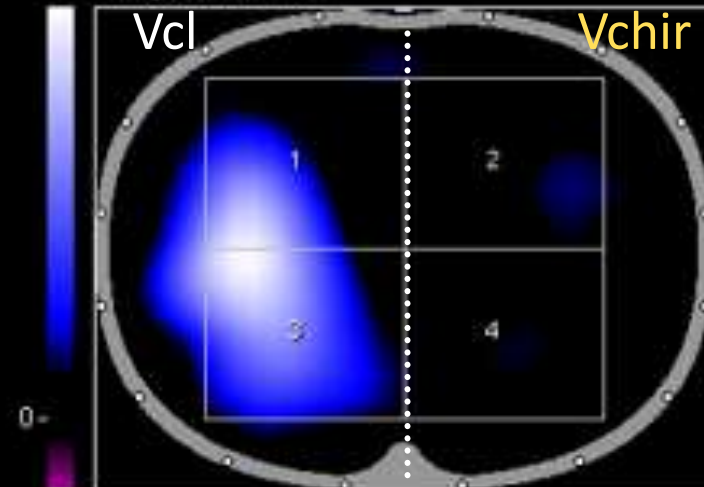
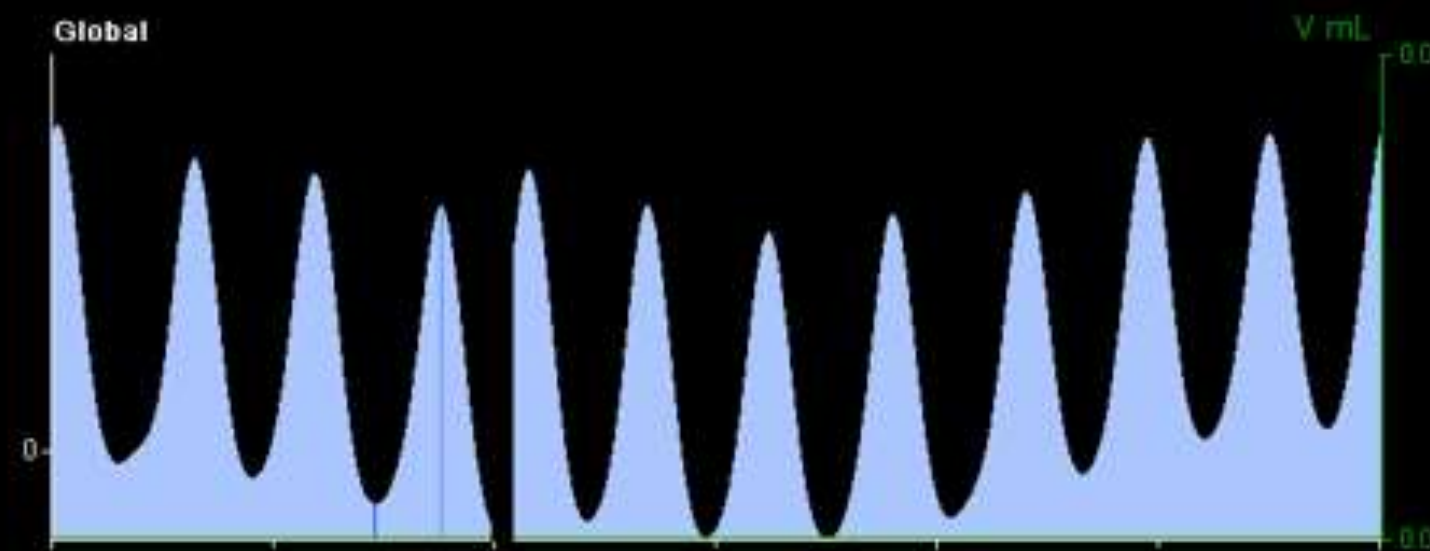


