

UNIVERSITE DE MONTPELLIER
FACULTE DE MEDECINE DE MONTPELLIER-NIMES

THESE

Pour obtenir le titre de

DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement

Par

Cléa GANDON

Le 02/07/2021

How traditional and digital analytics interventions can enhance lung-protective ventilation strategy: a two-year-long quality improvement project

Directeur de thèse : Professeur Phillipe CUVILLON

Université de Montpellier, CHU Caremeau à Nîmes

JURY

Président: Professeur Samir JABER, *Université de Montpellier, CHU Saint-Eloi à Montpellier*

Asseseurs:

Professeur Phillipe CUVILLON *Université de Montpellier, CHU Caremeau à Nîmes*

Professeur Pierre-Géraud CLARET *Université de Montpellier, CHU Caremeau à Nîmes*

Docteur Christophe BOISSON *CHU Caremeau à Nîmes*

UNIVERSITE DE MONTPELLIER
FACULTE DE MEDECINE DE MONTPELLIER-NIMES

THESE

Pour obtenir le titre de

DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement

Par

Cléa GANDON

Le 02/07/2021

How traditional and digital analytics interventions can enhance lung-protective ventilation strategy: a two-year-long quality improvement project

Directeur de thèse : Professeur Phillipe CUVILLON

Université de Montpellier, CHU Caremeau à Nîmes

JURY

Président: Professeur Samir JABER, *Université de Montpellier, CHU Saint-Eloi à Montpellier*

Asseseurs:

Professeur Phillipe CUVILLON *Université de Montpellier, CHU Caremeau à Nîmes*

Professeur Pierre-Géraud CLARET *Université de Montpellier, CHU Caremeau à Nîmes*

Docteur Christophe BOISSON *CHU Caremeau à Nîmes*

Personnel enseignant - Année universitaire 2020-2021

PERSONNEL ENSEIGNANT

Professeurs Honoraires

ALBAT Bernard	PAGES Michel	DIMEGLIO Alain
BRUNEL Michel	ASTRUC Jacques	LAMARQUE Jean-Louis
HUMEAU Claude	COSTA Pierre	PUJOL Henri
MIRO Luis	JOURDAN Jacques	BALDET Pierre
ALLIEU Yves	PEGURET Claude	DUBOIS Jean Bernard
CANAUD Bernard	AUSSILLOUX Charles	LAPEYRIE Henri
JAFFIOL Claude	D'ATHIS Françoise	RABISCHONG Pierre
NAVARRO Maurice	KLEIN Bernard	BALDY-MOULINIER Michel
ALRIC Robert	PELISSIER Jacques	DUJOLS Pierre
CHAPTAL Paul-André	AVEROUS Michel	LEROUX Jean-Louis
JANBON Charles	DEMAILLE Jacques	RAMUZ Michel
NAVRATIL Henri	LAFFARGUE François	BALMES Jean-Louis
ARNAUD Bernard	PETIT Pierre	DUMAS Robert
CIURANA Albert-Jean	AYRAL Guy	LESBROS Daniel
JANBON François	DESCOMPS Bernard	REBOUL Jean
OTHONIEL Jacques	LALLEMANT Jean Gabriel	BANSARD Nicole
ASENCIO Gérard	POUGET Régis	DUMAZER Romain
CLOT Jacques	BAILLAT Xavier	LOPEZ François Michel
JARRY Daniel		

RIEU Daniel	GALIFER René Benoît	SENAC Jean-Paul
BAYLET René	MARTY ANE Charles	BOUSQUET Jean
ECHENNE Bernard	SANCHO-GARNIER Hélène	GUITER Pierre
LORIOT Jean	BLOTMAN Francis	MICHEL François-Bernard
ROCHEFORT Henri	GODLEWSKI Guilhem	SERRE Arlette
BILLIARD Michel	MARY Henri	BRUEL Jean Michel
FABRE Serge	SANY Jacques	HEDON berbard
LOUBATIERES Marie Madeleine	BONNEL François	MION Charles
ROUANET DE VIGNE	GRASSET Daniel	SOLASSOL Claude
LAVIT Jean Pierre	MATHIEU-DAUDE Pierre	BUREAU Jean-Paul
BLARD Jean-Marie	SEGNARBIEUX François	HERTAULT Jean
FREREBEAU Philippe	BOURGEOIS Jean- Marie	MION Henri
MAGNAN DE BORNIER Bernard	GUILHOU Jean-Jacques	VIDAL Jacques
SAINT AUBERT Bernard	MEYNADIER Jean	VISIÈRE Jean Pierre
BLAYAC Jean Pierre		

Professeurs Emérites

ARTUS Jean-Claude	BOULENGER Jean-Philippe
LE QUELLEC Alain	MAURY Michèle
BLANC François	BOURREL Gérard
MARES Pierre	MESSNER Patrick
BONAFE Alain	BRINGER Jacques
MAUDELONDE Thierry	MILLAT Bertrand

CLAUSTRES Mireille

MONNIER Louis

DAURES Jean-Pierre

MOURAD Georges

DAUZAT Michel

PREFAUT Christian

DAVY Jean-Marc

PUJOL Rémy

DEDET Jean-Pierre

RIBSTEIN Jean

ELEDJAM Jean-Jacques

SCHVED Jean-François

GROLLEAU RAOUX Robert

SULTAN Charles

GUERRIER Bernard

TOUCHON Jacques

GUILLOT Bernard

UZIEL Alain

JONQUET Olivier

VOISIN Michel

LANDAIS Paul

ZANCA Michel

LARREY Dominique

Docteurs Emérites

PRAT Dominique

PUJOL Joseph

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

PU-PH de classe exceptionnelle

ALRIC Pierre	Chirurgie vasculaire; médecine vasculaire (option chirurgie vasculaire)
BACCINO Éric	Médecine légale et droit de la santé
BASTIEN Patrick	Parasitologie et mycologie
BEREGI Jean-Paul	Radiologie et imagerie médicale
BLAIN Hubert	Médecine interne; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
BOULOT Pierre	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
CAPDEVILA Xavier	Anesthésiologie-réanimation et médecine peri-opératoire
CHAMMAS Michel	Chirurgie orthopédique et traumatologique
COLSON Pascal	Anesthésiologie-réanimation et médecine peri-opératoire
COMBE Bernard	Rhumatologie
COSTES Valérie	Anatomie et cytologie pathologiques
COTTALORDA Jérôme	Chirurgie infantile
COUBES Philippe	Neurochirurgie
COURTET Philippe	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
CRAMPETTE Louis	Oto-rhino-laryngologie
CRISTOL Jean Paul	Biochimie et biologie moléculaire
CYTEVAL Catherine	Radiologie et imagerie médicale
DE LA COUSSAYE Jean Emmanuel	Médecine d'urgence
DE WAZIERES Benoît	Médecine interne ;gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie

DELAPORTE Éric	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
DEMOLY Pascal	Pneumologie ; addictologie
DOMERGUE Jacques	Chirurgie viscérale et digestive
DUFFAU Hugues	Neurochirurgie
ELIAOU Jean François	Immunologie
FABRE Jean Michel	Chirurgie viscérale et digestive
FRAPIER Jean-Marc	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
HERISSON Christian	Médecine physique et de réadaptation
JABER Samir	Anesthésiologie-réanimation et médecine peri-opératoire
JEANDEL Claude	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
JORGENSEN Christian	Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie
KOTZKI Pierre Olivier	Biophysique et médecine nucléaire
LABAUGE Pierre	Neurologie
LEFRANT Jean-Yves	Anesthésiologie-réanimation et médecine peri-opératoire
LEHMANN Sylvain	Biochimie et biologie moléculaire
LUMBROSO Serge	Biochimie et Biologie moléculaire
MERCIER Jacques	Physiologie
MEUNIER Laurent	Dermato-vénéréologie
MONDAIN Michel	Oto-rhino-laryngologie
MORIN Denis	Pédiatrie
PAGEAUX Georges-Philippe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
PUJOL Pascal	Biologie cellulaire

QUERE Isabelle	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (option médecine vasculaire)
RENARD Éric	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
REYNES Jacques	Maladies infectieuses, maladies tropicales
RIPART Jacques	Anesthésiologie-réanimation et médecine peri-opératoire
ROUANET Philippe	Cancérologie ; radiothérapie
SOTTO Albert	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
TAOUREL Patrice	Radiologie et imagerie médicale
TOUITOU Isabelle	Génétique
VANDE PERRE Philippe	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
YCHOU Marc	Cancérologie ; radiothérapie

PU-PH de 1re classe

AGUILAR MARTINEZ Patricia	Hématologie ; transfusion
ASSENAT Éric	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
AVIGNON Antoine	Nutrition
AZRIA David	Cancérologie ; radiothérapie
BAGHDADLI Amaria	Pédopsychiatrie ; addictologie
BLANC Pierre	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
BORIE Frédéric	Chirurgie viscérale et digestive
BOURDIN Arnaud	Pneumologie ; addictologie
CAMBONIE Gilles	Pédiatrie
CAMU William	Neurologie

CANOVAS François	Anatomie
CAPTIER Guillaume	Anatomie
CARTRON Guillaume	Hématologie ; transfusion
CAYLA Guillaume	Cardiologie
CHANQUES Gérald	Anesthésiologie-réanimation et médecine peri-opératoire
CORBEAU Pierre	Immunologie
COULET Bertrand	Chirurgie orthopédique et traumatologique
CUVILLON Philippe	Anesthésiologie-réanimation et médecine peri-opératoire
DADURE Christophe	Anesthésiologie-réanimation et médecine peri-opératoire
DAUVILLIERS Yves	Physiologie
DE TAYRAC Renaud	Gynécologie-obstétrique, gynécologie médicale
DE VOS John	Histologie, embryologie et cytogénétique
DEMARIA Roland	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
DEREURE Olivier	Dermatologie - vénéréologie
DROUPY Stéphane	Urologie
DUCROS Anne	Neurologie
DUPEYRON Arnaud	Médecine physique et de réadaptation
FESLER Pierre	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
GARREL Renaud	Oto-rhino-laryngologie
GENEVIEVE David	Génétique
GUILLAUME Sébastien	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
GUIU Boris	Radiologie et imagerie médicale

HAYOT Maurice	Physiologie
HOUEDE Nadine	Cancérologie ; radiothérapie
KLOUCHE Kada	Médecine intensive-réanimation
KOENIG Michel	Génétique
KOUYOUMDJIAN Pascal	Chirurgie orthopédique et traumatologique
LAFFONT Isabelle	Médecine physique et de réadaptation
LAVABRE-BERTRAND Thierry	Histologie, embryologie et cytogénétique
LAVIGNE Jean-Philippe	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
LE MOING Vincent	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
LECLERCQ Florence	Cardiologie
MARIANO-GOULART Denis	Biophysique et médecine nucléaire
MATECKI Stéfan	Physiologie
MORANNE Olivier	Néphrologie
MOREL Jacques	Rhumatologie
NAVARRO Francis	Chirurgie viscérale et digestive
NOCCA David	Chirurgie viscérale et digestive
PASQUIE Jean-Luc	Cardiologie
PERNEY Pascal	Médecine interne; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
PRUDHOMME Michel	Anatomie
PUJOL Jean Louis	Pneumologie ; addictologie
PURPER-OUAKIL Diane	Pédopsychiatrie ; addictologie
ROGER Pascal	Anatomie et cytologie pathologiques

