



HAL
open science

**Monitoring du débit cardiaque par une méthode
d'analyse du contour de l'onde de pouls
(ProAQT/Pulsioflex®) en post opératoire de chirurgie
cardiaque**

Cécile Estève

► **To cite this version:**

Cécile Estève. Monitoring du débit cardiaque par une méthode d'analyse du contour de l'onde de pouls (ProAQT/Pulsioflex®) en post opératoire de chirurgie cardiaque. Médecine humaine et pathologie. 2018. dumas-03018956

HAL Id: dumas-03018956

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03018956>

Submitted on 23 Nov 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il n'a pas été réévalué depuis la date de soutenance.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact au SID de Grenoble :
bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

<http://www.cfcopies.com/juridique/droit-auteur>

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

Année : 2018

Monitoring du débit cardiaque par une méthode d'analyse du contour de l'onde de pouls (ProAQT/Pulsioflex®) en post opératoire de chirurgie cardiaque.

THÈSE

PRÉSENTÉE POUR L'OBTENTION DU TITRE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

DIPLÔME D'ÉTAT

Cécile Marie ESTEVE

[Données à caractère personnel]

THÈSE SOUTENUE PUBLIQUEMENT À LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE GRENOBLE

Le : 22/11/2018

DEVANT LE JURY COMPOSÉ DE :

Président du jury : M. le Professeur Pierre ALBALADEJO

Membres :

M. le Docteur Michel DURAND, Directeur de thèse

M. le Professeur Jean-François PAYEN

M. le Professeur Pierre BOUZAT

L'UFR de Médecine de Grenoble n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions sont considérées comme propres à leurs auteurs.

ENSEIGNANTS DE LA FACULTE DE MEDECINE

| CORPS | NOM-PRENOM | Discipline universitaire |
|--------|-------------------------------|---|
| PU-PH | ALBALADEJO Pierre | Anesthésiologie réanimation |
| PU-PH | APTEL Florent | Ophtalmologie |
| PU-PH | ARVIEUX-BARTHELEMY Catherine | Chirurgie générale |
| PU-PH | BAILLET Athan | Rhumatologie |
| PU-PH | BARONE-ROCHETTE Gilles | Cardiologie |
| PU-PH | BAYAT Sam | Physiologie |
| PU-PH | BENHAMOU Pierre Yves | Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques |
| PU-PH | BERGER François | Biologie cellulaire |
| MCU-PH | BIDART-COUTTON Marie | Biologie cellulaire |
| MCU-PH | BOISSET Sandrine | Agents infectieux |
| PU-PH | BONAZ Bruno | Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie |
| PU-PH | BONNETERRE Vincent | Médecine et santé au travail |
| PU-PH | BOREL Anne-Laure | Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques |
| PU-PH | BOSSON Jean-Luc | Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication |
| MCU-PH | BOTTARI Serge | Biologie cellulaire |
| PU-PH | BOUGEROL Thierry | Psychiatrie d'adultes |
| PU-PH | BOUILLET Laurence | Médecine interne |
| PU-PH | BOUZAT Pierre | Réanimation |
| MCU-PH | BRENIER-PINCHART Marie Pierre | Parasitologie et mycologie |
| PU-PH | BRICAULT Ivan | Radiologie et imagerie médicale |
| PU-PH | BRICHON Pierre-Yves | Chirurgie thoracique et cardio- vasculaire |
| MCU-PH | BRIOT Raphaël | Thérapeutique, médecine d'urgence |
| MCU-PH | BROUILLET Sophie | Biologie et médecine du développement et de la reproduction |
| PU-PH | CAHN Jean-Yves | Hématologie |
| PU-PH | CARPENTIER Françoise | Thérapeutique, médecine d'urgence |
| PU-PH | CARPENTIER Patrick | Chirurgie vasculaire, médecine vasculaire |
| PU-PH | CESBRON Jean-Yves | Immunologie |
| PU-PH | CHABARDES Stephan | Neurochirurgie |
| PU-PH | CHABRE Olivier | Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques |
| PU-PH | CHAFFANJON Philippe | Anatomie |
| PU-PH | CHARLES Julie | Dermatologie |
| PU-PH | CHAVANON Olivier | Chirurgie thoracique et cardio- vasculaire |
| PU-PH | CHIQUET Christophe | Ophtalmologie |

| | | |
|--------|--------------------------------|---|
| PU-PH | CHIRICA Mircea | Chirurgie générale |
| PU-PH | CINQUIN Philippe | Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication |
| MCU-PH | CLAVARINO Giovanna | Immunologie |
| PU-PH | COHEN Olivier | Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication |
| PU-PH | COURVOISIER Aurélien | Chirurgie infantile |
| PU-PH | COUTURIER Pascal | Gériatrie et biologie du vieillissement |
| PU-PH | CRACOWSKI Jean-Luc | Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique |
| PU-PH | CURE Hervé | Oncologie |
| PU-PH | DEBILLON Thierry | Pédiatrie |
| PU-PH | DECAENS Thomas | Gastro-entérologie, Hépatologie |
| PU-PH | DEMATTEIS Maurice | Addictologie |
| MCU-PH | DERANSART Colin | Physiologie |
| PU-PH | DESCOTES Jean-Luc | Urologie |
| MCU-PH | DETANTE Olivier | Neurologie |
| MCU-PH | DIETERICH Klaus | Génétique et procréation |
| MCU-PH | DOUTRELEAU Stéphane | Physiologie |
| MCU-PH | DUMESTRE-PERARD Chantal | Immunologie |
| PU-PH | EPAULARD Olivier | Maladies Infectieuses et Tropicales |
| PU-PH | ESTEVE François | Biophysique et médecine nucléaire |
| MCU-PH | EYSSERIC Hélène | Médecine légale et droit de la santé |
| PU-PH | FAGRET Daniel | Biophysique et médecine nucléaire |
| PU-PH | FAUCHERON Jean-Luc | Chirurgie générale |
| MCU-PH | FAURE Julien | Biochimie et biologie moléculaire |
| PU-PH | FERRETTI Gilbert | Radiologie et imagerie médicale |
| PU-PH | FEUERSTEIN Claude | Physiologie |
| PU-PH | FONTAINE Éric | Nutrition |
| PU-PH | FRANCOIS Patrice | Epidémiologie, économie de la santé et prévention |
| MCU-MG | GABOREAU Yoann | Médecine Générale |
| PU-PH | GARBAN Frédéric | Hématologie, transfusion |
| PU-PH | GAUDIN Philippe | Rhumatologie |
| PU-PH | GAVAZZI Gaétan | Gériatrie et biologie du vieillissement |
| PU-PH | GAY Emmanuel | Neurochirurgie |
| MCU-PH | GILLOIS Pierre | Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication |
| MCU-PH | GRAND Sylvie | Radiologie et imagerie médicale |
| PU-PH | GRIFFET Jacques | Chirurgie infantile |
| PU-PH | GUEBRE-EGZIABHER Fitsum | Néphrologie |
| MCU-PH | GUZUN Rita | Endocrinologie, diabétologie, nutrition, éducation thérapeutique |
| PU-PH | HAINAUT Pierre | Biochimie, biologie moléculaire |
| PU-PH | HENNEBICQ Sylviane | Génétique et procréation |
| PU-PH | HOFFMANN Pascale | Gynécologie obstétrique |
| PU-PH | HOMMEL Marc | Neurologie |
| PU-MG | IMBERT Patrick | Médecine Générale |
| PU-PH | JOUK Pierre-Simon | Génétique |
| PU-PH | JUVIN Robert | Rhumatologie |