Image courante

Acquisition
dynamiqueDéfinir
ROI

Global



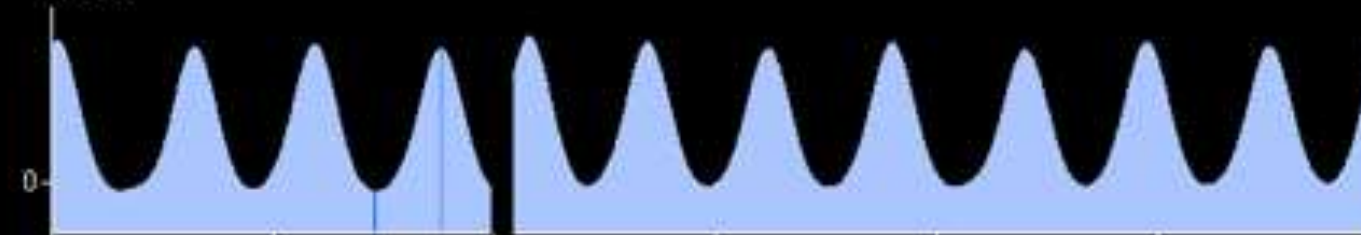
ROI 1



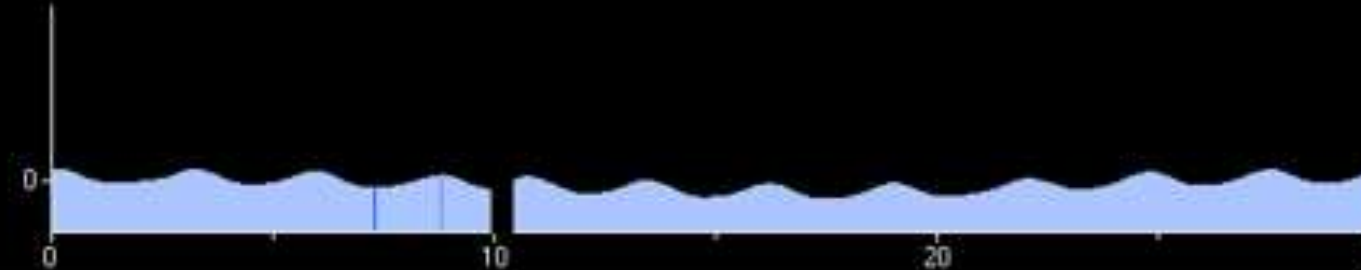
ROI 2



ROI 3



ROI 4



Taux cour. /min

21

TV global % VT mL

100

TV ROI 1 %

26

TV ROI 2 %

4

TV ROI 3 %

47

TV ROI 4 %

6

TIE

Evaluation pratique 2

Mr B - 45 ans - J3 DPG - Séance PPC 30' à 60' - Vt cible (8ml/kgpp) : 600 ml

Vte 532 ml

PEP5 5'

Vte 590 ml

PEP7 5'

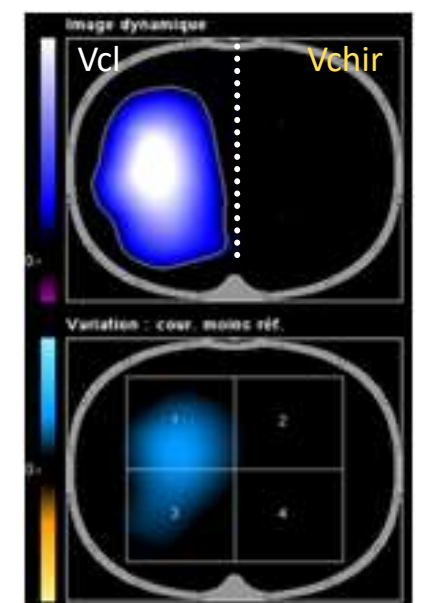
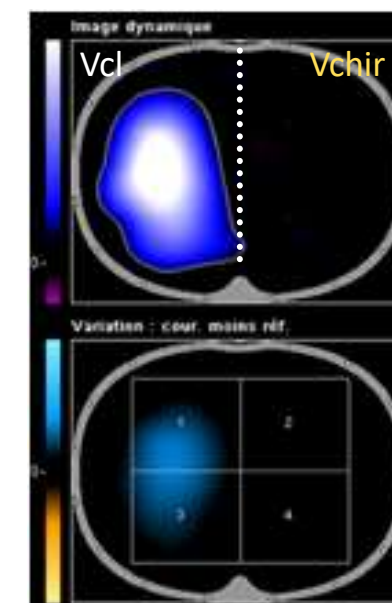
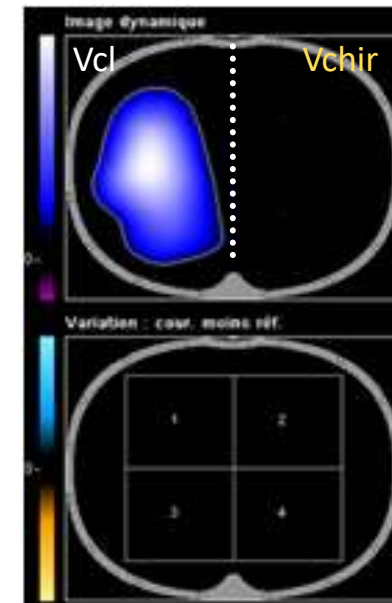
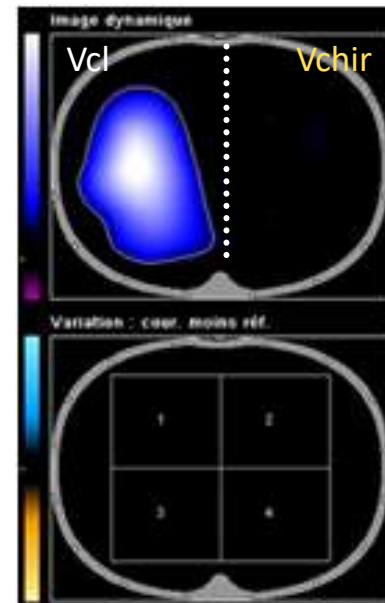
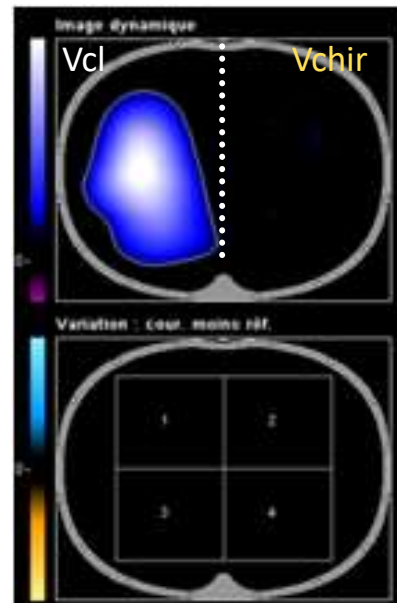
Vte 497 ml

PEP10 10'

Vte 737 ml

PEP15 10'