TRAN Tu-Anh

Pédiatrie

VERNHET Hélène

Radiologie et imagerie médicale

PU-PH de 2ème classe

BOURGIER Céline

Cancérologie; radiothérapie

CANAUD Ludovic

Chirurgie vasculaire; médecine vasculaire
(option chirurgie vasculaire)

CAPDEVIELLE Delphine

Psychiatrie d'Adultes ; addictologie

CLARET Pierre-Géraud

Médecine d'urgence

COLOMBO Pierre-Emmanuel

Cancérologie ; radiothérapie

COSTALAT Vincent

Radiologie et imagerie médicale

DAIEN Vincent

Ophthalmologie

DORANDEU Anne

Médecine légale et droit de la santé

FAILLIE Jean-Luc

Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie
clinique ; addictologie

FUCHS Florent

Gynécologie-obstétrique ; gynécologie
médicale

GABELLE DELOUSTAL Audrey

Neurologie

GAUJOUX Viala Cécile

Rhumatologie

GODREUIL Sylvain

Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

GUILPAIN Philippe

Médecine Interne, gériatrie et biologie du
vieillessement; addictologie

HERLIN Christian

Chirurgie plastique, reconstructrice et
esthétique, brulologie

IMMEDIATO DAIEN Claire

Rhumatologie

JACOT William	Cancérologie ; Radiothérapie
JEZIORSKI Éric	Pédiatrie
JUNG Boris	Médecine intensive-réanimation
KALFA Nicolas	Chirurgie infantile
LACHAUD Laurence	Parasitologie et mycologie
LALLEMANT Benjamin	Oto-rhino-laryngologie
LE QUINTREC DONNETTE Moglie	Néphrologie
LETOUZEY Vincent	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
LONJON Nicolas	Neurochirurgie
LOPEZ CASTROMAN Jorge	Psychiatrie d'Adultes ; addictologie
LUKAS Cédric	Rhumatologie
MENJOT de CHAMPFLEUR Nicolas	Radiologie et imagerie médicale
MILLET Ingrid	Radiologie et imagerie médicale
MURA Thibault	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de la communication
NAGOT Nicolas	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de la communication
OLIE Emilie	Psychiatrie d'adultes; addictologie
PANARO Fabrizio	Chirurgie viscérale et digestive
PARIS Françoise	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
PELLESTOR Franck	Histologie, embryologie et cytogénétique

PEREZ MARTIN Antonia	Chirurgie vasculaire; médecine vasculaire (option médecine vasculaire)
POUDEROUX Philippe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
RIGAU Valérie	Anatomie et cytologie pathologiques
RIVIER François	Pédiatrie
ROSSI Jean François	Hématologie ; transfusion
ROUBILLE François	Cardiologie
SEBBANE Mustapha	Médecine d'urgence
SIRVENT Nicolas	Pédiatrie
SOLASSOL Jérôme	Biologie cellulaire
STOEBNER Pierre	Dermato-vénérologie
SULTAN Ariane	Nutrition
THOUVENOT Éric	Neurologie
THURET Rodolphe	Urologie
TUAILLON Edouard	Bactériologie-virologie; hygiène hospitalière
VENAIL Frédéric	Oto-rhino-laryngologie
VILLAIN Max	Ophtalmologie
VINCENT Denis	Médecine interne ;gériatrie et biologie du vieillessement, médecine générale, addictologie
VINCENT Thierry	Immunologie
WOJTUSCISZYN Anne	Endocrinologie-diabétologie-nutrition

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

1re classe :

COLINGE Jacques (Cancérologie, Signalisation cellulaire et systèmes complexes)

LAOUDJ CHENIVESSE Dalila (Biochimie et biologie moléculaire)

VISIÉ Laurent (Sociologie, démographie)

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - Médecine générale

1re classe :

LAMBERT Philippe

AMOUYAL Michel

PROFESSEURS ASSOCIES - Médecine Générale

CLARY Bernard

DAVID Michel

GARCIA Marc

PROFESSEURS ASSOCIES – Médecine

BESSIS Didier (Dermato-vénérologie)

MEUNIER Isabelle (Ophtalmologie)

MULLER Laurent (Anesthésiologie-réanimation et médecine peri-opératoire)

PERRIGAULT Pierre-François (Anesthésiologie-réanimation et médecine peri-opératoire)

QUANTIN Xavier (Pneumologie)

ROUBERTIE Agathe (Pédiatrie)

VIEL Éric (Soins palliatifs et traitement de la douleur)

Remerciements

Au Professeur Samir Jaber,

Merci de me faire l'immense honneur de présider le jury de ma thèse. Je n'aurais pas pu rêver mieux comme président de jury d'une thèse montpelliéraine sur la ventilation protectrice. Vos connaissances et votre expérience ont enrichis notre travail. Merci pour vos précieux conseils concernant la rédaction de notre article.

Au Professeur Pierre-Géraud Claret,

Merci pour votre aide précieuse dans la réalisation des statistiques de notre étude. Tout au long de ce travail, vous avez été d'une grande disponibilité toujours avec bienveillance.

Au Professeur Philippe Cuvillon,

Au Professeur Cuvillon,

Merci de me faire l'honneur de diriger ce magnifique sujet de recherche.

Merci de m'avoir emmené à la SFAR pour présenter nos premiers résultats, ce fut ma première expérience de recherche et de présentation.

Merci de m'avoir appris à être synthétique et convaincante en 5 min de bibliographie, pas une seconde de plus!

Merci pour l'ensemble des connaissances que vous m'avez transmis en anesthésie et bien sûr en ALR.

A Philippe Cuvillon,

Tu m'as accueilli avec bienveillance dès mon premier semestre dans cette merveilleuse famille nîmoise de l'anesthésie, famille que tu diriges avec beaucoup de disponibilité et de respect.

Merci de m'avoir fait confiance alors que moi-même je n'aurais pas osé me lancer dans ce projet.

Au Docteur Christophe Boisson,

Au Docteur Boisson,

Merci de m'avoir transmis tes connaissances en anesthésie et notamment en ALR.

Merci pour ta patience et tes connaissances informatiques indispensables pour mener à bien ce projet, tu as veillé à ce que toutes les salles restent connectées, même en plein mois d'août ...

Tu as fait le lien entre nous tous: l'ingénieur de GE (Mr GAT), Philippe, moi et le reste des services informatiques de l'hôpital. Tu as toujours été disponible pour toutes mes questions.

A Christophe,

Merci de m'avoir appris que la bienveillance au travail est indispensable.

Merci pour ces repas de gardes mémorable au bloc le dimanche midi!

Merci d'avoir cru en moi pour ce projet.

A tous ceux qui ont permis de mener à bien ce projet :

Aux **IADEs et MAR de l'équipe d'anesthésie de Nîmes**: merci, merci, merci ... A titre personnel, j'ai adoré travailler à vos côtés, vous m'avez beaucoup appris. Un remerciement spécial à **Yves Griez** et à **Anna Martinez** qui ont géré sur le terrain les différents respirateurs dans chacune des salles.

A **Natacha Simon**, IADE et attachée de recherche Clinique au CHU de Nîmes, merci pour toutes ces heures à renseigner le tableau Excel. Merci pour ton travail formidable.

Aux traductrices: Mme **Theersa Sawers** au CHU de Nîmes et au **Dr Julie Carr** du Dar B merci pour vos relectures et conseils avisés.

A mes confrères et consœurs du monde médical :

Aux IADEs, IDE de réanimation et salle de réveil et aux AS:

C'est vous qui m'avez d'abord tout appris: perfuser, ventiler, intuber, préparer les médicaments, gérer une VVC ou un cathéter artériel, brancarder, aller au scanner ... et surtout parler aux patients et à leur famille.

Pour tout cela, merci.

Merci, à l'équipe **d'anesthésie d'urologie et chirurgie digestive de Nîmes en 2017-2018**, au Dr Papa-Abdel El Annaz, au Dr Brougère (et à toutes tes blagues), au Dr Nathalie Valade (et à ses sabots mythiques), au Dr Bonada (« pas de nom, pas de date »), au Dr Wira, au Dr Vaissiere, au Dr Charles, au Dr Bonnin, au Dr Debureaux.

Merci à l'**équipe de réanimation de Béziers 2018**. Merci à l'ensemble des MAR et à tous les paramédicaux. Je garde en mémoire votre bonne humeur, vos blagues et votre générosité.

Merci à l'**équipe d'anesthésie orthopédique de Nîmes** en 2018-2019 : Dr Vialles (merci pour ta douceur et ta bienveillance avec chacun de tes internes), Dr Garnier, Dr Bourgaux, Dr Dhaouadi, Dr Pujol et Dr L'Hermitte.

Merci aux **Anesthésistes-Réanimateurs du DAR C à Gui-de-Chauliac de 2019**,

En particulier, au Dr Mélanie RATIE: à notre syndrome de Mendelson aux lentilles qui restera gravé dans ma mémoire à jamais et au Dr Jean-Clément LAU: à cette garde mémorable où l'on a dû choquer « à sec » ...

Merci aux **Anesthésistes-Réanimateurs de la Clinique du Millénaire** et à leurs équipes de réanimation et de bloc. Merci à vous tous pour votre pédagogie, votre bienveillance et surtout votre confiance. Un merci tout particulier à l'équipe de chirurgie (Chirurgiens, IBO et IBODES): jamais une équipe de chirurgie ne m'avait accueilli avec tant de bienveillance.

Merci à l'équipe de **Réanimation Chirurgicale de Nîmes de l'été 2020**, avec vous j'ai retrouvé cette passion pour la réanimation chirurgicale qui m'avait tant plu durant mon externat et qui m'a fait choisir cette spécialité. Merci au MAR, IDE et AS pour cette superbe ambiance.

Merci au **Pr Laurent Muller** pour nous transmettre ta passion de la réanimation et de l'échographie. Tu es le chef de service le plus bienveillant qu'il m'a été donné de rencontrer.

Merci au **Pr Claire Roger**, j'espère un jour avoir ta sérénité et ton humanité. A titre personnel, merci pour cette drôle de garde où j'ai fini par être ta patiente... J'ai eu peur, mais tu as été là, toujours aussi bienveillante.

Merci au Dr Remy Widehem (Merci les chatons !), Dr Florian Bazalgette, Dr Benjamin Louart, Dr Guillaume Louart, Dr Stéphanie Bulyez et au Dr Cohendy.

Merci aux **Anesthésistes de Gynéco-obstétrique d'Arnaud de Villeneuve**, au Dr Barbier (Merci pour ta pédagogie exceptionnelle), Dr Hlioua, Dr Bauchy, Dr Quintin, Dr Dubourdiou, Dr Bellanger, Dr Grenie, Dr Castaglioni. Un merci particulier aux IADEs, aux Sages-Femmes ainsi qu'aux internes et médecins de Gynéco-Obstétrique. Vous avez une équipe formidable et très accueillante. En 3 mois à vos côtés, j'ai vécu des situations de folies!

Merci aux **Anesthésistes de Pédiatrie du CHU de Montpellier**: au Dr Sola, Dr Pirat, Dr Hertz, Dr Maniora, Dr Raux, Dr Chapron, Dr Veislinger, Dr Saour, Dr Couchepin et Dr Pico. Un remerciement particulier aux IADEs de Lapeyronie qui travaillent en secteur de Pédiatrie. Vous êtes accueillants, bienveillants et pédagogues. J'ai beaucoup appris à vos côtés.