| | | |
|--------|---|---|
| PU-PH | KAHANE Philippe | Physiologie |
| MCU-PH | KASTLER Adrian | Radiologie et imagerie médicale |
| PU-PH | KRACK Paul | Neurologie |
| PU-PH | KRAINIK Alexandre | Radiologie et imagerie médicale |
| PU-PH | LABARERE José | Epidémiologie ; Eco. de la Santé |
| MCU-PH | LABLANCHE Sandrine | Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques |
| MCU-PH | LANDELLE Caroline | Bactériologie - virologie |
| MCU-PH | LAPORTE François | Biochimie et biologie moléculaire |
| MCU-PH | LARDY Bernard | Biochimie et biologie moléculaire |
| MCU-PH | LARRAT Sylvie | Bactériologie, virologie |
| MCU-PH | LE PISSART Audrey | Biochimie et biologie moléculaire |
| PU-PH | LECCIA Marie-Thérèse | Dermato-vénéréologie |
| PU-PH | LEROUX Dominique | Génétique |
| PU-PH | LEROY Vincent | Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie |
| PU-PH | LEVY Patrick | Physiologie |
| PU-PH | LONG Jean-Alexandre | Urologie |
| PU-PH | MAGNE Jean-Luc | Chirurgie vasculaire |
| MCU-PH | MAIGNAN Maxime | Thérapeutique, médecine d'urgence |
| PU-PH | MAITRE Anne | Médecine et santé au travail |
| MCU-PH | MALLARET Marie-Reine | Epidémiologie, économie de la santé et prévention |
| MCU-PH | MARLU Raphaël | Hématologie, transfusion |
| MCU-PH | MAUBON Danièle | Parasitologie et mycologie |
| PU-PH | MAURIN Max | Bactériologie - virologie |
| MCU-PH | MC LEER Anne | Cytologie et histologie |
| PU-PH | MERLOZ Philippe | Chirurgie orthopédique et traumatologie |
| PU-PH | MORAND Patrice | Bactériologie - virologie |
| PU-PH | MOREAU-GAUDRY Alexandre | Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication |
| PU-PH | MORO Elena | Neurologie |
| PU-PH | MORO-SIBILOT Denis | Pneumologie |
| PU-PH | MOUSSEAU Mireille | Cancérologie |
| PU-PH | MOUTET François | Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie |
| MCU-PH | PACLET Marie-Hélène | Biochimie et biologie moléculaire |
| PU-PH | PALOMBI Olivier | Anatomie |
| PU-PH | PARK Sophie | Hémato - transfusion |
| PU-PH | PASSAGGIA Jean-Guy | Anatomie |
| PU-PH | PAYEN DE LA GARANDERIE Jean-François | Anesthésiologie réanimation |
| MCU-PH | PAYSANT François | Médecine légale et droit de la santé |
| MCU-PH | PELLETIER Laurent | Biologie cellulaire |
| PU-PH | PELLOUX Hervé | Parasitologie et mycologie |
| PU-PH | PEPIN Jean-Louis | Physiologie |
| PU-PH | PERENNOU Dominique | Médecine physique et de réadaptation |
| PU-PH | PERNOD Gilles | Médecine vasculaire |
| PU-PH | PIOLAT Christian | Chirurgie infantile |
| PU-PH | PISON Christophe | Pneumologie |

| | | |
|--------|-------------------------------|--|
| PU-PH | PLANTAZ Dominique | Pédiatrie |
| PU-PH | POIGNARD Pascal | Virologie |
| PU-PH | POLACK Benoît | Hématologie |
| PU-PH | POLOSAN Mircea | Psychiatrie d'adultes |
| PU-PH | PONS Jean-Claude | Gynécologie obstétrique |
| PU-PH | RAMBEAUD Jacques | Urologie |
| PU-PH | RAY Pierre | Biologie et médecine du développement et de la reproduction |
| PU-PH | REYT Émile | Oto-rhino-laryngologie |
| PU-PH | RIGHINI Christian | Oto-rhino-laryngologie |
| PU-PH | ROMANET Jean Paul | Ophtalmologie |
| PU-PH | ROSTAING Lionel | Néphrologie |
| MCU-PH | ROUSTIT Matthieu | Pharmacologie fondamentale, pharmaco clinique, addictologie |
| MCU-PH | ROUX-BUISSON Nathalie | Biochimie, toxicologie et pharmacologie |
| MCU-PH | RUBIO Amandine | Pédiatrie |
| PU-PH | SARAGAGLIA Dominique | Chirurgie orthopédique et traumatologie |
| MCU-PH | SATRE Véronique | Génétique |
| PU-PH | SAUDOU Frédéric | Biologie Cellulaire |
| PU-PH | SCHMERBER Sébastien | Oto-rhino-laryngologie |
| PU-PH | SCHWEBEL-CANALI Carole | Réanimation médicale |
| PU-PH | SCOLAN Virginie | Médecine légale et droit de la santé |
| MCU-PH | SEIGNEURIN Arnaud | Epidémiologie, économie de la santé et prévention |
| PU-PH | STAHL Jean-Paul | Maladies infectieuses, maladies tropicales |
| PU-PH | STANKE Françoise | Pharmacologie fondamentale |
| MCU-PH | STASIA Marie-José | Biochimie et biologie moléculaire |
| PU-PH | STURM Nathalie | Anatomie et cytologie pathologiques |
| PU-PH | TAMISIER Renaud | Physiologie |
| PU-PH | TERZI Nicolas | Réanimation |
| MCU-PH | TOFFART Anne-Claire | Pneumologie |
| PU-PH | TONETTI Jérôme | Chirurgie orthopédique et traumatologie |
| PU-PH | TOUSSAINT Bertrand | Biochimie et biologie moléculaire |
| PU-PH | VANZETTO Gérald | Cardiologie |
| PU-PH | VUILLEZ Jean-Philippe | Biophysique et médecine nucléaire |
| PU-PH | WEIL Georges | Epidémiologie, économie de la santé et prévention |
| PU-PH | ZAOUI Philippe | Néphrologie |
| PU-PH | ZARSKI Jean-Pierre | Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie |

PU-PH : Professeur des Universités et Praticiens Hospitaliers

MCU-PH : Maître de Conférences des Universités et Praticiens Hospitaliers

Table des matières

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | REMERCIEMENTS..... | 7 |
| 2 | INTRODUCTION..... | 10 |
| 2.1 | Abréviations..... | 10 |
| 2.2 | Contexte..... | 10 |
| 2.3 | Techniques d'analyse du contour de l'onde de pouls..... | 11 |
| 2.4 | Le ProAQT/ Pulsioflex® | 13 |
| 4 | OBJECTIF DE L'ETUDE..... | 16 |
| 4.1 | Objectif principal..... | 16 |
| 4.2 | Objectifs secondaires..... | 16 |
| 5 | ARTICLE | 17 |
| 5.1 | Title..... | 17 |
| 5.2 | Abbreviations..... | 17 |
| 5.3 | Abstract..... | 18 |
| 5.4 | Introduction | 19 |
| 5.5 | Materials and methods..... | 20 |
| 5.5.1 | Patients | 20 |
| 5.5.2 | Study design | 20 |
| 5.5.3 | Data collection | 22 |
| 5.5.4 | Statistical analyses | 22 |
| 5.6 | Results..... | 24 |
| 5.6.1 | Patient characteristics..... | 24 |
| 5.6.2 | Comparison of the CI measured continuously by Continuous thermodilution and ProAQT/ Pulsioflex®24 | |
| 5.6.3 | Volume expansion..... | 25 |
| 5.6.4 | Evolution of the marker of contractility..... | 25 |
| 5.7 | Discussion | 26 |
| 5.7.1 | CI absolute values..... | 26 |
| 5.7.2 | Fluid responsiveness | 28 |
| 5.7.3 | dP/dt max..... | 28 |
| 5.7.4 | The strong points | 29 |
| 5.7.5 | Limitations..... | 29 |
| 5.8 | Conclusions | 30 |
| 5.9 | Tables and figures | 31 |
| 6 | REFERENCES..... | 40 |
| 6.1 | Références de l'article | 40 |
| 6.2 | Références de l'introduction | 43 |
| 7 | CONCLUSIONS GENERALES..... | 45 |
| 8 | SERMENT D'HIPPOCRATE | 47 |

1 REMERCIMENTS

Aux membres de mon jury :

Au président du jury, Monsieur le professeur Pierre Albaladejo,

Je vous remercie pour la qualité de votre enseignement lors de ma formation.
Votre écoute et votre présence auprès des internes est très appréciable et rassurante.
Merci pour votre investissement au cours de ce travail et pour vos nombreuses relectures.
Merci de me faire l'honneur de présider cette thèse.

A mon directeur de thèse, Monsieur le docteur Michel Durand,

Je te remercie pour tout le temps que tu m'as consacré pour ce travail ainsi que pour tes précieux conseils.
Merci pour ta présence, ton aide et ton soutien lorsque je suis passé en réanimation cardiovasculaire et thoracique.
J'admire cette façon que tu as d'exercer la médecine et de gérer ton service.
Ta gentillesse et ta bienveillance auprès des malades et des équipes soignantes est épatante.

Monsieur le professeur Jean-François Payen,

Je vous remercie pour le travail formidable que vous faites pour assurer une formation de qualité aux internes grenoblois.
Merci pour votre présence au cours de ces cinq années d'internat.
Merci d'avoir accepté de juger ce travail.

Monsieur le professeur Pierre Bouzat,

Je te remercie pour tes conseils précieux, ton humour, ta patience et ta disponibilité lors de mon passage au déchocage.
Merci d'avoir accepté de juger ce travail.

A ceux qui m'ont aidé dans l'élaboration de cette thèse :

Toute l'équipe médicale et paramédicale de réanimation cardio-vasculaire et thoracique :
Merci pour votre accueil chaleureux lors de mon passage chez vous. Ce fut un réel plaisir de travailler avec vous.

Vous formez une équipe soudée, qui allie bonne humeur et efficacité.

Merci pour les inclusions et les recueils de données.

Aux ARC, Samia, Pauline :

Merci pour votre aide, toujours avec le sourire, pour la recherche des données manquantes sur la base de données.

À Yann Leguen :

Merci pour ton aide précieuse, grâce à tes formules magiques.

Remerciements personnels :

A toutes les équipes d'anesthésie et de réanimation de Grenoble, de Chambéry et d'Annecy :

Merci pour tout ce que vous m'avez appris durant ces 5 années d'internat.