RS



VCL%

72% 79%

10%

VCHIR%

5%

- ✓ Pas de nouveaux territoires pulmonaires recrutés
- ✓ Pas d'homogénéisation du Vt
- ✓ Patient confortable, somnolant

TIE
MKREA

Titration de la PEEP
Retour Expérience

Evaluation pratique 3 : PEEP TRIAL

Mr Z - SARS-COV2 J7 intubé / ventilé / sédaté



- immunodéficient, IMC>30
- Patient répondeur ?
- Curarisé pour le PEEP trial

14:26

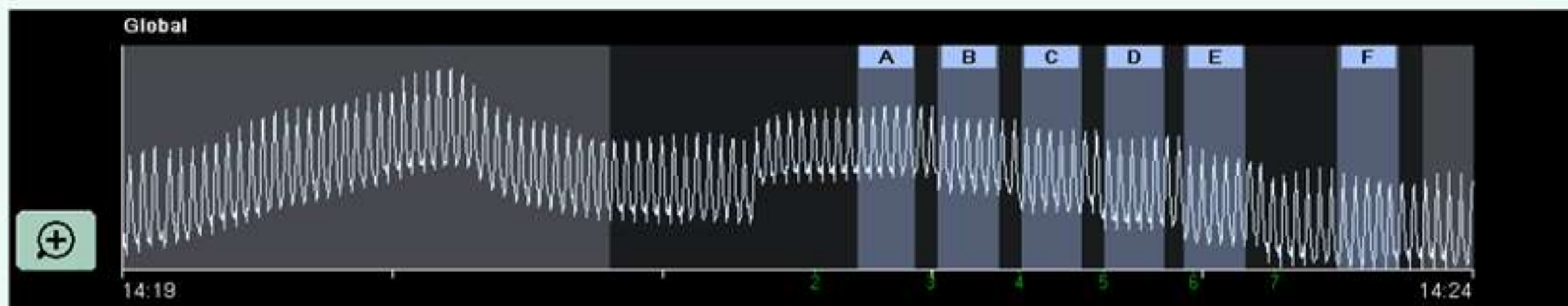
Haute

Filtre d'artefact activé

Qualité signal

Effectuer analyse

X



Démarrer analyse

Recruta-
bilité

PEP Trial

Personna-
lisée

5 min

Actualiser

Sections

RVD

Définir sections

Automatique

Ajouter
sectionSupprimer
section

Respirations par section

5

Section de référence pour analyses
de recrutabilité et personnalisée

A

Images coura
Délai de vent.Diminution de
complianceListe d'évé-
nements...

Aide...

Affichage...

Gel écran

Copie d'écran

Repère
événement...Revue des
données...

Enregistrement

Effectuer
analyse...Capturer
analyseRevue
d'analyseCréer
rapportContrôle
signal...Paramétrage
système...Marche/
Veille...

14:26

Haute

Filtre d'artefact activé

Qualité signal

Aide...

Affichage...

Gel écran

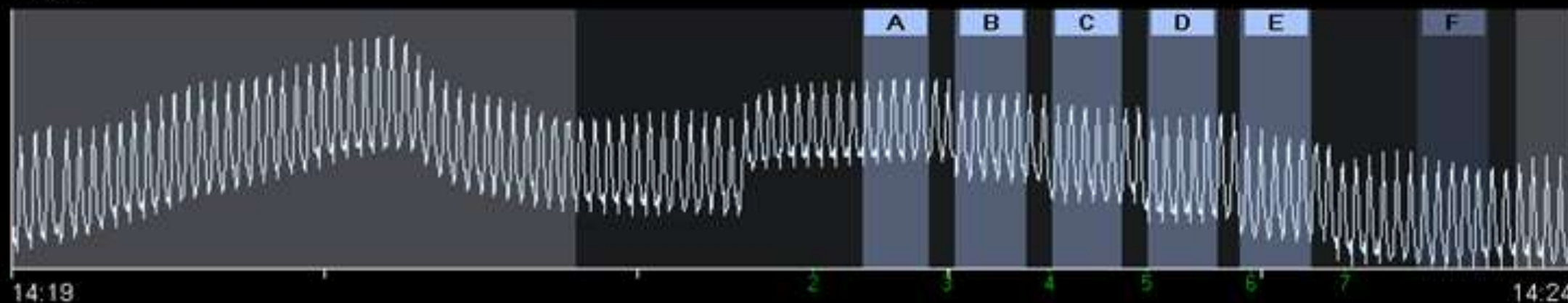
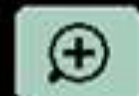
Copie d'écran

Repère
événement...Revue des
données...

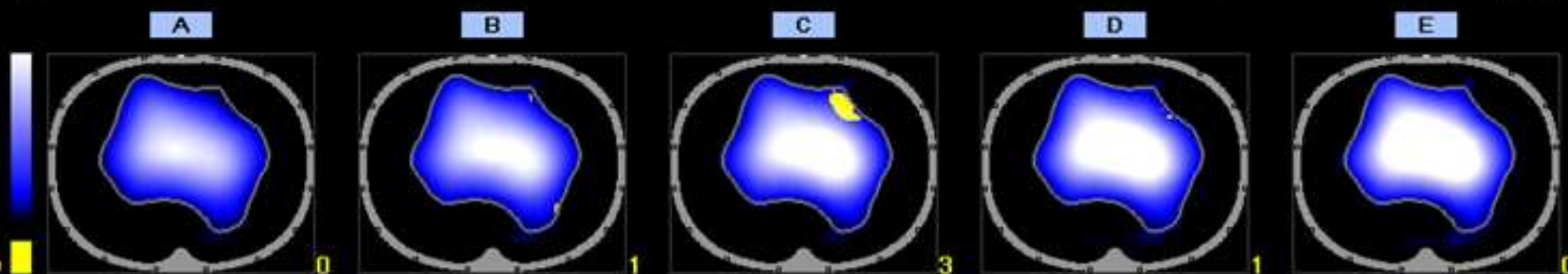
Enregistrement

Effectuer
analyse...Capturer
analyseRevue
d'analyseCréer
rapportContrôle
signal...Paramétrage
système...Marche/
Veille...