Merci aux **Anesthésistes et Réanimateur du DAR D**: Pr Colson, Dr Eliet, Dr Gaudard, Dr Blin, Dr Zeroual, Dr Saour, Dr David, Dr Bazalgette, Dr Jouitteau, Dr Laplace, Dr Mourad, Dr Coves, Dr Guilbault, Dr Bernard, Dr Molina.

Merci à tous **mes co-internes**, pour ces plannings de gardes à faire rêver !

A ma famille,

A Florian,

Mon amour, mon meilleur ami, mon âme-sœur,
Chaque jour à tes cotés est un jour de chance,
Chaque heure à tes cotés est une heure de bonheur,
Chaque minute dans tes bras est une minute d'amour ...
Il n'existe pas de mots assez forts pour te remercier,
Sans toi je n'aurais pas réussi à affronter tout cela.
A toi, à nous et à tous les projets que nous formulons en secret.
Merci pour hier, pour aujourd'hui mais surtout merci pour demain ...

A ma maman, Florence,

C'est grâce à toi que je suis devenue le docteur que je suis aujourd'hui. Tu m'as transmis les valeurs les plus importantes qu'un médecin doit appliquer dans son quotidien: bienveillance, tolérance et empathie. Tu as veillé sur moi chaque jour, même quand j'étais loin. Tu as toujours été là, surtout quand c'était dur.
Tu es la meilleure maman qu'un enfant puisse rêver. J'espère moi aussi devenir une maman comme toi.

A mon papa, François,

Tu m'as appris à réfléchir et à comprendre le monde qui m'entoure. Tu m'as transmis ta passion pour le bricolage et la débrouille. Tu as fait de moi une femme indépendante et libre. Tu as aussi été là dans les moments difficiles, toujours à mes côtés dans ce long parcours universitaire, toujours serein.
Tu es un père merveilleux et aimant.

A mon frère, Théo,

A nos fous rires, à nos disputes et à notre amour. Je sais que ce n'est pas facile de grandir dans l'ombre de sa grande sœur, mais tu as su dépasser cet obstacle et devenir un homme honorable au parcours brillant. Je reconnais en nous cette vocation commune dans le dévouement aux autres. Je suis fière de toi et je serai toujours ta grande sœur pour veiller sur toi.
A **Fanny**, je n'aurais pas pu rêver meilleure belle-sœur. J'admire ton intelligence et ta douceur. Enfin quelqu'un dans la famille pour partager ma passion de la lecture ...

A ma Grand-Mère, Claire,

J'essaye chaque jour d'être à la hauteur de tes qualités: calme et bienveillance. Merci d'avoir été une mamie si douce et gentille. Je te chérie dans mon cœur jours après jours.

A mon Grand-Père, Yvan,

Je n'oublie pas d'où je viens et ce que ma famille a traversé. J'admire ta volonté et ton ardeur au travail. Merci d'avoir été un grand-père si doux avec nous.

A mes oncles et tantes, à Christine (ma marraine) et Bernard, à Lucien, à Isabelle, à Gisèle et Patrice (mon parrain), à Suzie et Alain. Merci d'avoir veillé sur moi depuis toujours. Je mesure la chance de vous avoir tous autour de moi.

A mes cousins et à leur famille:

A **Sébastien, Julie et Nina**, à votre belle famille.

A **Anaïs**, ma meilleure amie d'enfance avec qui j'ai fait toutes les bêtises possibles.

A **Olivier, Amandine, Cloé et Romane**, à votre humour et à votre amour. Merci de m'avoir choisie pour être la marraine de Cloé. **Cloé** je promets de veiller sur toi, toujours.

A **Elisa et Yohann**, Elisa tu es celle qui m'a le plus soutenue durant ce parcours. Merci d'avoir été là à chaque instant. Nous partageons cette passion parfois étrange de la médecine Je sais que je peux te confier tous mes secrets. Il me tarde de te voir devenir maman et de chérir vos enfants.

A mes amis :

A mes amis d'enfance, **Morgane, Fanchon, Maïté et Mathilde**. Le temps passe mais les souvenirs et l'amitié restent.

Aux **LAHOF's, Charlotte, Lola, Mathilde, Laurie, Justine, Léa, Candice, Lucie**. Quelle équipe! Que de fous rires et de soirées avec vous. Nous sommes devenus des adultes ensemble. Il me semble si proche le temps où nous allions voir des concerts et où nous dormions dans les tentes après les fêtes votives. Je vous aime tendrement.

A **mes amis de Saint-Etienne**, avec vous j'ai connu la vie étudiante et la médecine mais surtout les soirées ! Aux **WEI** et **WED** où l'on a trop (mais vraiment trop) bu, aux soirées « Clé-de-Voute », à l'**ADEMS**, aux **CRITs**, à la Faluche, à nos heures de gloire sur le dancefloor de « La Mine » et du « Bul » et bien sûr à toutes ces heures à la fac et à la BU...

A **Barbara**, la première avec qui j'ai partagé ce chemin.

A **Lucile (et Paul)**, à ton dévouement aux autres et à ton humeur survoltée. Merci d'avoir veillé sur moi durant toutes ces années et de continuer à être présente dans ma vie ...

A **Ludo (et Thomas)**, à ta bonne humeur permanente et ta bienveillance.

A **Maxime (chaton)**, à ton humour, nos sorties cultures et à nos soirée **CRITs**...

A vous tous : **Pierre, Claire, Alexandre, Lauren, Maxence, Thomas, Alice, Elise et Cyril, Noellie, Charline, Justine, Line, Romain, Maéva, Manon, Guillaume**...

A mes amis Montpellierain/Nîmois/Biterrois,

A **Ambre et Marine**, à notre trio de choc : **CUNY/PAPY/GANDON** ! A notre amitié qui s'est nouée en quelques jours et qui n'a jamais cessée.

A **Ambre**, j'admire tes connaissances, ton intelligence et bien sûr ton caractère bien trempé. Je me régale de partager nos lectures, nos fous rires et surtout notre passion pour la cuisine et le vin ! Merci d'être une amie si présente et si bienveillante pour nous. A **Antoine**, que j'ai découvert avec les années: merci pour ton humour, tes talents culinaires et ta sympathie.

A **Marine**, j'espère un jour avoir ta sérénité et ta logique. Je suis toujours impressionnée par tes facilités mais surtout par ta modestie. Merci pour tous ces fou-rires ensemble. Trinquons à ta nouvelle passion pour la lecture ... A **Lola**, à l'image de Marine ta douceur et ta sérénité sont remarquables.

A l'internat de Caremeau, quel premier semestre de folie !

A mes **amis de Béziers**, merci pour toutes nos soirées et nos fou-rires. Je vous aime tellement.

A **Sonia**, pour ta bienveillance et ta joie de vivre.

A **Manuella**, pour tes gâteaux et ta tendresse (si si derrière ce tempérament de feu se cache un cœur tendre).

A **Quentin**, pour ta passion des jeux de sociétés et ta motivation sans faille pour sortir.

A **Baptiste**, pour ta passion pour la bonne bouffe et ta gentillesse.

A **Audrey**, pour ton humour légendaire, pour ton twerk légendaire et pour Nuf-nuf bien sûr ...

A **Marion**, pour ta sérénité et ta motivation sportive.

A Justine, pour ton sourire et ta bonne humeur permanente.

A Ombeline.

A ma **promotion DESAR 2017**: quelle promo de dingues ! Merci pour les cours de DES (où plutôt les soirées et les AIR-BNB partagés).

A chacun de vous, en stage ou en privé.

Je vous estime beaucoup et je suis fière de travailler à vos côtés.

A Thomas L, à Pierre-Baptiste, à Chloé R, à Eve, à Lili, à Florène, à Benjamin, à Pauline, à Hugo, à Chloé B, à Boris, à Yannis, à Adrien, à Dimitri, à Nicolas, à Joris, à Lucas, à Thomas S.

A mes **co-internes du semestre de Réanimation Chirurgicale de Nîmes**: à **Anaëlle, Amélie, Jules, Marine, Pierre et Thibault**. Merci pour ce semestre de la bonne ambiance, du covoiturage, des cafés et surtout des cocktails au nom au diabolique...

A tous les autres internes avec qui j'ai adoré travailler et qui sont devenus des copains et même des amis. Merci.

How traditional and digital analytics can
enhance lung-protective ventilation
strategy: a two-year-long quality
improvement project

Comment les interventions
traditionnelles et numériques peuvent-
elles améliorer l'application de la
ventilation protectrice au bloc opératoire:
un projet d'amélioration des pratiques
d'anesthésie sur deux ans

Table des matières

Personnel enseignant - Année universitaire 2020-2021	3
Remerciements	15
Résumé	27
Abstract	29
Abbreviation.....	30
Introduction	31
Methods.....	33
Study design, participants and blinding	33
Software, data collection and ventilator.....	33
Figure 1: Illustration of data collection in operating room (OR) and dashboard.....	34
Anaesthesia software and pop-up messages.....	34
Intervention: LPV implementation.....	35
Data collection, measures and number of procedures.....	36
Objectives.....	37
Statistical analysis	37
Results	38
Figure 2 : Flowchart.....	38
Primary endpoint	40
Secondary endpoints	41
Table 1: Patients characteristics and lung settings.....	39
Table 2: Patients with $V_t/PBW < 8 \text{ ml.kg}^{-1}$, $PEEP > 5 \text{ (cmH}_2\text{O)}$, recruitment maneuvers:	40
Figure 3: Percentage of the TRIAD ($V_t/PBW < 8 \text{ ml.kg}^{-1}$, $PEEP > 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ and recruitment maneuvers) for each period.....	41
Discussion	41
References	45
Appendix	47

Appendix 1: Automatic procedures of recruitment maneuvers available on anesthesia station Aisys CS ²	47
Annexe 2: Data collection from Carestation Insight software for each patient (extract from user manual of Carestation Insight software)	48
Appendix 3: Data collections with Carestation Insight.....	49
Serment d'Hippocrate	54

Comment les interventions traditionnelles et numériques peuvent-elles améliorer l'application de la ventilation protectrice au bloc opératoire: un projet d'amélioration des pratiques d'anesthésie sur deux ans.

Cléa Gandon¹, Yann Gricourt¹, Maxime Thomas¹, Benjamin Garnaud¹, Mona Elhadj¹, Christophe Boisson¹, Thierry Boudemaghe², Samir Jaber³, Pierre Géraud Claret⁴, Philippe Cuvillon^{1,5}.