Merci pour votre patience, votre envie de transmettre, votre bonne humeur, qui m'ont permis d'avoir une formation de qualité et une vie d'interne heureuse.

Et tout particulièrement, à l'équipe médicale et paramédicale de l'HCE :

Merci pour votre accueil chaleureux. Je suis très heureuse de venir travailler avec vous.

Aux CCA et aux internes du PAR :

Merci pour tous ces moments passés à l'hôpital comme à l'extérieur.

Et plus particulièrement,

À Thomas et Sam :

Merci pour toutes ces soirées depuis la P2. Merci thomas pour toute la patience que tu as eu pour m'apprendre l'écho cœur.

À Eloise :

Merci pour ta joie et ta bonne humeur contagieuse. Ta motivation permanente pour aller skier ou grimper. Je suis si heureuse que tu sois revenue. Tu m'as manqué cette année !

À Fefe et JoJo, Max, Caro, Josquin, Thomas et Audrey, Quentin, Manu, Romain, Julie, Ludo, Mathilde, Sarah, Océane...

Merci pour tous ces bons moments passés à l'hôpital ou en dehors ; sur un bateau, au ski ou sur une paroi d'escalade...

À mes parents :

Merci d'avoir toujours été là pour moi, d'avoir toujours cru en moi malgré mes doutes.

Papa, merci de m'avoir donné goût à la montagne, en prenant le temps de m'emmener skier et grimper dès mon plus jeune âge.

Maman, de toujours te plier en quatre pour notre bonheur !

Je vous aime.

À mes frères Antoine, Benoît :

A mes deux petits frères préférés, pour votre gentillesse, notre complicité malgré la distance qui nous sépare. Je suis si fière d'être votre sœur.

Merci à mes grands-parents :

Spéciale dédicace à « mamie de la côte » : Tu es une grand-mère formidable. Tu es un exemple pour moi. J'admire ta simplicité et ta générosité.

Merci à Mamie Marthe, Papi de Pau, Papi de la côte, Pascal, Patrick et Jean Pierre, partis trop vite, vous garderez toujours une place dans mon cœur.

À toute la famille de « sur la côte » :

Je vous remercie de m'apporter le bonheur des choses simples. Nous avons la chance d'être une famille unie. Le fameux lieu-dit « sur la côte » aux Villards est mon havre de paix et de tranquillité grâce à vous.

À tata France, Roger et toute la famille des Pyrénées :

Merci pour tous ces moments.

À ma belle-famille :

Merci de m'avoir accueilli à bras ouverts, je suis heureuse de faire partie de votre famille. Merci de faire tous ces kilomètres pour venir randonner avec nous. « Promis, on est bientôt arrivé, il ne reste plus qu'un petit quart d'heure pour le sommet... »

À Florianne et Emile :

Mes amies d'enfance. Malgré la vie qui nous éloigne parfois, nous sommes toujours aussi proches et c'est toujours une joie de vous retrouver.

Aux frassiens :

Sans vous je ne serais pas ce que je suis devenue. Merci pour toutes ces soirées mémorables aux Frasses, merci pour tous ces moments de bonheur, merci de m'avoir supporté et encouragé durant ces longues études. Je ne peux pas écrire en quelques lignes tout ce que je ressens pour vous, mais je vous aime.

À Marine :

Mon binôme de choc pour l'internat ! Sans toi cette sixième année n'aurait pas été la même ! Merci d'être une super amie et merci d'être toujours là pour moi !

À Marie :

Ma cousine et mon amie d'enfance.

À tous les grenoblois :

Juju le Don Juan, la croziflette family, Estelle, Gautier, la coloc' du Jean Achard, Clairousse, Papino et tous les autres...

À Moumousse :

Merci pour ton soutien, ta tendresse et ton affection qui me comble chaque jour. Merci d'être toujours là pour moi, dans les bons moments, comme dans les moments plus durs. Tu es extraordinaire et j'ai vraiment de la chance de t'avoir à mes côtés.

2 INTRODUCTION

2.1 Abréviations

CPI : Puissance cardiaque indexée

PA : pression artérielle

Δ PP : Variation de la pression pulsée en fonction des cycles respiratoires

PAM : Pression artérielle moyenne

PF : ProAQT/Pulsioflex®

RVS : Résistances vasculaire systémique

SGc : cathéter de Swan Ganz

VES : volume d'éjection systolique

Δ VVE : Variation du volume d'éjection systolique en fonction des cycles respiratoire

2.2 Contexte

La chirurgie cardiaque est une chirurgie à haut risque, associée à une morbi-mortalité importante.

En post opératoire de chirurgie cardiaque, la situation hémodynamique est particulièrement complexe. En effet, l'état pro-inflammatoire lié à la circulation extra-corporelle, le temps d'ischémie reperfusion, la durée importante de la chirurgie et la fragilité des patients sont autant de facteurs associés à une instabilité hémodynamique importante.

Le débit cardiaque est l'un des déterminants essentiels du transport en oxygène aux tissus. Ainsi, un débit cardiaque insuffisant peut conduire à une dysfonction d'organe voire à un syndrome de défaillance multiviscérale.

Le remplissage vasculaire fait partie de l'arsenal thérapeutique à notre disposition pour corriger une diminution du débit cardiaque. Cependant, un excès de remplissage peut conduire à un œdème interstitiel et à une hémodilution délétère pour le patient. (1)

Un monitoring hémodynamique adéquat pour détecter précocement une chute du débit cardiaque, afin de proposer une stratégie adaptée et surveiller l'efficacité et la tolérance des thérapeutiques engagées apparaît donc primordial.

La méthode actuelle de référence de monitoring du débit cardiaque est la thermodilution bolus par un cathéter de Swan Ganz (2).

Cependant, cette technique de monitoring n'est pas sans risque. (3) (4). De plus son utilisation n'a jamais été associée à une diminution de la mortalité. (5) (6) (7).

La Swan Ganz est donc réservée à certaines indications bien précises. Citons par exemple l'insuffisance ventriculaire gauche ou droite, l'hypertension artérielle pulmonaire sévère, l'infarctus du myocarde récent, la chirurgie redux, la chirurgie combinée, les valvulopathies sévères.

De nouvelles techniques de monitoring du débit cardiaque plus simples et moins invasives ont fait leur apparition depuis quelques années.

Parmi elles, plusieurs méthodes utilisent l'analyse du contour de l'onde de pouls de la courbe de pression artérielle (PA).

2.3 Techniques d'analyse du contour de l'onde de pouls

Ces techniques estiment le volume d'éjection systolique (VES) à partir de l'analyse du contour de l'onde de pouls.

Deux principes ont été développés pour estimer le VES (8,9):

- La première technique se base sur l'étude statistique de la forme de l'onde de pouls. Le VES est calculé à partir de l'écart type des valeurs instantanées de la pression artérielle :
 - Moniteur FloTrac/Vigileo® (Edwards LifeSciences, Irvine, États-Unis),

- La deuxième consiste à modéliser l'arbre artériel en lui attribuant des propriétés mécaniques :
 - Moniteur PICCO® (Pulsion Medical Systems, Munich, Germany), PulseCO® (LiDCO Ltd, London, UK), ProAQT/Pulsioflex®

Le VES n'est pas le seul déterminant de la courbe de l'onde de pouls. Les caractéristiques physiques de l'arbre artériel vont également influencer de manière significative la courbe de l'onde de pouls.

Historiquement, la modélisation de l'arbre artériel dérive du modèle de "Windkessel", décrit la première fois en 1899 par Otto Franck. Dans ce modèle, la transformation d'un débit discontinu pulsé en un débit continu est attribuée à la compliance artérielle. La distension des gros vaisseaux en systole permet un stockage de sang qui est restitué pendant la diastole.

La complexification du modèle a permis l'intégration d'autres paramètres comme les résistances artérielles périphériques et l'impédance aortique pour aboutir au « modèle de Windkessel à trois éléments ». (10,11)

2.4 Le ProAQT/ Pulsioflex®

Le ProAQT/ Pulsioflex® (capteur de pression Pulsioflex®, 4.0 et ProAQT PV8810 ; Pulsion Medical Systems) est un outil de monitoring semi invasif du débit cardiaque.

Il permet le calcul de l'index cardiaque en intégrant les données dans l'algorithme modifié de Wesseling (10,11) :

$$IC = \text{« cal »} \times FC \times \int [P(t)/RVS + C(p) \times dP/dt] Dt / SC$$

IC : index cardiaque

« cal » : facteur de calibration individuel, basé sur les caractéristiques des patients et un algorithme connu par le constructeur uniquement, basé sur l'âge, le poids, la taille, la pression artérielle et fréquence cardiaque.

FC : fréquence cardiaque

P(t)/RVS : surface sous la courbe de pression systolique

P(t) : Pression artérielle en temps réel

RVS : Résistance vasculaire systémique

dP/dt : forme de la partie systolique de la courbe

C(p) : compliance aortique (application du modèle Windkessel), algorithme connu par le constructeur uniquement

SC : surface corporelle

Le capteur (ou transducteur) ProAQT™ s'installe entre un cathéter artériel radial ou fémoral standard et une tête de pression.