Global

Images courantes +
Délai de vent. rég.

RVD

Diminution de
compliance

C loss HP [%]

C loss LP [%]



RVD Ratio [%]

C loss HP [%]

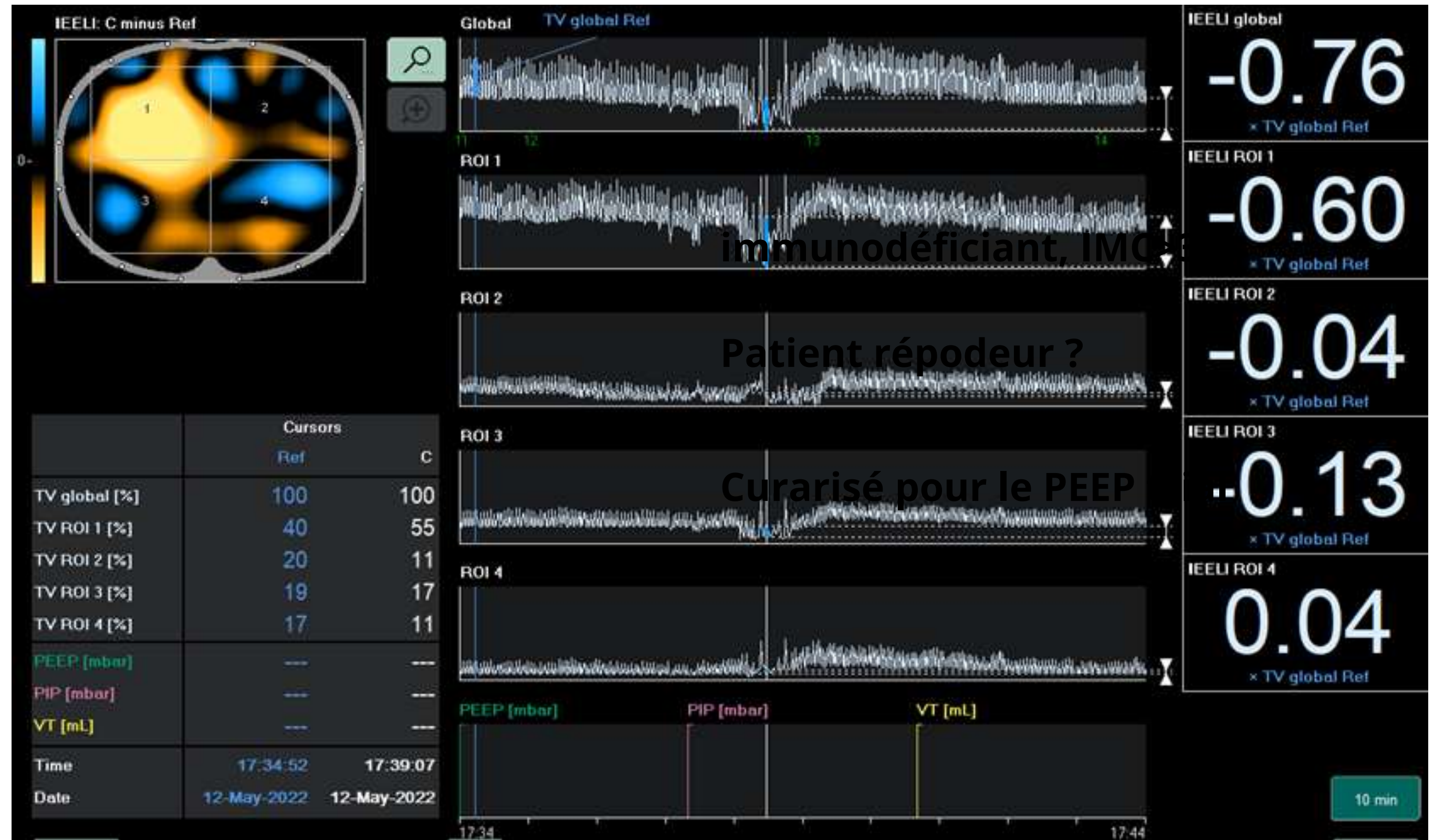
C loss LP [%]

Liste d'évé-
nements...