1: Département d'anesthésie, Pôle anesthésie réanimation douleur urgences (ARDU), Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) Carémeau, Place du Professeur Debré, Nîmes, Université de Montpellier 1, Montpellier, France

2 : Responsable du service Information Médicale, Méthodes Et Recherche, Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) Carémeau, Place du Professeur Debré, Nîmes, Université de Montpellier 1, Montpellier, France

3: Responsable du service Anesthésie-Réanimation Saint Eloi, Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) Saint-Eloi, Montpellier , Université de Montpellier 1, Unité de recherche: PhyMedExp, INSERM, CNRS, 80 Avenue Augustin Fliche. 34295 Montpellier. FRANCE

4: Département des Urgences, Pôle anesthésie réanimation douleur urgences (ARDU), centre hospitalier universitaire de Nîmes, 4 rue du Professeur Robert Debré, F-30029 Nîmes, France
Emergency Department, Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) Carémeau, Place du Professeur Debré, Nîmes, France and Montpellier University 1, Montpellier, France

5 : Responsable du service d'anesthésie, Pôle anesthésie réanimation douleur urgences (ARDU), Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) Carémeau, Place du Professeur Debré, Nîmes, Université de Montpellier 1, Montpellier, France

Auteur correspondant : Professeur Philippe Cuvillon, Responsable du service d'anesthésie, Pôle anesthésie réanimation douleur urgences (ARDU), Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) Carémeau, Place du Professeur Debré, Nîmes, Université de Montpellier 1, Montpellier, France

Adresse mail: philippe.cuvillon@chu-nimes.fr

Résumé:

Introduction:

Ce projet d'amélioration des pratiques a évalué plusieurs interventions visant à promouvoir l'adhésion individuelle aux stratégies de ventilation protectrice (VP) et à sa triade: faible volume courant (6 à 8 ml/Kg de poids idéal théorique (PIT), Pression expiratoire positive (PEP) \geq 5cmH₂O et utilisation de manœuvres de recrutement.

Méthodes:

Pendant deux ans, neuf respirateurs d'anesthésie ont été connectés à un logiciel qui enregistrerait automatiquement les paramètres de ventilation dès qu'un nouveau patient était sous anesthésie générale. Au cours de la première année, quatre périodes consécutives ont été déterminées: période de référence, phase d'intervention, absence d'intervention et phase d'intervention informatique. Au cours de la deuxième année, les aides numériques ont été poursuivies pendant neuf mois, suivi d'une dernière période dite "à distance". La période de référence et d'absence d'intervention correspondaient à l'absence de formation des équipes. Durant la phase d'intervention un programme éducatif et un programme conventionnel étaient dispensés aux membres de l'équipe. La phase d'intervention informatique comprenait des messages contextuels qui apparaissaient automatiquement sur l'écran des postes de travail d'anesthésie lors de chaque procédure. Les données au cours de chaque période ont été enregistrées par un logiciel informatique en aveugle et de façon automatisée. Le critère d'évaluation principal était l'adhésion de l'équipe à la triade de la VP.

Résultats:

D'octobre 2018 à décembre 2020, 12883 procédures chirurgicales ont été réalisées. Les données étaient disponibles pour 8968 procédures: période de référence (n=2361), phase d'intervention (n=2423), absence d'intervention (n=1064), phase d'intervention informatique (n=1862), dernière phase à distance deux ans plus tard (n=1258). L'âge, le PIT, le score ASA, le type de chirurgie, la durée d'anesthésie et la gestion des voies respiratoires étaient similaires entre les différentes périodes. Au départ 71% des procédures faisaient état d'un faible volume courant, mais seulement 7% impliquaient la triade complète. Ces paramètres ont augmenté de manière significative au cours des formations atteignant respectivement en phase d'intervention informatique 79 % et 27%, puis respectivement sur la dernière phase à distance 91% et 21%. La pression de plateau a significativement augmenté entre les différentes périodes tout en restant inférieur ou égale à 15 cmH₂O alors que la pression motrice a diminué de façon significative au cours du temps. La mortalité au cours des périodes n'a pas changé.

Conclusion:

L'utilisation d'un faible volume courant est bien intégrée au sein de l'équipe mais l'application de l'ensemble des recommandations de la triade de la VP était limitée. L'utilisation de la triade peut être facilement améliorée par l'éducation mais le maintien de l'adhésion dans le temps est un défi. Cette étude souligne l'utilité des applications numériques et d'enregistrement pour former les équipes d'anesthésie.

Mots clés: Anesthésie générale, ventilation protectrice, faible volume courant, manœuvres de recrutement, pression expiratoire positive, données numériques.

How traditional and digital analytics can enhance lung-protective ventilation strategy: a two-year-long quality improvement project

Cléa Gandon¹, M.D., Yann Gricourt¹, M.D., Maxime Thomas¹, M.D., Benjamin Garnaud¹, M.D.; Mona Elhadj¹, Christophe Boisson¹, M.D., Thierry Boudemaghe², M.D.; Samir Jaber³, M.D., Ph.D., Pierre Géraud Claret³; M.D., Ph.D., Philippe Cuvillon¹, M.D., Ph.D.

1: Staff anesthesiologists, Department of Anesthesiology and Pain Management, Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) Carémeau, Place du Professeur Debré, Nîmes, and Montpellier University 1, Montpellier, France

2: Department of medical information, Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) Carémeau, Place du Professeur Debré, Nîmes, and Montpellier University 1, Montpellier, France

3: Head of Department of Anesthesiology and Intensive Care (DAR B), Saint Eloi University Hospital; Montpellier University, Research Unit: PhyMedExp, INSERM, CNRS 80 Avenue Augustin Fliche. 34295 Montpellier. FRANCE

3: Emergency Department, Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) Carémeau, Place du Professeur Debré, Nîmes, France and Montpellier University 1, Montpellier, France

Corresponding author : Philippe Cuvillon, Department of Anesthesiology and Pain Management, Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) Carémeau, Place du Professeur Debré, Nîmes.

Email: philippe.cuvillon@chu-nimes.fr

Abstract

Background:

This quality improvement project evaluated interventions to enhance individual adherence to lung protective ventilation (LPV) strategy and its triad: low tidal volume (6 to 8 mL/Kg of Predicted Body Weight (PBW), Positive-end expiratory pressure (PEEP) ≥ 5 cmH₂O and recruitment maneuvers.

Methods:

For two years, nine anesthesia workstations were connected an automated cloud based analytics software that automatically recorded ventilation parameters as soon as a new patient case was opened. Over the first year, four consecutive periods were determined: baseline, intervention, no intervention, intervention+digital. During the second year, digital was continued for nine months, followed by a last period: “overtime”. Baseline and no intervention periods were absence of any education. Intervention included educational and conventional program. For procedure, digital included pop-up messages that automatically appeared on the screen of anesthesia information management system when patient intubation was informed. Recording times during each period were blinded. Primary endpoint was provider adherence to the recommended triad.

Results:

From October 2018 to December 2020, 12 883 procedures were enrolled. Data were available for 8 968 procedures: baseline (n=2361), intervention (n=2423), no intervention (n=1064), intervention+digital (n=1862), over time (n=1258). Age, Predicted Body Weight, ASA score, type of surgery, duration of general anesthesia, airway management were similar between periods. At baseline, 71% procedures reported low tidal volume but only 7% involved the complete triad. These parameters were significantly increased during intervention+digital (respectively, 79% and 27%) and overtime (respectively, 91% and 21%). The plateau pressure increased significantly over periods compared to baseline, but was always under or equal to 15 cmH₂O, while the driving pressure decreased more significantly (p<0.01). Mortality over periods did not change.

Conclusion:

Low tidal volume is well practiced but application of the whole recommended LPV triad was limited. Triad use can be easily improved by education but maintaining adherence over time is challenging. This study highlights the help of digital and record apps.

Keywords: Lung protective ventilation, Low tidal volume, Recruitment maneuvers, Positive-end expiratory pression, Digital data, Quality improvement project, software.

Abbreviation

DP : Driving pressure

EtCO₂ : End-Tidal Carbon Dioxide

LPV : Lung protective ventilation

MD : Medical doctor

OR : Operating room

PBW : predicted body weight

PEEP : positive end expiratory pressure

PPCs : postoperative pulmonary complications

Pplat : plateau pressure

QICs : Quality improvement collaboratives

VILI : ventilator-induced lung injury

VT : Tidal Volume

Introduction

Recent studies have shown that poor patient outcomes are common after inpatient surgery, that major postoperative complications vary from 1 to 5 % and can increase up to 20% (1). Thus, initiatives to increase access to surgical treatment should address the need for safe perioperative care for both greater life expectancy and quality of life after surgery. In this sense, among patients undergoing general anaesthesia, lung-protective ventilation (LPV) has been demonstrated to reduce both morbidity and mortality, by reducing « ventilator-induced lung injuries » (VILIs) including volutrauma, barotrauma, atelectrauma and also inflammatory markers (2–5).

LPV includes three major strategies: low tidal volumes (VT), from 6-8 mL.kg⁻¹ of predicted body weight (PBW), positive end-expiratory pressure (PEEP) 5 < to <10 cmH₂O and alveolar recruitment maneuvers (RMs). This triad has tended to become a standard of care to reduce plateau pressure or driving pressure (3,6,7). Regarding the Las Vegas study or trials evaluating health-care provider's adherence to LPV strategies, rates of noncompliance varied according to the provider or definitions of low tidal volumes, PEEP level, alveolar recruitment maneuvers (7–11). In 2012, Jaber et al. reported that 18% of their patients were ventilated with VT >10 mL.kg⁻¹ of PBW (10). Recently, the Las Vegas study recorded PEEP levels of ≥ 5 cmH₂O for 7.6% of patients with a low risk of postoperative pulmonary complications (PPCs) and for 14.3% of patients with high risks of PPCs (8).

In recent years, LPV investigators have self-reported the settings or used declarative surveys among their teams, which is tedious (8–11). Furthermore, these methods of data collection are questionable regarding objectivity, validity (errors, missing data) and time-consumption. The early impact of these quality improvement projects is often positive but tends to dwindle over time, as teams who are aware of the evaluation dates put more energy into those time series. Quality improvement collaboratives (QICs) are widely used to improve LPV strategies, but there have been few studies on long-term sustained improved outcomes, and the evidence about what factors contribute to success is inconsistent (9,12,13).

The aim of this pilot study was to perform a quality improvement study on LPV over a long period (2 years). Over a baseline and several intervention periods, this innovation consisted of using two software packages: one to report data without interacting with the team (blinded time-series) and one using instruction messages that popped up on the screens of the anaesthesia

information management system in the operating room. We hypothesized that these automatic messages would reinforce traditional training or learning and long-term adherence. The primary outcome of this study was adherence to the LPV triad.

Methods

Study design, participants and blinding

According to French law, the present study was approved by the Institutional Review Board (IRB, 16.01, 2018, Chairman: T. Lavabre-Bertrand, Nîmes, France) who declared that consent for participation in research was not required (as this was not research on human subjects). As such, consent for participation in the research was not required. The specific aim of this quality improvement project was to improve adherence to standard care strategies. Quality improvement was defined as “systematic, data-guided activities designed to bring about immediate, positive changes in the delivery of health care”(9). We conducted this study at the Department of Anaesthesiology at Nîmes University Hospital, France. This department consisted of 41 anaesthesiologists, 15 resident anaesthesiologists and 65 certified anaesthetic nurses. This university hospital performs over 20 000 acts involving general anaesthesia every year.

During the study, patients (≥ 18 years) scheduled for non-cardiac surgery (vascular, thoracic, abdominal, urologic, gynaecology surgery) under general anaesthesia were enrolled consecutively. Non-inclusion criteria were regional anaesthesia, obstetric or paediatric surgery, duration of surgery < 30 min and minor surgery (distal orthopaedic, dental-dentistry and plastic surgery).

Before the study period, anaesthesiologists were informed that an automatic remote technology would be used and connected to anesthesia workstations in several operating rooms, but that all data and cases (as well as the anaesthesiologist in the operating room) would be anonymous. Moreover, duration and time periods were unknown to the teams.