C'est un système non calibré, cependant une calibration externe est aussi possible, avec l'échographie par exemple.

Le ProAQT/Pulsioflex® permet également les calculs des indices de précharges dépendances dynamiques :

- Variation du volume d'éjection systolique en fonction des cycles respiratoires (ΔVVE) :
 - ΔVVE (%) : (VES maximum + VES minimum) / VES moyen

- Un ΔVVE supérieur à 9,5% est un indice prédictif de réponse au remplissage, avec une sensibilité de 79% et une spécificité de 93% (13).
- Variation de la pression pulsée en fonction des cycles respiratoires (ΔPP) :
 - La pression pulsée est la différence entre pression artérielle systolique et la pression artérielle diastolique. Elle est proportionnelle au volume d'éjection systolique, et inversement proportionnelle à la compliance artérielle. (14)
 - Sa variation lors des cycles respiratoires peut être prédictive d'une réponse au remplissage, par la formule suivante (15):

$$\Delta PP (\%) = (PP \text{ max} - PP \text{ min}) / ((PP \text{ max} + PP \text{ min}) / 2) \times 100$$
 PP max et PP min sont les valeurs de pression pulsée maximum et minimum durant un cycle respiratoire.
 - Une variation de pression pulsée supérieure à 13% est prédictive d'une réponse au remplissage avec une sensibilité de 94% et une spécificité de 96% (16)

Il permet par ailleurs le calcul d'indices de post charge :

- Résistances vasculaire systémique (RVS) :
 - Elles sont calculées selon la formule :

$$RVS (\text{dynes.sec.cm}^{-5}) = (PAM - PVC) / DC \times 80$$

- Pression artérielle moyenne (PAM)

Et enfin, il permet une approche de la contractilité myocardique par :

- Le dP/dt_{max} :
 - Il correspond à la vitesse maximale de développement de la pression ventriculaire gauche. Sa valeur normale est de 900 à 1200 mmHg/s.
 - C'est un paramètre global d'inotropisme, il est par contre imparfait car il dépend de la précharge (17).

- Il n'est pas influencé par la post charge car il survient lors de la contraction isovolumétrique.

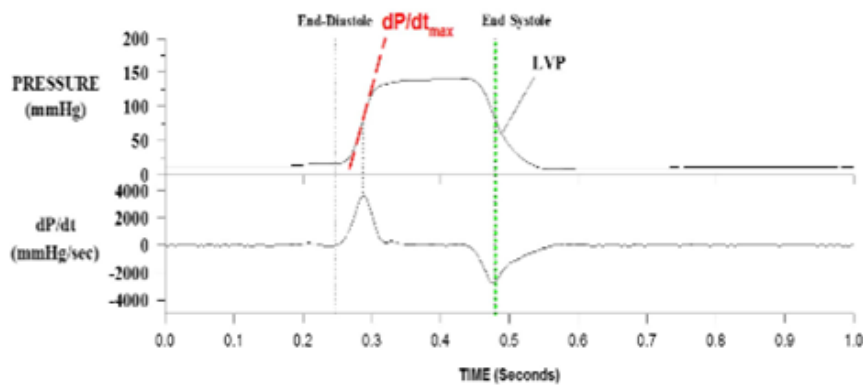


Figure 1 dP/dt_{max}

B.D. Guth et al. / Journal of Pharmacological and Toxicological Methods (2015)

- Puissance cardiaque indexée (PCI) :

Exprimée en $Watt/m^2$, elle est le produit de l'index cardiaque par la pression artérielle moyenne multipliée par 0,0022. Sa valeur normale est de 0.5 à 0.7 W/m^2 .

L'étude de Fincke et al (18) a démontré que la puissance cardiaque indexée est le paramètre hémodynamique le mieux corrélé à la mortalité chez les patients en choc cardiogénique.

4 OBJECTIF DE L'ETUDE

4.1 Objectif principal

- Comparaison de la mesure de l'index cardiaque par le ProAQT/ Pulsioflex® avec la méthode de thermodilution continue par cathéter de Swan Ganz en post opératoire de chirurgie cardiaque.

4.2 Objectifs secondaires

- Etude de la fiabilité du Pulsioflex/ProAQT® pour la réponse au remplissage.
- Evolution des indices de contractilité myocardique au cours du temps.

5 ARTICLE

5.1 Title

Cardiac output monitoring with uncalibrated pulse contour method (ProAQT/Pulsioflex®) after major cardiac surgery.

Department of Anesthesiology and Critical care, Grenoble-Alpes University Hospital, 38000 Grenoble, France.

5.2 Abbreviations

CI: cardiac index

CO: cardiac output

CPI: cardiac power index

CVP: central venous pressure

dP/dtmax: the maximum value of the first derivative of left ventricular

ICU: Intensive cardiac unit

LV: left ventricular

PaOP: pulmonary artery occlusion pressure

PA: arterial pressure

PF: ProAQT/Pulsioflex®

PRAM: pressure record analytic method

SGc: Swan Ganz catheter

SvO2: mixed venous oxygen saturation

TD: Intermittent bolus thermodilution

5.3 Abstract

Background:

The ProAQT/ Pulsioflex® (PF) is an arterial pressure-derived continuous cardiac output monitoring technique. This study aimed to evaluate the new device after major cardiac surgery.

Methods:

We realized an ancillary study of SUCCES study, a prospective randomized study whose purpose was to compare the hemodynamic effect of a fluid challenge with hypertonic saline or lactated ringer®. Inclusion criteria were patients requiring a Swan Ganz catheter (SGc) for cardiac surgery and requiring fluid challenge during the post-operative period.

Cardiac Index (CI) was monitored simultaneously in patients by PF or by a SGc continuous thermodilution. CI from ProAQT/ Pulsioflex® monitor system was obtained directly from the monitor every 12 seconds, CI from SGc was obtained every 2 minutes from our ICU software (Clinisoft; Centricity™ Critical Care, GE Healthcare®): the CI values from ProAQT/ Pulsioflex® were averaged every 2 minutes and synchronized with SGc values; data were compared during 24 hours. Statistical analysis was performed using linear regression and Bland and Altman analysis. Inter-method agreement during volume expansion was assessed using Kappa statistic.

Results:

The data of 22 patients were reviewed. We analyzed 12734 pairs of measurements. Values of CI were slightly but significantly different between SGc system (2.52 ± 0.52 , 95% CI of the mean: 2.51-2.53 L/min/m²) and Pulsioflex® (2.58 ± 0.72 , 95% CI of the mean: 2.57-2.59 L/min/m²), $p < 0.001$. Correlation coefficient between PF and SGc was $R = 0.86$ (95 % CI = 0.84 to 0.88, $p < 0.001$); the bias was -0.06L / min, and limits of agreement were -1.18-1.05L/min, with a percentage error of 44%. Response to volume expansion was considered as positive for 12 (75%) cases in SGc and for 2 (12%) cases in PF (Weighted Kappa -0.09; 95% CI= -0.35 to 0.17)

Discussion:

The concordance between ProAQT/ Pulsioflex® and SGc is moderate after cardiac surgery. ProAQT/Pulsioflex® didn't track correctly cardiac index changes compared to SGc during a fluid expansion.

5.4 Introduction

Cardiac output (CO) is a main determinant of oxygen transport (1). CO measurement following cardiac surgery allows assessment of cardiac function and optimization of tissue perfusion. Early treatment of low CO is a crucial factor for preventing multiple organ failure (2). Hemodynamic optimization in cardiac surgery reduces mortality and length of hospital stay (3).

Intermittent bolus thermodilution (TD) using a Swan-Ganz catheter (SGc) is still the reference method to measure CO (4) (5). Continuous measurement of CO by TD is easier to use in clinical practice. In addition, reliability of this method was validated experimentally, (6) clinically (7) and following cardiac surgery (8).

This device is invasive and can cause severe damage (9) (10) (11), and the benefit-risk balance is still debated (12) (13).

Some less invasive methods have been developed using arterial pulse contour waveform to estimate CO. Among these methods, a new device, the ProAQT/ Pulsioflex® (Pulsioflex monitor, 4.0 and ProAQT PV8810 pressure sensor; Pulsion Medical Systems®) is an uncalibrated system, measuring CO beat per beat, with arterial pulse contour waveform from radial or femoral arterial catheter. Few studies have been realized on this device, especially in cardiac surgery (14). Moreover, in most studies, PF measurement was obtained with femoral artery catheters. In only one study, radial artery catheters were used (15).

This study aimed to compare cardiac index (CI) estimated by ProAQT/ Pulsioflex® with a radial artery catheter or estimated by the SGc continuous thermodilution after major cardiac surgery. A secondary objective was to evaluate if the ProAQT/ Pulsioflex® accurately tracked CI changes induced by volume expansion.

5.5 Materials and methods

5.5.1 Patients

We realized an ancillary study of SUCCES study (clinical trial number: 02782520), which is a prospective randomized study conducted from August 2016 to October 2017 in an intensive cardiac unit (ICU). The study was approved by the Ethics Committee of our hospital (MEC 2014-210), and informed consent was obtained from each patient the day before surgery.