TIE
MKREA

Aspiration Endotrachéale
Retour Expérience

Aspiration Endorachéale



- Dérecrutement Global

- Retour à l'état de base



TIE

MKREA

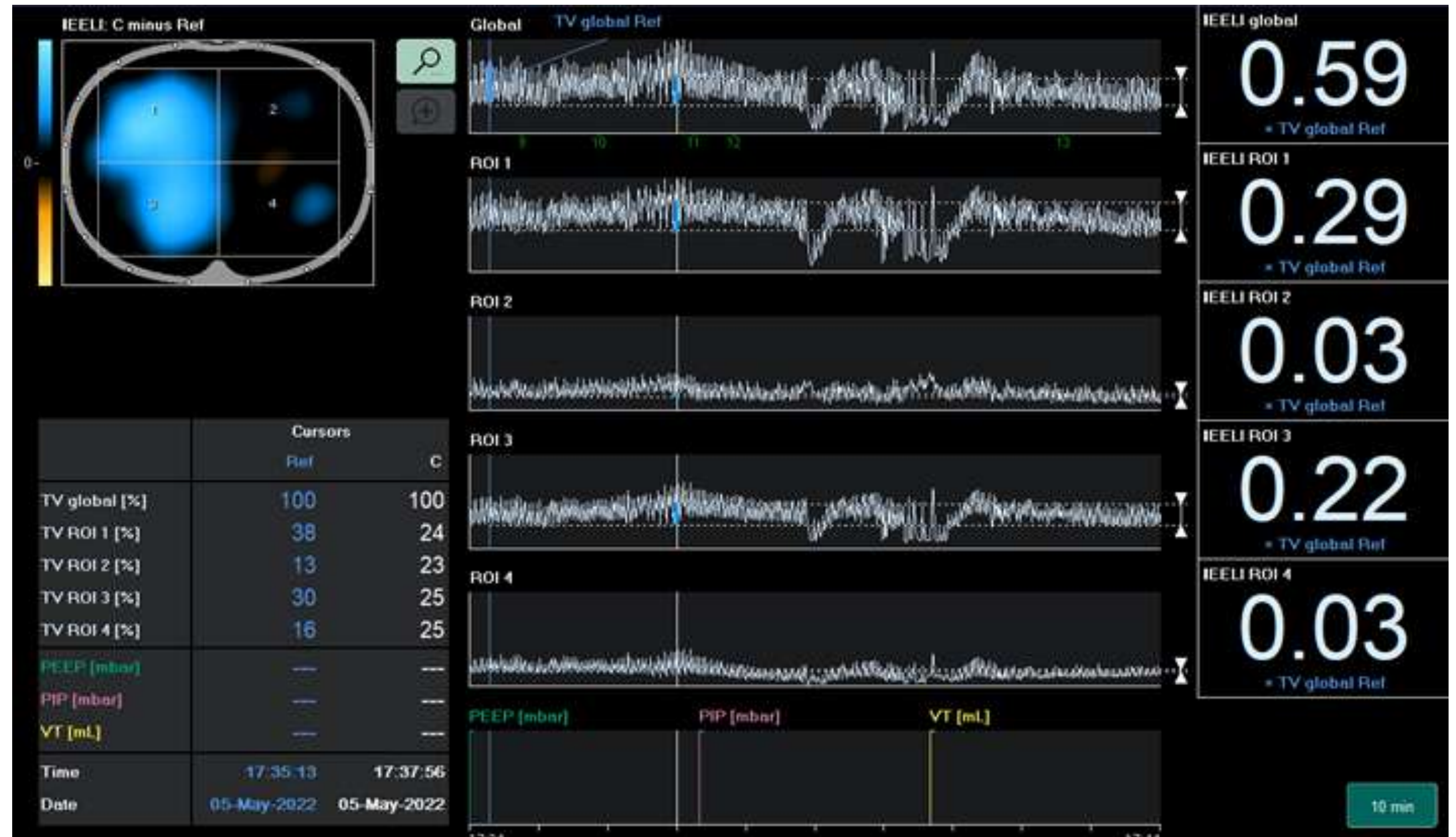
Manoeuvre de recrutement

Retour Expérience

TIE

Manoeuvre de recrutement

- Insufflation
Inex
20 cmH2O
2,5s
- Léger
recrutement
ROI2 / ROI4
- Distention
ROI1 / ROI3



Applications Cliniques MKREA

→ Place dans l'arsenal d'outils d'évaluation ?