Software, data collection and ventilator

Over the study period, nine anesthesia workstations of the 24 operating rooms at the centre were connected to the system 24h/24h:

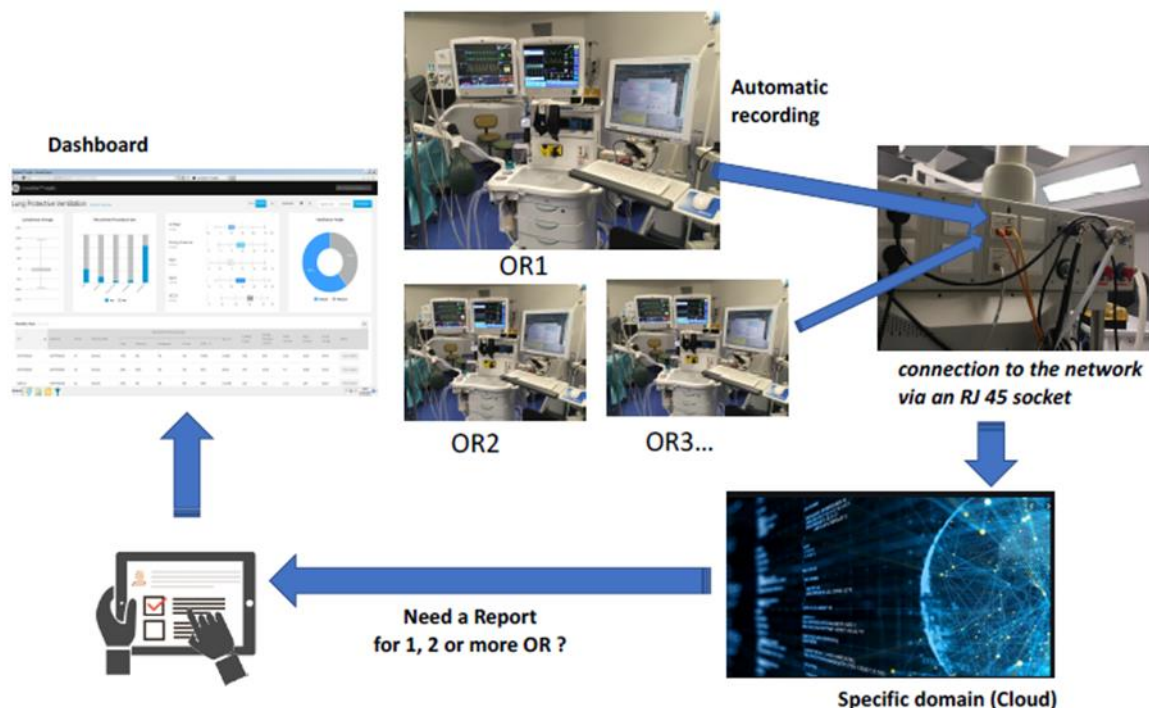
- ventilators: Aysis CS² (GE Healthcare, Madison, WI, USA), including automatic procedures of recruitment maneuvers (appendix 1).

- software: CarestationTM Insights (GE Healthcare, USA) (Fig. 1). This is a suite of analytical apps powered by the Aysis CS² anaesthesia delivery system. Via an RJ 45 socket, it captures and analyses over 300 data points from the anaesthesia machine - including ventilation settings and measurements, recruitment procedures and gas values, alarms,

machine status and error codes, every patient breath and then transfers them to a cloud (specific domain). This software leverages one data stream per operating room for each machine connected to the device. For this study, we specifically analysed tidal volume (VT mL), PEEP levels (cmH₂O), plateau pressure (Pplat, cmH₂O), driving pressure (DP, cmH₂O), End-Tidal Carbon Dioxide (EtCO₂ mmHg) and recruitment maneuvers (RMs) (appendix 2).

All data were recorded in a specific domain in the cloud and extracted for the study after each period (appendix 3).

Figure 1: Illustration of data collection in operating room (OR) and dashboard



Anaesthesia software and pop-up messages

This study used Opesim software (Opesim touch, Evolucare, France). Opesim software collected data about patients such as : sex, age, weight (kg), PBW (kg), ASA status score, duration of anaesthesia (min), airway management (intubation or supraglottic device). Pop-up messages were automatically generated by the application when intubation or ventilation mode were reported by the team in real time on the anaesthesia software. The following message appeared on

the screen of the anaesthesia machine in the operating theatre: “Reminder: LPV strategies and RMs”. The anaesthesiologist could remove the message by simply clicking on it.

Intervention: LPV implementation

Interventions were implemented using consecutive time series from October 2018 to December 2020. Time series were run consecutively and the reporting lasted three months for each period.

- Baseline,

No training was given, and data were automatically recorded for three months. During this period, neither the PEEP level nor any other machine settings were fixed when the ventilator started. The data analysis for this period was performed at the end of it.

- Intervention,

Over the first two weeks of this period, an educational session was provided to the department under the form of a literature review at staff presentations. Results of the baseline (dashboard) were presented to team members in terms of feedback for tidal volume, PEEP level and use of RMs. Then, similar teaching was provided once a month.

The information given to anaesthesiologists and nurses on the practice of LPV were as follows:

- low tidal volume from 6 to 8 mL.kg⁻¹ of PBW.

- PEEP level \geq 5 cmH₂O

- recruitment maneuvers:

- as soon as possible after intubation (during the first 10 minutes after intubation),
- every hour,
- at each de-recruitment and before extubation.

-30% < FiO₂ <50 % for SpO₂ > 94% and 25 < EtCO₂ <33 mmHg

-plateau pressure (Pplat) <25 cmH₂O and decrease driving pressure (DP).

- No Intervention

During this period, no training or educational assignments (including literature reviews) were given. No teaching or information were provided in the operating room.

- Intervention + Digital

When this period began teaching and information similar to intervention were given over the first two weeks and pop-up messages were implemented. The message was not deleted at the end of this period.

- Overtime

At the end of Intervention + Digital period, no teaching or training on LPV was given at our institution. Pop-up messages continued to appear on the screens as described above. After nine months, we made a new report.

Data collection, measures and number of procedures

All measurements from the ventilator were collected automatically by the software and transmitted to a secure database (specific domain). The type of surgery, duration of anaesthesia and patient characteristics (age, gender, ASA status score, weight, PBW) were recorded automatically via the anesthesia information management system connected to the machine for each procedure. For the baseline, based on a previous study (5 to 50 % noncompliance for triad), we estimated that 50 procedures for each anaesthesiologist in the department would be required to demonstrate a significant reduction in noncompliance for triad compared with other periods (from 25 to 10 % noncompliance, error β risk 80 %) and decided to enrol at least 2000 procedures for this first time series. Mortality was recorded on the University hospital's database 30 days after surgery.

Objectives

The primary endpoint was the anesthesia provider's adherence to the triad: tidal volume 6-8ml.kg⁻¹ of PBW, PEEP level \geq 5cmH₂O and RMs. The secondary objectives concerned other LPV parameters, compliance with them and 30-day mortality.

Statistical analysis

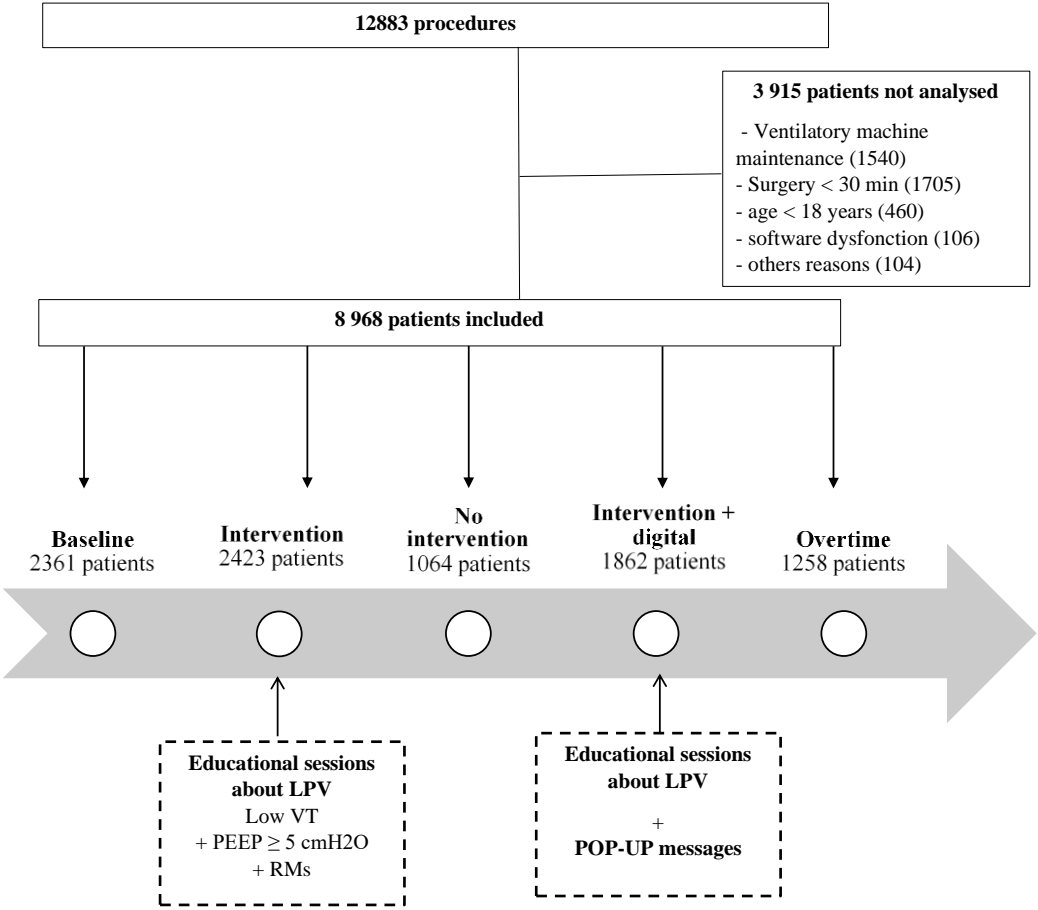
We examined data before analysis to ensure that the assumptions of statistical models were satisfied using Shapiro-Wilk statistics. Patient characteristics are expressed in absolute numbers with percentages for categorical variables and in mean values with standard deviations (SD), or median values with interquartiles according to distribution for continuous variables. Qualitative variables were compared using a Chi-squared or Fisher's exact tests as required. Quantitative variables were compared using a Student T-test or Mann-Whitney test. Repeated ANOVA measures were performed. All statistical tests were two-sided. We considered a p-value < 0.05 as statistically significant. We performed the analysis using R software version 3.1.2 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

Results

From October 2018 to December 2020, 12 883 procedures were enrolled and data were available for 8 968 patients. 3915 patients were not analysed due to ventilator machine maintenance (n=1540), surgery <30 min (n=1705), age < 18 years (n=460), software dysfunction (n=106) or other reasons (n=104).

The baseline period was October 2018 to January 31st, 2019. Intervention ran from February 15th, 2019 to June 30th, 2019. No intervention ran from July 1st to September 30th, 2019. Intervention+digital ran from Oct 1st, 2019 to January 2020 and overtime from August 15th, 2020 to December 15th, 2020 (Figure 2).

Figure 2 : Flowchart



The numbers of patients included for each period, characteristics, airway management (intubation, laryngeal mask) and duration of anaesthesia are presented in Table 1.