Patients were included in SUCCES study to compare the hemodynamic effect of a fluid challenge after major cardiac surgery.

Inclusion criteria were patients requiring a SGc for cardiac surgery and requiring a fluid challenge in the post-operative period.

Exclusion criteria were pregnancy, under the age of 18, pulmonary arterial hypertension with a systolic pulmonary pressure >60 mmHg, preoperative arrhythmia, urgent surgery, chronic renal replacement therapy, severe hypernatremia.

5.5.2 Study design

Figure 1 represents the study design.

The use of a SGc (177F75N, Edwards Lifesciences, Irvine, CA ®) was decided preoperatively based on patients' characteristics and surgical procedure, according to our local protocol.

The need of volume expansion was defined by the presence of at least 2 of the following criteria: Cardiac index $< 2\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$; mixed venous oxygen saturation (SvO_2) $< 60\%$; pulse pressure variation $> 13\%$; central venous pressure (CVP) $< 12\text{ mmHg}$ and/ or pulmonary artery occlusion pressure (PaOP) $< 12\text{ mmHg}$. A fluid challenge response was considered positive if the CI increased by more than 15% . Fluid challenge was performed over 20 min, using hypersaline or crystalloids fluids (with hypertonic saline (3 ml/kg) or lactated ringer[®] (10 ml/kg)).

Arterials catheters were inserted before surgery. Arterial catheter site implantation depended on the results of Allen maneuver and the need to leave the radial artery free for a coronary graft. A SGc (Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA[®]) was inserted in internal jugular vein with an 8.5 F introducer (Fast-Cath[™], St Jude Medical, USA[®]); that permits the measurement of CO, mixed venous blood saturation and right ventricle ejection fraction (CCOmbi/CEDV/VIP, 777HF8). Catheter position was intraoperatively confirmed by pulmonary artery pressure tracing and in postoperative time by chest film.

After arrival in ICU, arterial pressure sensor was connected to a PulsioFlex[®] monitor, 4.0 (ProAQT PV8810 pressure sensor; Pulsion Medical Systems[®]) in all patients. All were in sinus rhythm and none had a significant tricuspid regurgitation highlighted by a high V wave on central venous pressure curve. SGc was connected to a Vigilance II monitor system.

After arrival in ICU, patients were maintained sedated thanks to a continuous infusion of propofol and remifentanyl. Patients were ventilated with an assisted control mode with a Tidal volume of 7 ml per kg of predicted body weight and a positive end-expiratory pressure of 7 cmH_2O . Extubation was performed after rewarming and hemodynamic stabilization.

The primary goal of this study was to compare cardiac index measured by PF versus SGC.

5.5.3 Data collection

CI from the ProAQT/ Pulsioflex® monitor system was obtained every 12 seconds directly from the monitor, CI from the SGc was obtained every 2 minutes from our ICU software (Clinisoft; Centricity™ Critical Care, GE Healthcare Europe, Helsinki, Finland): CI values from the PF were averaged every 2 minutes and synchronized with SGc values; data were compared during 18 to 24 hours until SGc withdrawal.

Secondary endpoints were to assess concordance of the cardiac output variation during a fluid challenge and to assess evolution of left ventricular function using 2 parameters obtained by PF: the dP/dt max which measures the slope of the pressure change during systolic period (Normal value = 900-1200 mmHg) and the cardiac power index (CPI = CI x mean arterial pressure x 0.0022, Normal value = 0.5-0.7 W/m²).

5.5.4 Statistical analyses

Data were expressed median (25 to 75th interquartile range) or mean ± standard deviation.

For statistical analyses, only the CI values from the ProAQT/ Pulsioflex® with a percentage of error included between the 5th and the 95th percentile were analyzed. Comparison of the two measurement methods of CI was performed by linear regression and by calculating Pearson correlation coefficient.

Bland-Altman difference plots (16), (17), (18) were used to determine the degree of difference defined as the average difference between the two methods, and the limits of concordance defined as the difference ± the standard deviation of the difference.

For each CI value, we calculated the percentage of error defined by 1,96 times the standard deviation of the bias divided by mean cardiac output of the two methods (19). A percentage of error below 30% was retained as a criterion for equivalence of the two methods, as suggested by Critchley and Critchley (19).

The concordance of cardiac output variations was evaluated using Cohen Kappa test, 15 and 30 minutes after the beginning of the fluid challenge: a kappa value of 0.75 or higher was considered to represent an excellent agreement and a value of less than 0.40 indicated a poor agreement; a value between 0.40 and 0.75 represented a moderate agreement and values ≤ 0 indicated no agreement (20). The Kolmogorov-Smirnov test was used to assess the normality of the continuous data. Evolution of dP/dt max and CPI were assessed by ANOVA for repeated measures. The Kolmogorov-Smirnov test was used to assess the normal distribution of continuous variables.

The statistical analyses were performed using MedCalc® software (MedCalc Software, Ostend, Belgium).

5.6 Results

5.6.1 Patient characteristics

Twenty-two patients were included, aged 65 (58-73) years. The characteristics are summarized in Table 1.

All arterial catheters were implanted in radial arteries. Surgical procedures were coronary bypass surgery (n = 10), Bentall surgery (n = 2), mitral valve repair surgery (n = 5), aortic valve repair surgery (n = 2), aortic valve replacement (n=3). Extubation was performed, on average, 301 ± 197 min after patient arrival in ICU.

Flow chart represented by the figure 2.

5.6.2 Comparison of the CI measured continuously by Continuous thermodilution and ProAQT/ Pulsioflex®

Continuous TD was compared to ProAQT/ Pulsioflex® output measurements during 24 h, every 2 minutes, 14151 pairs of CI measurements were obtained, after rejecting 1417 most extreme values (10 %), 12734 pairs of measurements were analyzed. 579 ± 241 pairs of measurements were analyzed for each patient.

SGc CI values (2.52 ± 0.52 , 95% CI of the mean: 2.51-2.53 L/min/m²) were slightly but statistically different from CI ProAQT/ Pulsioflex® (2.58 ± 0.72 , 95% CI of the mean: 2.57-2.59 L/min/m²), $p < 0.001$. The correlation coefficient between PF and SGc was significant ($R = 0.86$; 95 % CI = [0.84 to 0.88], $p < 0.001$) (Figure 3). The bias measured by Bland-Altman was -0.06L / min, and the limits of agreement were -1.18-1.05 L/min (Figure 4).

The percentage of error between ProAQT/Pulsioflex® and continuous TD was 44%. The distribution of differences between continuous TD and ProAQT/Pulsioflex® was not considered as normal ($p < 0.0001$).

5.6.3 Volume expansion

A fluid challenge was performed in all patients at the beginning of the study (T0 min).

We analyzed data of 16 patients (Figure 5), data from the last six patients were not collected because ProAQT/Pulsioflex® was connected later.

At 15 minutes, (table 3), fluid challenge response was positive in 9 (56%) cases for SGc and in 7 (44%) cases for PF (Weighted Kappa 0.51; IC: -0.10 to 0.91) with a percentage of agreement of 75 %. At 30 minutes, (table 4) fluid challenge was positive in 12 (75%) cases for SGc and in 2 (13%) cases for ProAQT/Pulsioflex® (Weighted Kappa -0.09; IC: -0.35 to 0.17). The percentage of agreement was 25 %.

5.6.4 Evolution of the marker of contractility

Figures 6 and 7 represent evolution of dp/dt max and cardiac power index (CPI) during volume expansion. The dp/dt max was low at arrival in ICU and improved significantly with time ($p=0.007$). A significant rise in dp/dt max compared to baseline value was observed 3, 6 and 18 hours after volume expansion.

The CPI was low at arrival in ICU and improves significantly with time ($p=0.002$). CPI increased significantly 6 and 18 hours after volume expansion ($p = 0.03$) but the rise was not significant at 30 minutes ($p = 0.06$).

5.7 Discussion

5.7.1 CI absolute values

The aim of this study was to compare cardiac index obtained by ProAQT/Pulsioflex® and by continuous thermodilution with Swan Ganz catheter after major cardiac surgery. A moderate agreement was found between both methods. The percentage of error with ProAQT/Pulsioflex® system compared to the reference method TD (44%) was over the limit usually considered as acceptable according to Critchley and Critchley's standards (<30%). (19). However, Peyton and Chong (21) suggest that a percentage of error below 45% could be acceptable in clinical practice. Indeed, in their meta-analysis, they reviewed four different minimally invasive methods compared with thermodilution. None of them reach the 30% limits. Specifically, for the pulse contour's method, they analyzed 714 patients and found no mean bias, but a large agreement limit at 1.22 l / min and percentage of error of 41.3%. Once again, one must remember that this approach depends on the intrinsic precision of the gold standard, whose error can extend up to 15 % for continue thermodilution. (22)

Only few studies evaluated reliability of ProAQT/Pulsioflex®; their results are conflictual. Smetkin et al.(23) compared reliability of ProAQT/Pulsioflex® with transpulmonary thermodilution in 20 patients during pump coronary bypass graftings. They found a good correlation between the two methods (error of 31%), however the ProAQT/Pulsioflex® doesn't have the ability to follow trends in cardiac output (concordance rate of 74%).