- Clinique -
- Auscultation -
- GDS -
- Rx -
- Echographie -

Complémentarité



**Bénéfices
Théoriques**



**Bénéfices
Cliniques ?**

TIE

CONTRIBUTION



Evaluation des pratiques
Recherche Clinique



Individualisation du soin
Pratique Clinique

Outils Pédagogique
Formation

Références

- Adler, Andy, Marcelo Amato, John Arnold, Richard Bayford, Marc Bodenstein, Stephan Bohm, Brian Brown, et al. 2012. « Whither lung EIT: Where are we, where do we want to go and what do we need to get there? » *Physiological measurement* 33 (avril): 679-94. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/33/5/679>.
- Barber, D C, et B H Brown. s. d. « Applied Potential Tomography », 12.
- Bordes, Julien, Philippe Goutorbe, Pierre Julien Cungi, Marie Caroline Boghossian, et Eric Kaiser. 2016. « Noninvasive Ventilation during Spontaneous Breathing Anesthesia: An Observational Study Using Electrical Impedance Tomography ». *Journal of Clinical Anesthesia* 34 (novembre): 420-26. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2016.04.016>.
- Costa, Eduardo L. V., João Batista Borges, Alexandre Melo, Fernando Suarez-Sipmann, Carlos Toufen, Stephan H. Bohm, et Marcelo B. P. Amato. 2009. « Bedside Estimation of Recrutable Alveolar Collapse and Hyperdistension by Electrical Impedance Tomography ». *Intensive Care Medicine* 35 (6): 1132-37. <https://doi.org/10.1007/s00134-009-1447-y>.
- Eimer, Christine, Katharina Freier, Norbert Weiler, Inéz Frerichs, et Tobias Becher. 2021. « The Effect of Physical Therapy on Regional Lung Function in Critically Ill Patients ». *Frontiers in Physiology* 12 (septembre): 749542. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.749542>.
- Frerichs, Inéz, Marcelo B. P. Amato, Anton H. van Kaam, David G. Tingay, Zhanqi Zhao, Bartłomiej Grychtol, Marc Bodenstein, et al. 2017. « Chest Electrical Impedance Tomography Examination, Data Analysis, Terminology, Clinical Use and Recommendations: Consensus Statement of the TRanslational EIT DevelopmeNt StuDy Group ». *Thorax* 72 (1): 83-93. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2016-208357>.
- Genderingen, Huibert R. van, Adrianus J. van Vught, et Jos R. C. Jansen. 2003. « Estimation of Regional Lung Volume Changes by Electrical Impedance Pressures Tomography during a Pressure-Volume Maneuver ». *Intensive Care Medicine* 29 (2): 233-40. <https://doi.org/10.1007/s00134-002-1586-x>.
- Hickmann, Cheryl E., Natalia R. Montecinos-Munoz, Diego Castanares-Zapatero, Ricardo S. Arriagada-Garrido, Ursula Jeria-Blanco, Timour Gizzatullin, Jean Roeseler, Jonathan Dugernier, Xavier Wittebole, et Pierre-François Laterre. 2020. « Acute Effects of Sitting Out of Bed and Exercise on Lung Aeration and Oxygenation in Critically Ill Subjects ». *Respiratory Care*, septembre. <https://doi.org/10.4187/respcare.07487>.
- Hinz, J., G. Hahn, P. Neumann, M. Sydow, P. Mohrenweiser, G. Hellige, et H. Burchardi. 2003. « End-Expiratory Lung Impedance Change Enables Bedside Monitoring of End-Expiratory Lung Volume Change ». *Intensive Care Medicine* 29 (1): 37-43. <https://doi.org/10.1007/s00134-002-1555-4>.
- Jaber, Samir, Gerald Chanques, Boris Jung, et Bruno Riou. 2010. « Postoperative Noninvasive Ventilation ». *Anesthesiology* 112 (2): 453-61. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181c5e5f2>.
- Lehmann, Sylvia, Steffen Leonhardt, Chuong Ngo, Lukas Bergmann, Simone Schrading, Konrad Heimann, Norbert Wagner, et Klaus Tenbrock. 2018. « Electrical Impedance Tomography as Possible Guidance for Individual Positioning of Patients with Multiple Lung Injury ». *The Clinical Respiratory Journal* 12 (1): 68-75. <https://doi.org/10.1111/crj.12481>.

Références

- Longhini, Federico, Jessica Maugeri, Cristina Andreoni, Chiara Ronco, Andrea Bruni, Eugenio Garofalo, Corrado Pelaia, Camilla Cavicchi, Sergio Pintaudi, et Paolo Navalesi. 2019. « Electrical Impedance Tomography during Spontaneous Breathing Trials and after Extubation in Critically Ill Patients at High Risk for Extubation Failure: A Multicenter Observational Study ». *Annals of Intensive Care* 9 (1): 88. <https://doi.org/10.1186/s13613-019-0565-0>.
- Mauri, Tommaso, Cecilia Turrini, Nilde Eronia, Giacomo Grasselli, Carlo Alberto Volta, Giacomo Bellani, et Antonio Pesenti. 2017. « Physiologic Effects of High-Flow Nasal Cannula in Acute Hypoxemic Respiratory Failure ». *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 195 (9): 1207-15. <https://doi.org/10.1164/rccm.201605-0916OC>.
- Pérez-Terán, Purificación, Judith Marin-Corral, Irene Dot, Sergio Sans, Rosana Muñoz-Bermúdez, Raquel Bosch, Clara Vila, et Joan Ramon Masclans. 2019. « Aeration Changes Induced by High Flow Nasal Cannula Are More Homogeneous than Those Generated by Non-Invasive Ventilation in Healthy Subjects ». *Journal of Critical Care* 53: 186-92. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2019.06.009>.
- Putensen, Christian, Benjamin Hentze, Stefan Muenster, et Thomas Muders. 2019. « Electrical Impedance Tomography for Cardio-Pulmonary Monitoring ». *Journal of Clinical Medicine* 8 (8). <https://doi.org/10.3390/jcm8081176>.
- Reychler, Gregory, Valeska Uribe Rodriguez, Cheryl Elizabeth Hickmann, Bertrand Tombal, Pierre-François Laterre, Axel Feyaerts, et Jean Roeseler. 2018. « Incentive Spirometry and Positive Expiratory Pressure Improve Ventilation and Recruitment in Postoperative Recovery: A Randomized Crossover Study ». *Physiotherapy Theory and Practice*, février, 1-7. <https://doi.org/10.1080/09593985.2018.1443185>.
- Riedel, Thomas, Tanya Richards, et Andreas Schibler. 2005. « The Value of Electrical Impedance Tomography in Assessing the Effect of Body Position and Positive Airway Pressures on Regional Lung Ventilation in Spontaneously Breathing Subjects ». *Intensive Care Medicine* 31 (11): 1522-28. <https://doi.org/10.1007/s00134-005-2734-x>.
- Roldán, Rollin, Shalim Rodriguez, Fernando Barriga, Mauro Tucci, Marcus Victor, Glasiele Alcala, Renán Villamonte, et al. 2022. « Sequential Lateral Positioning as a New Lung Recruitment Maneuver: An Exploratory Study in Early Mechanically Ventilated Covid-19 ARDS Patients ». *Annals of Intensive Care* 12 (1): 13. <https://doi.org/10.1186/s13613-022-00988-9>.
- Rowley, Daniel D., Thomas P. Malinowski, Joseph L. Di Peppe, Ryan M. Sharkey, Daniel U. Gochenour, et Kyle B. Enfield. 2019. « A Randomized Controlled Trial Comparing Two Lung Expansion Therapies After Upper Abdominal Surgery ». *Respiratory Care*, mai. <https://doi.org/10.4187/respcare.06812>.
- Sánchez-Iglesias, Andrés, Milagros Fernández-Lucas, et José L. Teruel. 2012. « The Electrical Basis of Bioimpedance ». *Nefrología (English Edition)* 32 (2): 133-35. <https://doi.org/10.3265/Nefrologia.pre2012.Jan.11310>.