Table 1: Patients characteristics and lung settings

	Baseline	Intervention	No Intervention	Intervention + Digital	Overtime	p-value
N	2361	2423	1064	1862	1258	ns
Sex (male), n (%)	1233 (52)	1538 (63)	765 (61)	947 (50)	757 (60)	ns
Age (yrs.)	59 (41-71)	53 (40-67)	61 (42-72)	61 (43-73)	60 (42-72)	ns
Weight (Kg)	72 (60-85)	70 (61-85)	72 (60-84)	72 (60-85)	71 (61-87)	ns
PBW (Kg)	60 (52-69)	61 (53-70)	61 (52-69)	61 (53-67)	61 (52-68)	ns
ASA status score	2 (1-3)	2 (1-3)	2 (1-3)	2 (1-3)	2 (1-3)	ns
Duration of anesthesia (min)	92 (63-139)	91 (65-136)	90 (62-135)	94 (66-144)	99 (77-145)	ns
Airway management						
Intubation	1784 (75)	1949 (81)	875 (83)	1529 (84)	1006 (80)	ns
Supraglottic device	577 (25)	450 (19)	179 (17)	296 (16)	252 (20)	ns
Ventilation mode, n (%)						
Volume-controlled	1333 (56)	1390 (57)	600 (56)	1031 (55)	729 (59)	ns
Pressure-controlled	1027 (44)	1033 (43)	464 (44)	831 (45)	517 (41)	ns
Vt/PBW						
Vt/PBW (ml.kg ⁻¹)	7.38 (6.86-8.00)	7.55 (7.03-8.19)	7.41 (6.93-7.94)	7.34 (6.88-7.85)	7.28 (6.82-7.81)	**
Vt/PBW > 8 ml.kg ⁻¹ , n(%)	584 (25)	734 (30)	244 (23)	385 (21)	103 (9)	**
Vt/PBW >10 ml.kg ⁻¹ , n (%)	57 (2.5)	114 (4.7)	25 (2.5)	32 (1.7)	10 (0.8)	
PEEP						
PEEP (cmH ₂ O)	4.53 (3.49-5.14)	4.73 (4.36-5.43)	5.23 (4.60-5.64)	5.45 (4.86-5.73)	5.5 (5.06-5.75)	**
ZEEP, n (%)	2 (0)	0	0	0	9 (0.1)	ns
0 < PEEP < 5 cmH ₂ O, n (%)	1719 (73)	1600 (66)	448 (42)	516 (28)	216 (17)	**
PEEP ≥ 5 cmH ₂ O, n (%)	641 (27)	823 (34)	616 (58)	1346 (72)	1033 (83)	**
Pplat (cmH₂O)	14.3 (12.0-16.9)	14.5 (12.6-16.8)	14.6 (12.8-16.9)	14.65 (12.8-16.9)	15.0 (13.1-17.6)	*
Driving Pressure (cmH₂O)	9.9 (8.1-12.2)	9.6 (8.0-11.6)	9.5 (7.8-11.6)	9.3 (7.8-11.5)	9.8 (8.0-11.9)	**
EtCO₂ (mmHg)	30.9 (28.7-33.0)	31.2 (29.0-33.2)	31.0 (28.7-33.1)	30.98 (28.9-32.9)	30.9 (28.7-32.9)	ns
Recruitment Maneuvers						
RM, n (%)	335 (14)	827 (34)	318 (30)	687 (37)	387 (31)	**
RM induction, n (%)	116 (5)	370 (15)	141 (13)	336 (18)	149 (12)	**
RM every 45 min, n (%)	47 (2)	172 (7)	70 (7)	104 (6)	54 (4.2)	**
RM derecruitment, n (%)	42 (2)	136 (6)	46 (4)	69 (4)	55 (4.3)	**
30 Day Mortality (%)						
Overall	1.6	1.6	1.5	1.7	1.8	ns
Age > 65 years	3.1	3.3	2.9	3.3	3.7	ns

Values are number (percentage), median (I_Q25-75) ; * $p < 0.05$ vs Base line , ** $p < 0.01$ vs Base line , ns: non-significant, PBW: Predicted Body Weight, Vt: Tidal Volume, PEEP: positive end-expiratory pressure, ZEEP: zero PEEP ; RM: recruitment maneuvers; Pplat: plateau pressure.

Primary endpoint

Settings for each time series are listed in Table 1. At baseline 71 % procedures reported low tidal volume but only 7% involved the complete triad. These parameters were significantly increased during Intervention + Digital (respectively 79% and 27%) and overtime (respectively 91% and 21%). Tidal volume $< 8\text{ml.kg}^{-1}$, level of PEEP >5 , and recruitment maneuvers are presented in Table 2.

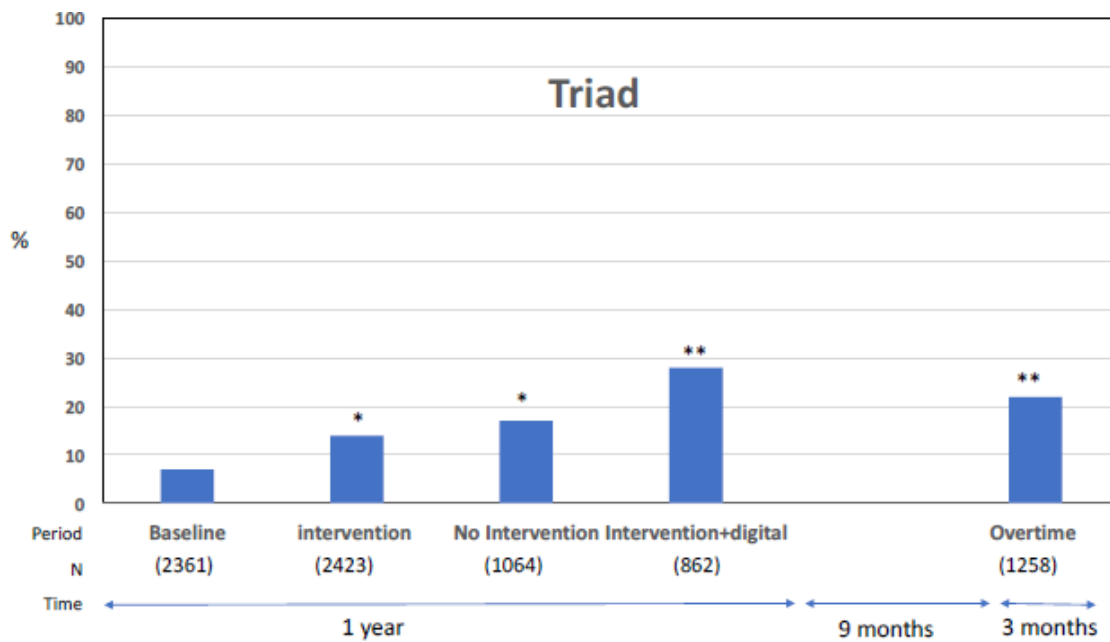
Table 2: Patients with $V_t/PBW < 8 \text{ ml.kg}^{-1}$, PEEP ≥ 5 (cmH₂O), recruitment maneuvers:

	Baseline	Intervention	No Intervention	Intervention + Digital	Overtime	P-value
N	2361	2423	1064	862	1258	
With one parameter:						
Vt/PBW $< 8 \text{ ml.kg}^{-1}$	584 (75)	1689 (70)	820 (77)	1477 (79)	1155 (91)	**
PEEP $\geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$	641 (27)	823(34)	616 (58)	1346 (72)	1033 (83)	**
RM	335 (14)	827 (34)	318 (30)	687 (37)	387 (31)	**
With two parameters:						
Vt/PBW $< 8 \text{ ml.kg}^{-1}$ and PEEP $\geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$	522 (22)	583 (24)	496 (47)	1099 (59)	795 (63)	**
Vt/PBW $< 8 \text{ ml.kg}^{-1}$ and RM	268 (11)	574 (24)	248 (23)	560 (30)	310 (25)	**
PEEP $\geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ and RM	201 (8)	491 (20)	238 (22)	628 (34)	352 (28)	**
With three parameters (TRIAD)						
Vt/PBW $< 8 \text{ ml.kg}^{-1}$, PEEP $\geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ and RM	165 (7)	340 (14)	183 (17)	516 (28)	277 (22)	**

Values are numbers (percentage), * $p < 0.05$ vs Baseline, ** $p < 0.01$ vs Baseline, ns: non-significant. PBW: Predicted Body Weight, Vt: Tidal Volume, PEEP: positive end-expiratory pressure, RM: recruitment maneuvers.

Triad adherence is presented in Figure 3 and demonstrates a significant difference over the periods compared to the baseline ($p < 0.01$). Moreover, the results for each component of the triad (one or two parameters) are listed in Table 2.

Figure 3: Percentage of the TRIAD ($V_t/PBW < 8 \text{ ml.kg}^{-1}$, $PEEP \geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ and recruitment maneuvers) for each period



* $p < 0.05$ vs Baseline, ** $p < 0.01$ vs Baseline

Secondary endpoints

Lung ventilation machine settings (ventilation mode, VT, Pplat, driving pressure and PEEP levels) for the different time series are given in Table 1. For VT/PBW, the number of patients who were ventilated with V_t/PBW of more than 8 or 10 ml.kg^{-1} of PBW is recorded and compared between periods in Table 1.

The plateau pressure increased significantly ($p < 0.05$) over periods compared to baseline, but was always under or equal to 15 cmH_2O , while the driving pressure decreased more significantly ($p < 0.01$).

After 30 days, the overall mortality for the time series was 1.6 % and 3.1% when patients were over 65 years old. There was no difference in mortality between the various periods (Table 1).

Discussion

This is the first quality improvement project to analyse a lung-protective ventilation strategy over a long period, two years. At baseline, this study highlighted the high level of adherence to low tidal volume but the low use of the complete LPV triad (7%). The initial impact of education and training is well known but this study demonstrated the later benefit of using pop-up messages which has never been reported before. Moreover, it shows the relevance of using an automated cloud based analytic system with which the ventilation data for several rooms can be monitored in real time.

As already reported by many authors our study shows that an LPV strategy is currently widely applied in operating rooms but that applying the set of three procedures (triad) remained limited at baseline (Table 1) (8–11). Few patients benefit from recruitment manoeuvres, only 7 to 12.9 % depending on the study (10,14). Now in line with other quality improvement studies, our study shows an increase in the rate of applying the triad at the end of the first period. This effect simply confirms the high quality of training and team adherence. This effect of adherence to good practices is well-known and not specific to LPV. Unfortunately, it is also well-known that this favourable effect dwindles with time and returns more or less back to baseline level after a few months if training is not repeated (9,11). This is known as “the exhaustion effect”. In anaesthesia, few studies have analysed the long-term effects of LPV training (9,11). The originality of our study is to have analysed this long-term effect and maintained the initial training with automatic reminder messages generated without human action. These repeated messages make it possible to maintain a high level of triad adherence (Figure 3). Data analysis shows that, over time, the three values (VT, RM and PEEP) decrease, but only to a limited extent (Table 2); and that none of the values decrease more than another.

Other computerised strategies have been shown to be effective in improving adherence to LPV triad, such as changing default ventilator settings on anesthesia machines (starting $PEEP \geq 5$ cmH₂O and a low default Vt) (15), which was the case in our study for PEEP value, after baseline period.