On the contrary, Van Drumpt et al. (24), studied the Pulsioflex® in 25 patients, after major cardiac surgery using the same reference method; they concluded that CI absolute value measured by ProAQT/Pulsioflex® was inaccurate compared to transpulmonary thermodilution. Trending ability of the ProAQT/Pulsioflex® was mediocre when it was connected to radial artery

and moderate when it was connected to femoral artery (the four quadrant concordance rates were 74 and 75% respectively).

Monnet et al. (25), compared ProAQT/Pulsioflex®, Flotrack®/ Vigileo® and transpulmonary thermodilution, in critically ill patients; they found a percentage error of 40% for ProAQT/Pulsioflex®.

Our results obtained by ProAQT/Pulsioflex® system can be compared with other non-calibrated minimally invasive methods to assess cardiac output with use of arterial pressure waveform analysis. The most used methods are probably the Vigileo (Flotrack®/Vigileo [FV]; Edwards Lifesciences, Irvine, CA) and the Pressure Record Analytic Method (PRAM).

Vasdev et al. (26) compared the 3rd generation of Vigileo® and Swan Ganz TD method. The authors found a mean bias of -0.28 L/min with a percentage error of 20%. However, a poor agreement was found with Swan Ganz catheter in patients with septic shock or during liver transplantation (27) (28). A meta-analysis (29) including five studies with the third generation of Vigileo® found a percentage of error of 47 % and a bias of -0.77 l/min.

The other available method is the Pressure Record Analytic Method (PRAM). The studies comparing PRAM versus other methods reported very contrasting results with either very good or very poor results. PRAM seems to perform well in 2 studies during cardiac surgery (30), (31) and in a study after cardiac surgery (32). On the contrary, two post cardiac surgery studies (33) (34) found only mediocre results. Reasons for these differences are unclear.

In our study, most of patients receiving an infusion of norepinephrine and/or dobutamine and it's known that the methods based on pulse contour analysis are less efficient when there is a vasomotor tone modification, which may account our results (35–37).

Bland and Altman's chart show that the bias increase with the high cardiac index values. This effect can be explained by the large number of cardiac output values, it has already been

described in the study by Yang et al.(38) which compared cardiac output measured by transpulmonary thermodilution with aortic flow probe in pig.

5.7.2 Fluid responsiveness

Based on the results of our study; agreement of ProAQT/Pulsioflex® and SGc to track cardiac index changes during fluid expansion was modest. These results are in disagreement with Monnet et al. study (25) and Van Drumpt et al. study (24) which both conclude that the ability of ProAQT to track fluid induced was reliable.

The ability of Vigileo® to track cardiac output changes is also reported. A study of Suehiro et al (39) found that Vigileo® performed poorly in monitoring changes in CO induced by changes in vasomotor tone. In everyday practice, ability of these mini-invasive methods to detect cardiac output changes is as important as to give accurate absolute values. This is a real limit of our current methods; a definitive conclusion cannot be given because of variability of the results. On the other side, the choice of the SGc continuous technique as the reference method to track changes in cardiac output is questionable: the SGc using an electric filament wire heater is cycled every 52 seconds; furthermore, the Vigilance II averages each measure in order to reduce the variability; therefore, SGc continuous technique can take up to 12 minutes to detect a change in CO (40).

5.7.3 dP/dt max

Dp/dt max is the maximum value of the first derivative of left ventricular (LV) pressure over time during isovolumic contraction (41–44) and is a non-invasive marker of (LV) systolic function. We observe that the marker of contractility dp/dt max is load dependent; in fact, dp/dt max increases with volume expansion. These results are in agreement with the study of Thiele et al.

(41). The 2 markers of contractility dp/dt max and CPI increased with time as expected after cardiac surgery.

5.7.4 The strong points

This is the only study to our knowledge published on the ProAQT/Pulsioflex® that analyzed a large number of unselected measurements (12734); other studies reported around 200 pairs of selected measurements. A recent meta-analysis about five mini-invasive methods included 43 studies, with a total of 5780 measurements (29). Moreover, we included unstable patients after cardiac surgery needing volume expansion. We studied the validity of ProAQT/Pulsioflex® in radial position, which is the most common site used for arterial cannulation. Another point is that we had included hemodynamically unstable patients.

5.7.5 Limitations

This study has several limitations: the number of subjects was not calculated *a priori*.

The choice of SGC as the reference method is questionable; however it is still generally considered as the standard method (45) and permitted us to have a large number of pair measurements.

Our choice to have excluded 10% of the most divergent paired values, is also questionable. When bolus TD is the reference method, it is common to discard values varying by more than 20% of the preceding values. Another limit of our study is the choice of included patients only after cardiac surgery; the results of this study cannot be applied to septic patients for example. Moreover, eight patients were lost to follow-up in the study, because of a failure to record the data of ProAQT/Pulsioflex®'s monitor.

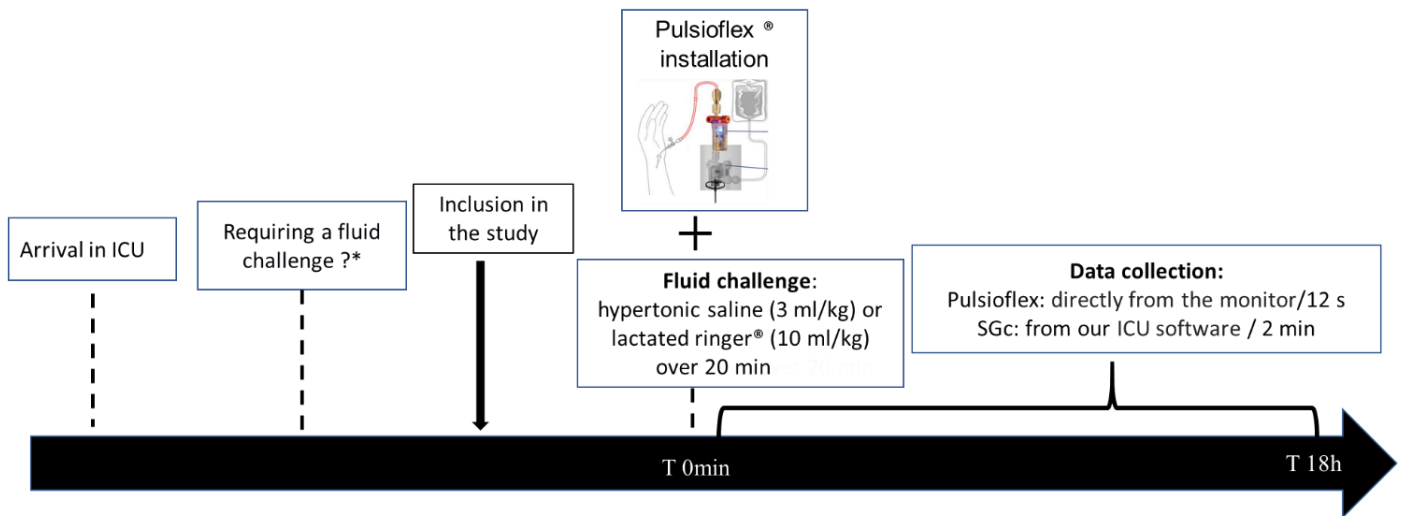
5.8 Conclusions

In our study, mean ProAQT/Pulsioflex® CI measurements were only barely different of the results of the SGc, but the percentage of error was at the upper limit. Moreover, the ability of the ProAQT/Pulsioflex® to track fluid responsiveness was modest and needs further studies.

5.9 Tables and figures

| | |
|---|----|
| <i>Figure 1 Study design</i> | 32 |
| <i>Figure 2 Flow Chart</i> | 33 |
| <i>Figure 3: Linear regression between continuous thermodilution method versus Pulsioflex®</i> | 34 |
| <i>Figure 4 Bland-Altman plots for continuous thermodilution method versus Pulsioflex®</i> | 34 |
| <i>Figure 5 Cardiac index measured by continuous thermodilution and Pulsioflex® during volume expansion</i> | 35 |
| <i>Figure 6 Evolution of the maximum value of first derivative of left ventricular pressure over time during isovolumic contraction (dP/dt max)</i> | 36 |
| <i>Figure 7 Evolution of cardiac power index during volume expansion</i> | 36 |
| | |
| <i>Table 1: Patients Characteristics</i> | 37 |
| <i>Table 2 Hemodynamic data</i> | 38 |
| <i>Table 3 Fluid challenge at 15 minutes</i> | 39 |
| <i>Table 4 Fluid challenge at 30 minutes</i> | 39 |