Références

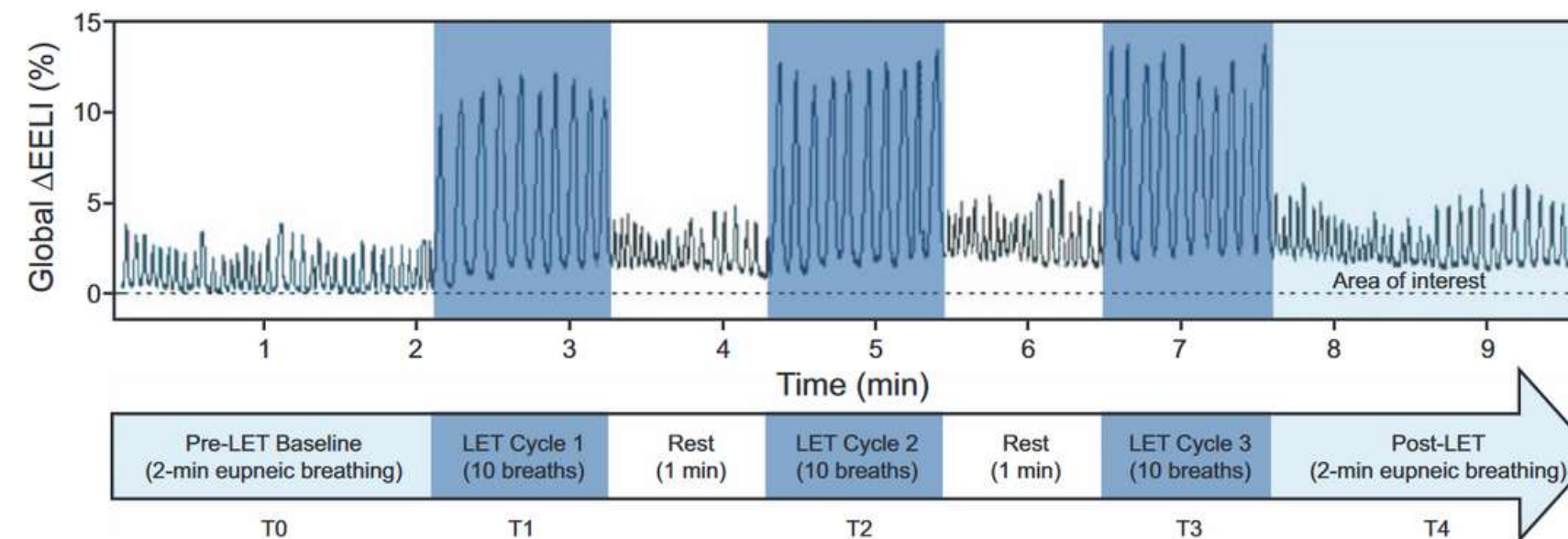
- Sella, Nicolò, Tommaso Pettenuzzo, Francesco Zarantonello, Giulio Andreatta, Alessandro De Cassai, Chiara Schiavolin, Caterina Simoni, Laura Pasin, Annalisa Boscolo, et Paolo Navalesi. 2021. « Electrical Impedance Tomography: A Compass for the Safe Route to Optimal PEEP ». *Respiratory Medicine* 187 (octobre): 106555. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2021.106555>.
- Shono, Atsuko, et Toru Kotani. 2019. « Clinical Implication of Monitoring Regional Ventilation Using Electrical Impedance Tomography ». *Journal of Intensive Care* 7: 4. <https://doi.org/10.1186/s40560-019-0358-4>.
- Teschner, Eckhard, Michael Imhoff, et Steffen Leonhardt. s. d. « Electrical Impedance Tomography: The Realisation of Regional Ventilation Monitoring. Notice Fabricant Dräger. 2nd Édition. » Notice Fabricant Dräger: 152.
- Thomson, Jessica, Christoph M. Rüegger, Elizabeth J. Perkins, Prue M. Pereira-Fantini, Olivia Farrell, Louise S. Owen, et David G. Tingay. 2020. « Regional Ventilation Characteristics during Non-Invasive Respiratory Support in Preterm Infants ». *Archives of Disease in Childhood. Fetal and Neonatal Edition*, novembre. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2020-320449>.
- Wang, Guan, Lei Zhang, Bin Li, Bingyin Niu, Jian Jiang, Duo Li, Zhu Yue, et Yibing Weng. 2021. « The Application of Electrical Impedance Tomography During the Ventilator Weaning Process ». *International Journal of General Medicine* 14: 6875-83. <https://doi.org/10.2147/IJGM.S331772>.
- Yuan, Siyi, Yi Chi, Yun Long, Huaiwu He, et Zhanqi Zhao. 2021. « Effect of Position Change From the Bed to a Wheelchair on the Regional Ventilation Distribution Assessed by Electrical Impedance Tomography in Patients With Respiratory Failure ». *Frontiers in Medicine* 8: 744958. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.744958>.
- Yuan, Zhiyong, Xiaoning Han, Lisha Wang, Ping Xue, Yunbo Sun, Inéz Frerichs, Knut Möller, Jinyan Xing, et Zhanqi Zhao. 2020. « Oxygen Therapy Delivery and Body Position Effects Measured With Electrical Impedance Tomography ». *Respiratory Care* 65 (3): 281-87. <https://doi.org/10.4187/respcare.07109>.
- Zhang, Rui, Huaiwu He, Long Yun, Xiang Zhou, Xu Wang, Yi Chi, Siyi Yuan, et Zhanqi Zhao. 2020. « Effect of Postextubation High-Flow Nasal Cannula Therapy on Lung Recruitment and Overdistension in High-Risk Patient ». *Critical Care (London, England)* 24 (1): 82. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-2809-7>.
- Zhao, Zhanqi, Knut Möller, Daniel Steinmann, Inéz Frerichs, et Josef Guttman. 2009. « Evaluation of an Electrical Impedance Tomography-Based Global Inhomogeneity Index for Pulmonary Ventilation Distribution ». *Intensive Care Medicine* 35 (11): 1900-1906. <https://doi.org/10.1007/s00134-009-1589-y>.