Several trials have demonstrated the difficulty of recording and analysing this strategy (9–11,14,16,17). Self-reporting on paper (at each case) or involving teams in audits is often an obstacle to the evaluation of LPV practices in real-time. In the first period of this pilot study, we simply evaluated our practices and confirmed that the system reported an objective

dashboard. As indicated in Table 1, in a very short time and without any action from the team, the data on a large cohort could be extracted and this is a technological breakthrough in the evaluation of several operating rooms. Our results for periods were similar to those of other reports: very few recruitment maneuvers (13%) and a low median PEEP level (Table 1) (9,10,14,16,17).

It is also difficult to analyse the implementation of a new ventilation strategy due to the complexity of data recording. Manual recording is very time-consuming and induces missing or erroneous data which prevents or limits successive audits. In this present study, we demonstrated advantages of an automatic system for analysing successive time series on LPV implementation, quickly and objectively while better using the operating room team's time for patient care. The amount of data collected is much greater than with a manual report, which will be a considerable help in the future when LPV strategies are implemented. On the other hand, it makes little clinical sense to obtain an isolated LPV database. The next stage will be to associate the databases with clinical data so that several health parameters related to the implementation of LPV can be monitored for subgroups of patients for example (obese, robotic surgery etc.).

With this software connected to their machines anaesthesiologists may have the feeling they are being watched or spied upon. Indeed, when no explanation is given to the team before starting the automatic recording, the "Big Brother" impression may be legitimate. The most important keys to success in the rational use of the system were to clearly define the objectives and data we wanted to evaluate. In this study, five parameters were analysed: VT, PEEP, Pplat, recruitment maneuvers and volume mode. Over 300 parameters can be recorded with the software but before starting to use an automatic reporting system, each team probably needs to define which parameters will be recorded and analysed, who does it, who reports it and how often. In this study we wanted to test the tool on LPV.

Although gas consumption was not evaluated in this study, the software is also capable of recording gas consumption and piloting the cost of gas over time : yet another advantage of the system.

Several limitations to our study should be noted including that is a single-centre prospective observational study where the clinicians were aware of the data being collected.

Another limitation is the fact that only one type of machine and software were used, which may have given erroneous data in the absence of a control group. Thirdly, we did not select a homogeneous patient group or a group with a high risk of complications, such as major surgery, which may have limited the impact of the results for the different time series. Indeed, studies that have shown a reduction in morbidity and mortality with the use of LVP have involved major abdominal surgery (2,4).

In conclusion, this pilot system demonstrated the low practice of triad at baseline but the interest of several interventions to enhance the triad for LPV strategy. This study also demonstrated the benefit of an automated cloud based data system for analysing LPV practices (baseline) and its implementation (periods), reducing time-consuming written reports, improving objectivity and increasing data over several operating rooms to enhance perioperative care.

References

1. Pearse RM, Moreno RP, Bauer P, Pelosi P, Metnitz P, Spies C, et al. Mortality after surgery in Europe: a 7 day cohort study. *The Lancet*. 22 sept 2012;380(9847):1059-65.
2. Futier E, Constantin J-M, Paugam-Burtz C, Pascal J, Eurin M, Neuschwander A, et al. A Trial of Intraoperative Low-Tidal-Volume Ventilation in Abdominal Surgery. *N Engl J Med*. août 2013;369(5):428-37.
3. Neto AS, Hemmes SNT, Barbas CSV, Beiderlinden M, Fernandez-Bustamante A, Futier E, et al. Association between driving pressure and development of postoperative pulmonary complications in patients undergoing mechanical ventilation for general anaesthesia: a meta-analysis of individual patient data. *Lancet Respir Med*. 1 avr 2016;4(4):272-80.
4. Severgnini P, Selmo G, Lanza C, Chiesa A, Frigerio A, Bacuzzi A, et al. Protective mechanical ventilation during general anesthesia for open abdominal surgery improves postoperative pulmonary function. *Anesthesiology*. juin 2013;118(6):1307-21.
5. Ferrando C, Soro M, Unzueta C, Suarez-Sipmann F, Canet J, Librero J, et al. Individualised perioperative open-lung approach versus standard protective ventilation in abdominal surgery (iPROVE): a randomised controlled trial. *Lancet Respir Med*. 1 mars 2018;6(3):193-203.
6. Young CC, Harris EM, Vacchiano C, Bodnar S, Bukowy B, Elliott RRD, et al. Lung-protective ventilation for the surgical patient: international expert panel-based consensus recommendations. *Br J Anaesth*. 1 déc 2019;123(6):898-913.
7. Futier E, Marret E, Jaber S. Perioperative positive pressure ventilation: an integrated approach to improve pulmonary care. *Anesthesiology*. août 2014;121(2):400-8.
8. LAS VEGAS investigators. Epidemiology, practice of ventilation and outcome for patients at increased risk of postoperative pulmonary complications: LAS VEGAS - an observational study in 29 countries. *Eur J Anaesthesiol*. août 2017;34(8):492-507.

9. Josephs SA, Lemmink GA, Strong JA, Barry CL, Hurford WE. Improving Adherence to Intraoperative Lung-Protective Ventilation Strategies at a University Medical Center. *Anesth Analg.* janv 2018;126(1):150-60.
10. Jaber S, Coisel Y, Chanques G, Futier E, Constantin J-M, Michelet P, et al. A multicentre observational study of intra-operative ventilatory management during general anaesthesia: tidal volumes and relation to body weight. *Anaesthesia.* sept 2012;67(9):999-1008.
11. Hess DR, Kondili D, Burns E, Bittner EA, Schmidt UH. A 5-year observational study of lung-protective ventilation in the operating room: A single-center experience. *J Crit Care.* 1 août 2013;28(4):533.e9-533.e15.
12. Writing Committee for the PROBESE Collaborative Group of the PROtective VEntilation Network (PROVENet) for the Clinical Trial Network of the European Society of Anaesthesiology, Bluth T, Serpa Neto A, Schultz MJ, Pelosi P, Gama de Abreu M, et al. Effect of Intraoperative High Positive End-Expiratory Pressure (PEEP) With Recruitment Maneuvers vs Low PEEP on Postoperative Pulmonary Complications in Obese Patients: A Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 18 juin 2019;321(23):2292-305.
13. Wells S, Tamir O, Gray J, Naidoo D, Bekhit M, Goldmann D. Are quality improvement collaboratives effective? A systematic review. *BMJ Qual Saf.* 1 mars 2018;27(3):226-40.
14. Epidemiology, practice of ventilation and outcome for patients at increased risk of postoperative pulmonary complications. *Eur J Anaesthesiol.* août 2017;34(8):492-507.
15. Chiao SS, Colquhoun DA, Naik BI, Ma JZ, Nemergut EC, Durieux ME, et al. Changing Default Ventilator Settings on Anesthesia Machines Improves Adherence to Lung-Protective Ventilation Measures. *Anesth Analg.* avr 2018;126(4):1219-22.
16. Karalapillai D, Weinberg L, Galtieri J, Glassford N, Eastwood G, Darvall J, et al. Current ventilation practice during general anaesthesia: a prospective audit in Melbourne, Australia. *BMC Anesthesiol.* 2014;14:85.
17. Ladha KS, Bateman BT, Houle TT, De Jong MAC, Melo MFV, Huybrechts KF, et al. Variability in the Use of Protective Mechanical Ventilation During General Anesthesia. *Anesth Analg.* févr 2018;126(2):503-12.

Appendix

Appendix 1: Automatic procedures of recruitment maneuvers available on anesthesia station Aisys CS²

Recruitment maneuver N°1					
Steps	1	2	3	4	5
Pression over PEEP (cmH2O)	10	10	20	10	10
PEEP (cmH2O)	5	8	10	8	5
Number of cycles	3	3	6	3	3
I/E	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
Respiratory Rate /min	10	10	10	10	10

Recruitment maneuver N°2					
Steps	1	2	3	4	5
Pression over PEEP (cmH2O)	15	15	25	15	15
PEEP (cmH2O)	5	8	10	8	5
Number of cycle	3	3	6	3	3
I/E	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
Respiratory Rate /min	10	10	10	10	10

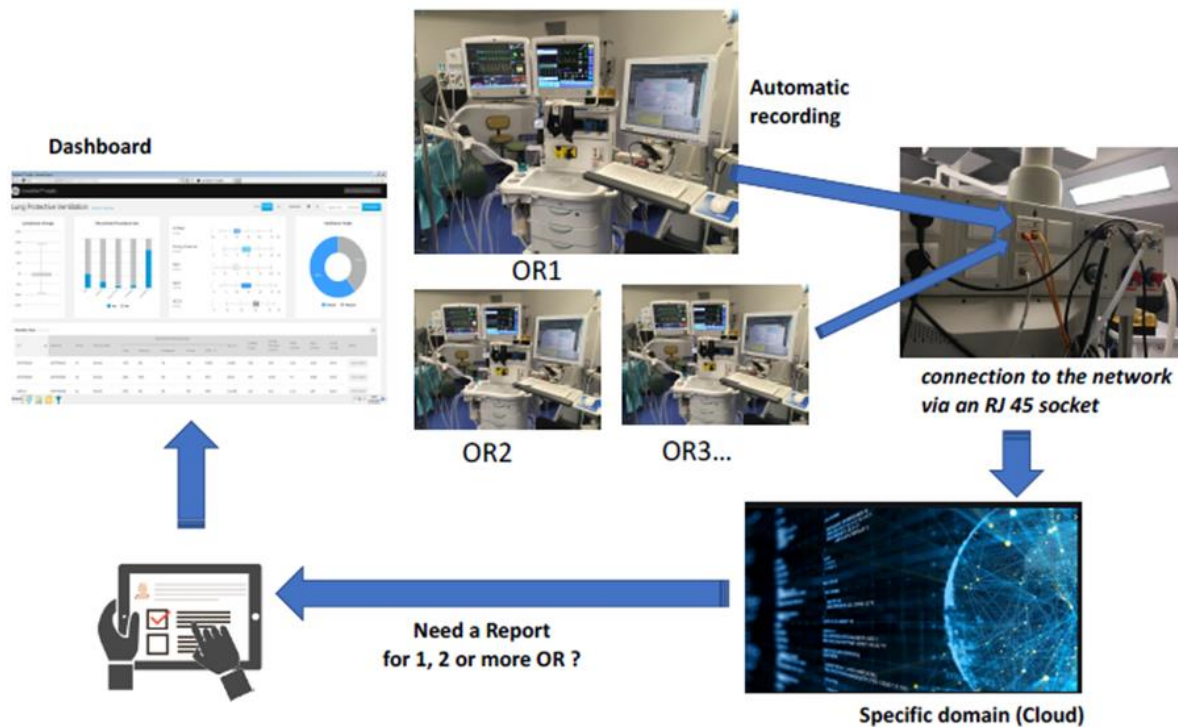
Recruitment maneuver N°3					
Steps	1	2	3	4	5
Pression over PEEP (cmH2O)	15	15	25	15	15
PEEP (cmH2O)	5	10	15	10	5
Number of cycle	3	3	6	3	3
I/E	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
Respiratory Rate /min	10	10	10	10	10

Procedure of PEEP Titration							
Steps	1	2	3	4	5	6	7
Pression over PEEP (cmH2O)	12	12	12	12	12	12	12
PEEP (cmH2O)	5	7	9	11	9	7	5
Number of cycle	5	5	5	5	5	5	5
I/E	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
Respiratory Rate /min	12	12	12	12	12	12	12

Annexe 2: Data collection from Carestation Insight software for each patient
(extract from user manual of Carestation Insight software)

- Case date.
- Case start time.
- Case end time.
- Primary Ventilation Mode type used (Pressure-controlled, Volume-controlled)
- Recruitment Procedures used:
 - RM Case: represents if a recruitment procedure was performed at all during the case.
 - RM Induction: represents if a recruitment procedure was performed within 10 minutes of induction phase.
 - RM Emergence : represents if a recruitment procedure was performed within 10 minutes of emergence phase.
 - RM at every 45 min: represents if a recruitment procedure was performed at least once every 45 minutes during the case.
- Average Lung Compliance change (ΔC): This is the change in Lung Compliance from the start of maintenance phase to the end of maintenance phase. This is calculated using the median measured value for the first and last 10 minutes of maintenance. The value is represented as a percentage (%). A minimum maintenance phase length of 10 minutes is required for a valid value.
- VT/PBW (mL/kg): This is the median inspired tidal volume for the maintenance phase of the case divided by the ideal body weight that is entered into the anesthesia machine for the case.
- Driving Pressure (cmH₂O): This is the median difference in plateau pressure and PEEP for the maintenance phase of the case when in a volume control mode, and the median difference in peak pressure and PEEP for the maintenance phase of the case when in a pressure control mode.
- PEEP (cmH₂O): This is the median measured PEEP value for the maintenance phase of the case.
- Pplat (cmH₂O): This is the median measured plateau pressure value for the maintenance phase of the case.
- EtCO₂ (mmHg): This is the median measured expired carbon dioxide value for the maintenance phase of the case.