Recherche Clinique

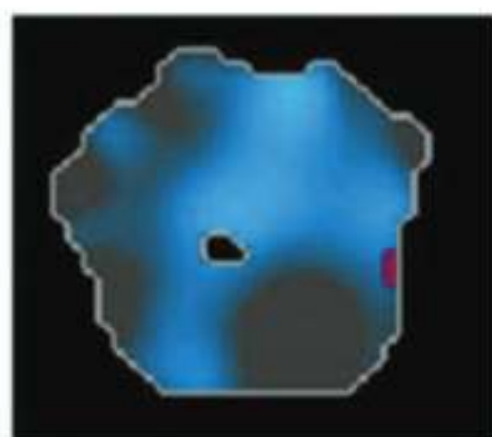
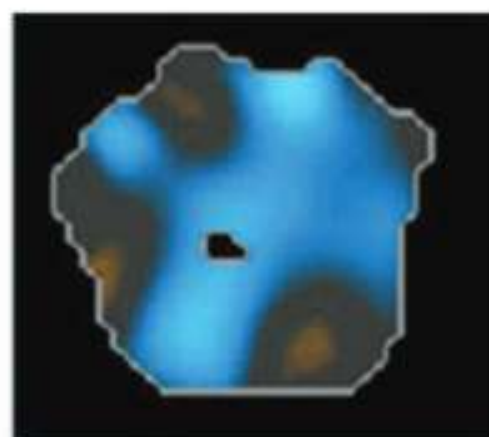
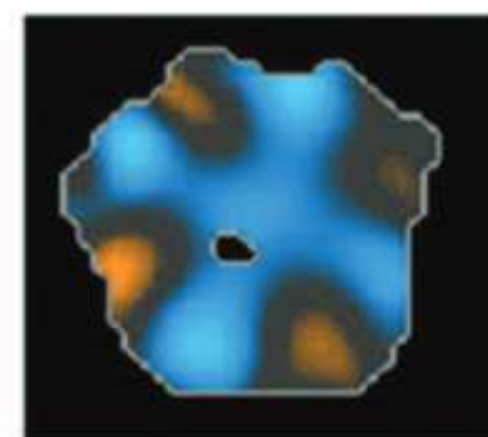
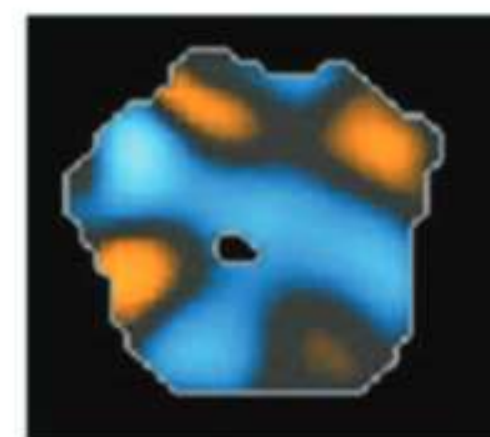
Thérapie d'Expansion Pulmonaire

A Randomized Controlled Trial Comparing Two Lung Expansion Therapies After Upper Abdominal Surgery

Daniel D Rowley, Thomas P Malinowski, Joseph L Di Peppe, Ryan M Sharkey,
Daniel U Gochenour, and Kyle B Enfield



A

 $\Delta\text{EELI } 0\%$  $\Delta\text{EELI } 5\%$  $\Delta\text{EELI } 18\%$  $\Delta\text{EELI } 9\%$  $\Delta\text{EELI } 18\%$ 