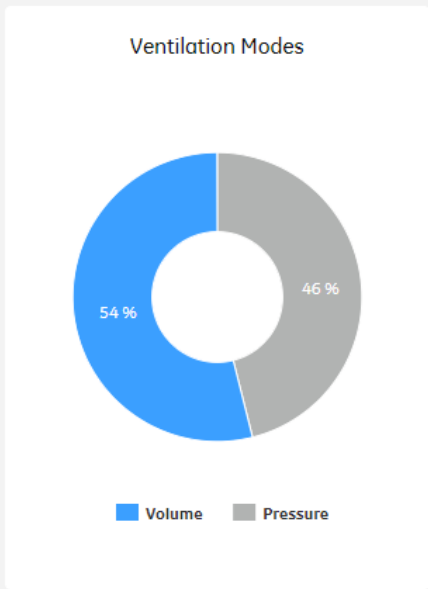
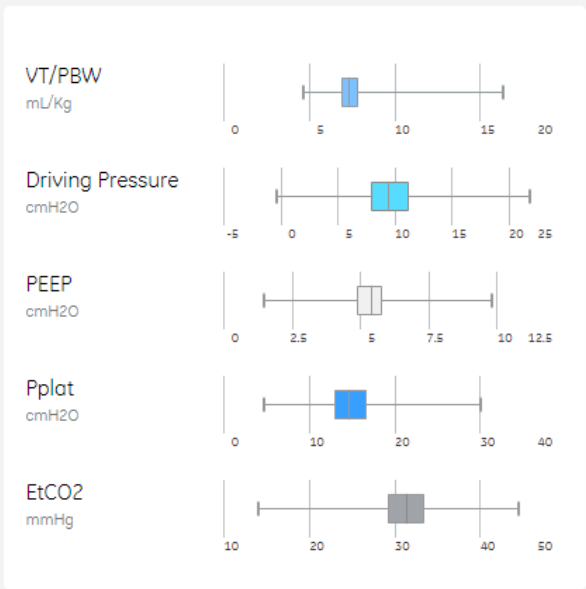
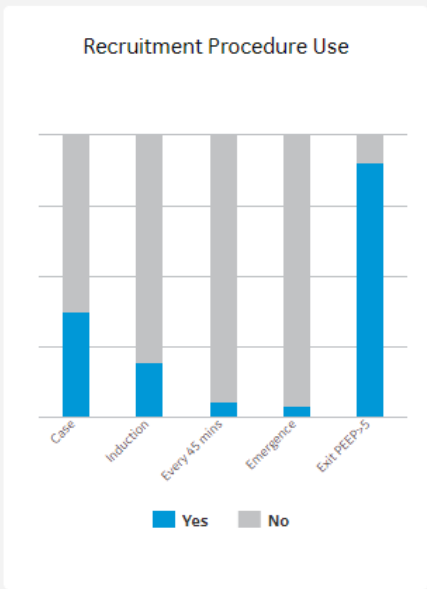
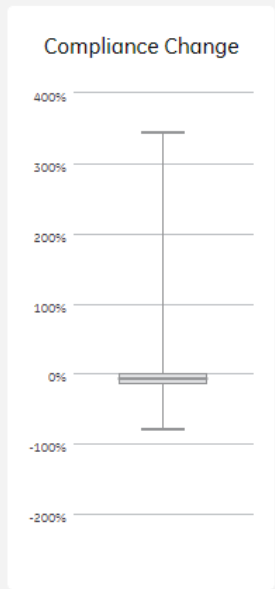
Appendix 3: Data collections with Carestation Insight



In each operating room, the anesthesia station was connected to the network via an RJ 45 socket. Data were saved on a specific domain (Cloud). Then anesthesia team's members can study data on Carestation Insights website with a personal password (allowed by GE). Data are anonymous. Carestation Insights application enables retrospective analysis of ventilation settings and recruitment procedure usage cumulatively across multiple rooms in as well as on an individual room and case basis. Data are displayed either monthly or daily.

Lung Protective Ventilation Monthly Overview

Date **Month** ← 01/2020 → Agent Cost Checkout **Ventilation** OR Workflow



Screenshot from « Carestation Insights » dashboard, data from January 2020

Monthly View December 2020



OR	↑	Device Id	Cases	Primary Mode	Recruitment Procedure Use					Avg ΔC	VT/PBW mL/kg	Driving Pressure cmH2O	PEEP cmH2O	Pplat cmH2O	EtCO2 mmHg	Action
					Case	Induction	Emergence	45 min	PEEP > 5							
Salle 10		APWT00658	53	Volume	28%	13%	2%	6%	48%	2.2%	6.72	10.06	4.5	15.24	29.79	View Details
Salle 13		APWT00646	40	Pressure	50%	13%	8%	0%	91%	-10.91%	7.39	11.92	5.68	17.6	33.0	View Details
Salle 14		APWT00654	50	Volume	26%	16%	11%	2%	96%	-8.8%	7.67	9.54	4.92	14.54	30.95	View Details
Salle 15		APWT00639	53	Volume	25%	8%	2%	6%	100%	-5.34%	7.5	8.64	4.86	13.52	30.37	View Details
Salle 17		APWT00640	62	Volume	26%	8%	3%	3%	88%	-4.59%	7.18	9.43	5.68	15.11	32.36	View Details
Salle 19		APWT00637	37	Volume	24%	3%	3%	0%	100%	5.62%	7.46	9.81	5.05	14.86	31.46	View Details

[Screenshot from « Carestation Insights » dashboard, data of each operating room from December 2020](#)

Salle 15 Device ID# APWT00639

Date	↑	Case Start Time	Case End Time	Primary Mode	Recruitment Procedure Use					ΔC	VT/PBW mL/kg	Driving Pressure cmH2O	PEEP cmH2O	Pplat cmH2O	EtCO2 mmHg
					Case	Induction	Emergence	45 min	PEEP > 5						
01/12/2020		08:27	09:16	Volume	No	No	No	No	0%	-8.2 %	7.35	7.8	4.7	12.5	29.15
01/12/2020		10:45	12:42	Pressure	Yes	No	No	Yes	100%	2.57 %	7.83	10.7	3.95	14.65	18.89
01/12/2020		14:39	16:48	Pressure	Yes	Yes	No	No	100%	-15.58 %	7.96	15.17	5.82	20.99	29.91

[Screenshot from « Carestation Insights » dashboard, operating room 15 data for December 1, 2020](#)

Serment d'Hippocrate

En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'Être suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admise dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Respectueuse et reconnaissante envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couverte d'opprobre et méprisée de mes confrères si j'y manque.

Comment les interventions traditionnelles et numériques peuvent-elles améliorer l'application de la ventilation protectrice au bloc opératoire: un projet d'amélioration des pratiques d'anesthésie sur deux ans.

Introduction:

Ce projet d'amélioration des pratiques a évalué plusieurs interventions visant à promouvoir l'adhésion individuelle aux stratégies de ventilation protectrice (VP) et à sa triade: faible volume courant (6 à 8 ml/Kg de poids idéal théorique (PIT), Pression expiratoire positive (PEP) \geq 5cmH₂O et utilisation de manœuvres de recrutement.

Méthodes:

Pendant deux ans, neuf respirateurs d'anesthésie ont été connectés à un logiciel qui enregistrerait automatiquement les paramètres de ventilation dès qu'un nouveau patient était sous anesthésie générale. Au cours de la première année, quatre périodes consécutives ont été déterminées: période de référence, phase d'intervention, absence d'intervention et phase d'intervention informatique. Au cours de la deuxième année, les aides numériques ont été poursuivis pendant neuf mois, suivi d'une dernière période dite "à distance". La période de référence et d'absence d'intervention correspondaient à l'absence de formation des équipes. Durant la phase d'intervention un programme éducatif et un programme conventionnel étaient dispensés aux membres de l'équipe. La phase d'intervention informatique comprenait des messages contextuels qui apparaissaient automatiquement sur l'écran des postes de travail d'anesthésie lors de chaque procédure. Les données au cours de chaque période ont été enregistrées par un logiciel informatique en aveugle et de façon automatisée. Le critère d'évaluation principal était l'adhésion de l'équipe à la triade de la VP.

Résultats:

D'octobre 2018 à décembre 2020, 12883 procédures chirurgicales ont été réalisées. Les données étaient disponibles pour 8968 procédures: période de référence (n=2361), phase d'intervention (n=2423), absence d'intervention (n=1064), phase d'intervention informatique (n=1862), dernière phase à distance deux ans plus tard (n=1258). L'âge, le PIT, le score ASA, le type de chirurgie, la durée d'anesthésie et la gestion des voies respiratoires étaient similaires entre les différentes périodes. Au départ 71% des procédures faisaient état d'un faible volume courant, mais seulement 7% impliquaient la triade complète. Ces paramètres ont augmenté de manière significative au cours des formations atteignant respectivement en phase d'intervention informatique 79 % et 27%, puis respectivement sur la dernière phase à distance 91% et 21%. La pression de plateau a significativement augmenté entre les différentes périodes tout en restant inférieur ou égale à 15 cmH₂O alors que la pression motrice a diminué de façon significative au cours du temps. La mortalité au cours des périodes n'a pas changé.

Conclusion:

L'utilisation d'un faible volume courant est bien intégrée au sein de l'équipe mais l'application de l'ensemble des recommandations de la triade de la VP était limitée. L'utilisation de la triade peut être facilement améliorée par l'éducation mais le maintien de l'adhésion dans le temps est un défi. Cette étude souligne l'utilité des applications numériques et d'enregistrement pour former les équipes d'anesthésie.

Mots clés: Anesthésie générale, ventilation protectrice, faible volume courant, manœuvres de recrutement, pression expiratoire positive, données numériques.