Figure 1: Study design



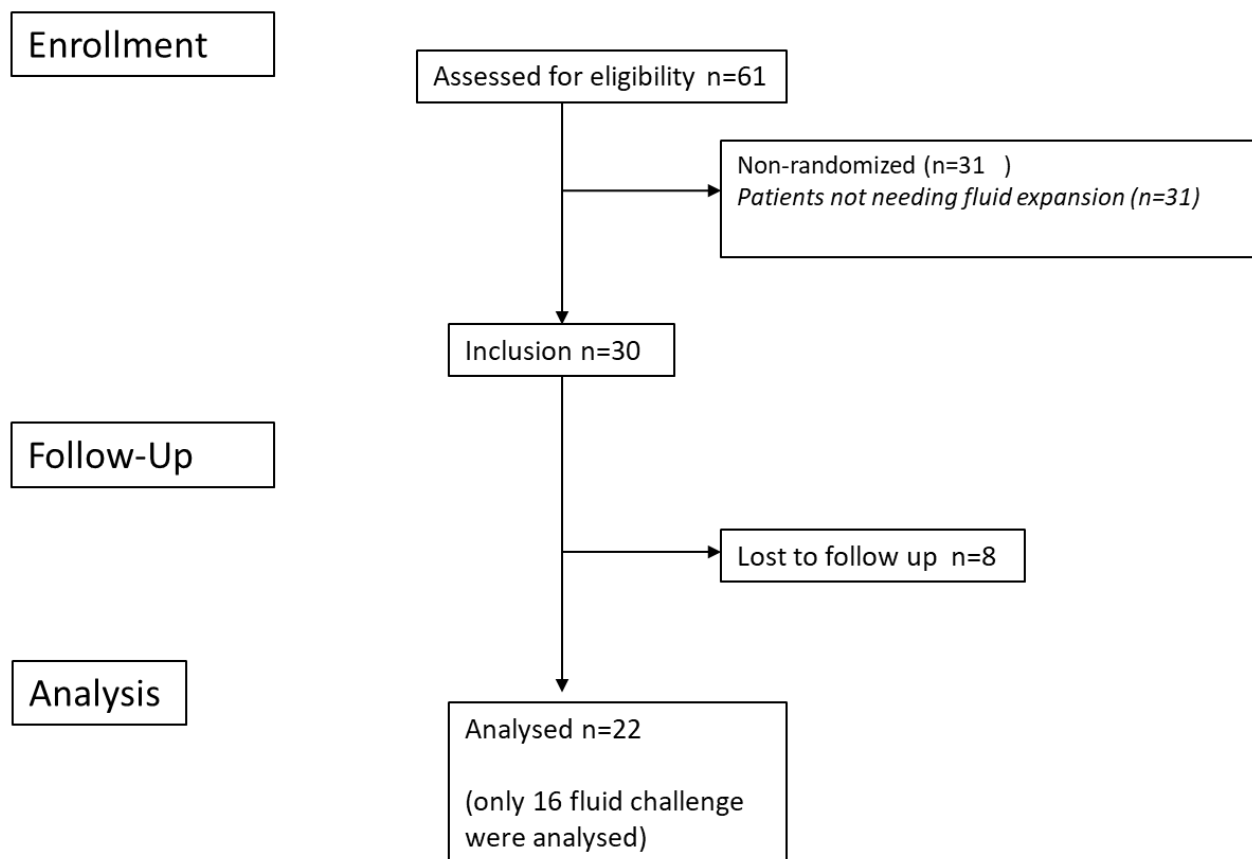
If > 2 criteria among:

- Cardiac index < 2L/min/m²
- Mixed venous oxygen saturation (SvO₂) < 60 %;
- Pulse pressure variation > 13 %;
- Central venous pressure (CVP) < 12 mmHg and/ or pulmonary artery occlusion pressure (PaOP) < 12 mmHg

Values are number

Abbreviations: >: superior, ICU: intensive care unit, T: time

Figure 2: Flow Chart



Values are number

Figure 3: Linear regression between continuous thermodilution method versus ProAQT/Pulsioflex®

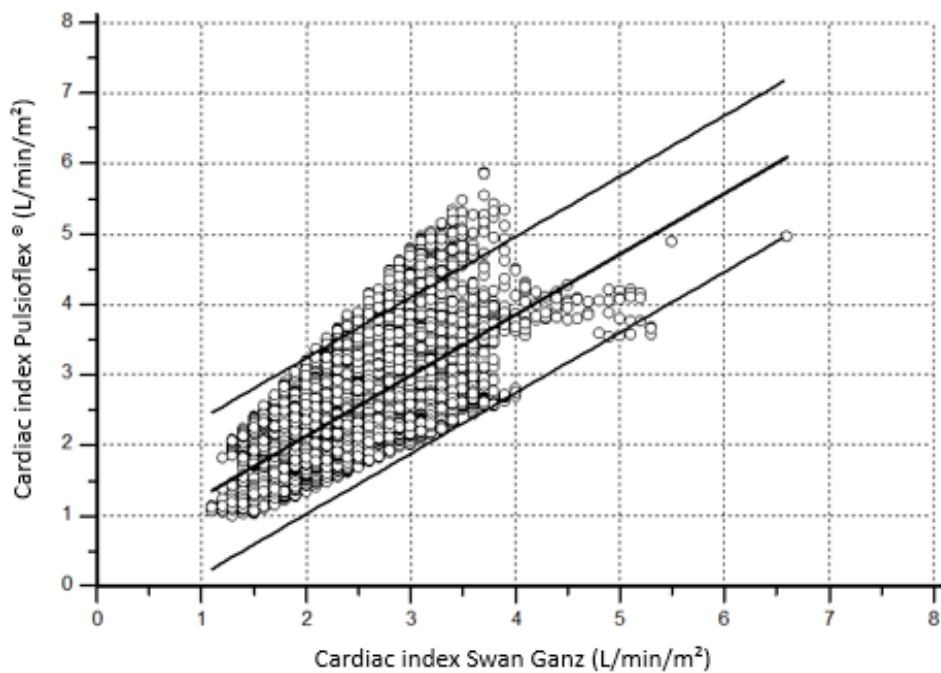


Figure 4: Bland-Altman plots for continuous thermodilution method versus ProAQT/Pulsioflex®

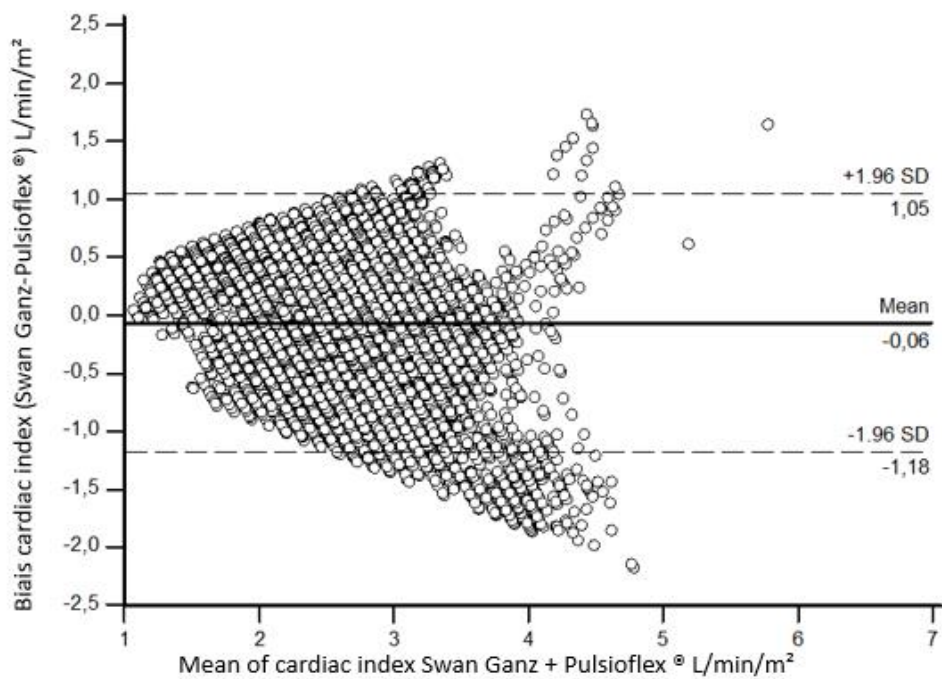


Figure 5: Cardiac index measured by continuous thermodilution and ProAQT/Pulsioflex® during volume expansion:

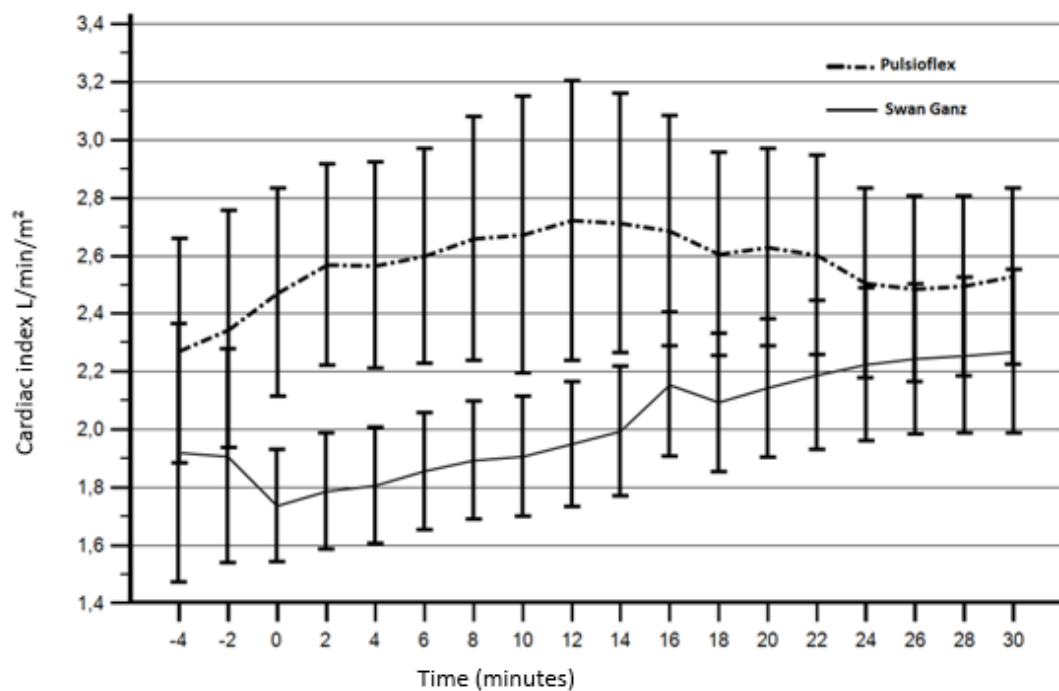


Figure 6: Evolution of the maximum value of first derivative of left ventricular pressure over time during isovolumic contraction (dp/dt max)

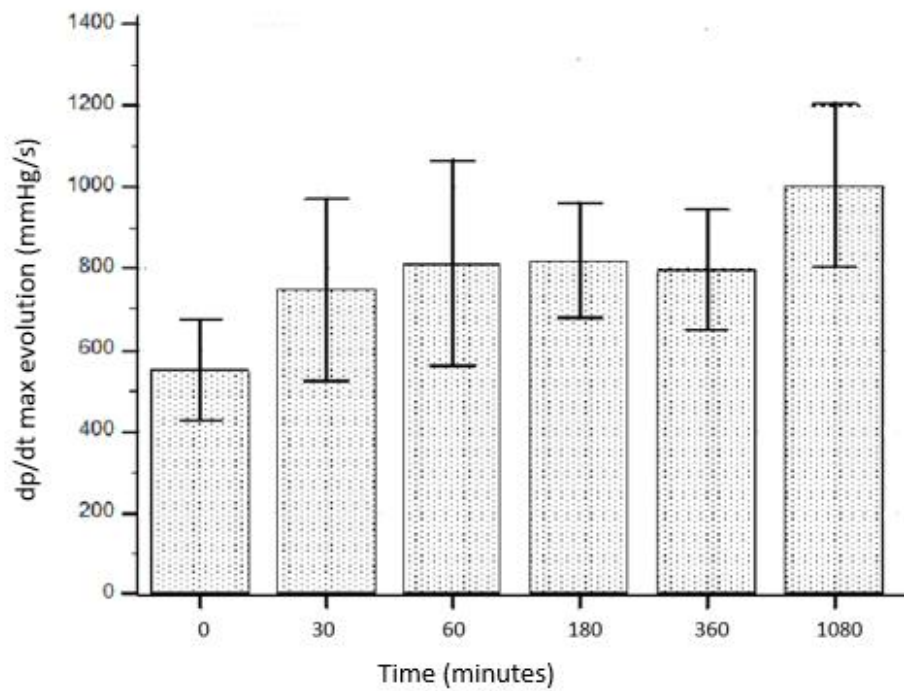


Figure 7: Evolution of cardiac power index during volume expansion

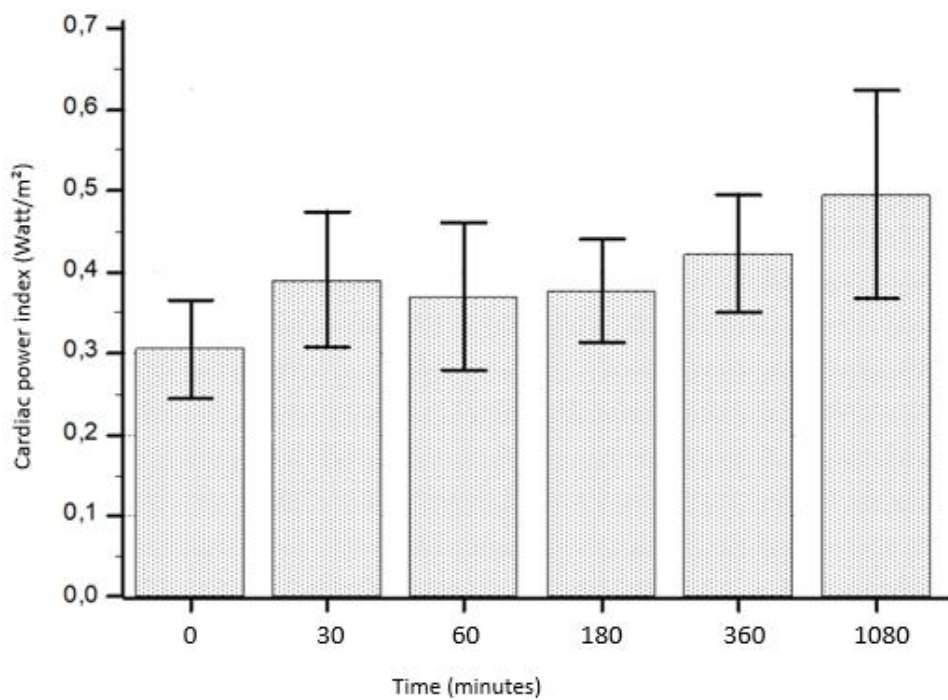


Table 1: Patients Characteristics

| | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------|
| Gender | Male | 17 |
| | Female | 5 |
| Age (years) | | 65 (58-73) |
| Weight (kg) | | 79 (68-83) |
| Height (cm) | | 170 (165-175) |
| BMI (kg/m²) | | 27 (24-30) |
| Euroscore | | 1,8 (1-2,7) |
| Duration of ECC (min) | | 131 (93-141) |
| Type of surgery | Coronary artery bypass | 10 |
| | Aortic valve replacement biologic | 3 |
| | Mitral valve repair | 5 |
| | Aortic valve repair | 2 |
| | Bentall Biologic | 2 |
| Performed extubation (min) | | 240 (210-340) |
| Volume expansion | hypertonic saline | 12 |
| | lactated ringer® | 10 |
| Filling criteria | IC < 2l/min/m ² | 17 |
| | SvO ₂ < 60 % | 7 |
| | Pulse pressure variation > 13 | 17 |
| | PaOP and / or CVP < 12 | 21 |

Values are number(n), mean ± standard deviation or median (25 to 75th percentile)

Abbreviations: CI: Cardiac Index, SvO₂: mixed venous oxygen saturation; PaOP: pulmonary artery occlusion pressure, CVP central venous pressure, BMI: Body Mass Index, ECC: Extra Corporeal Circulation

Table 2: Hemodynamic data

| | Arrival in ICU | Before fluid challenge | T 30min | T 1h | T 3h | T 6h | T 18h |
|---------------------------------------|----------------|------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| HR (bpm) | 74 (68-81) | 75 (67-84) | 75 (69-87) | 76 (71-88) | 81 (70-96) | 86 (69-96) | 86 (82-101) |
| MAP (mmHg) | 67 (60-74) | 61,5 (59-66) | 69 (64-75) | 67 (62-76) | 71 (66-75) | 72 (69-79) | 75 (72-78) |
| PaPO (mmHg) | 9 (6-10) | 7.5 (6-9) | 8.5 (6-12) | 8 (6-12) | 8.5 (5-11) | 7 (6-9) | 8 (7-13) |
| CVP (mmHg) | 8 (4-10) | 6 (2-9) | 9 (5-11) | 8 (5-11) | 7 (5-10) | 6 (5-10) | 8 (6-10) |
| dP/DT max (mmHg/s) | NC | 524 (395-731) | 719 (586-980) | 812 (519-1059) | 863 (692-971) | 817 (774-1006) | 978 (739-1255) |
| CPI (W/m ²) | NC | 0.3 (0.2-0.4) | 0.3 (0.2-0.4) | 0.3 (0.2-0.4) | 0.3 (0.3-0.4) | 0.4 (0.3-0.5) | 0.4 (0.3-0.6) |
| SVRI (Dyn.s.cm-5.m-2) | 2828±799 | 2462 (2070-3068) | 1893 (1627-2311) | 2154 (1987-2605) | 2088 (1857-2339) | 2317 (2147-2611) | 2010 (1782-2010) |
| SvO2 (%) | 66 (58-69) | 63 (58-69) | 69 (65-71) | 66 (63-71) | 64 (60-71) | 66 (63-69) | 61 (58-66) |
| Lactates (mg/ml) | 1.1 (1-1.5) | 1.2 (0.9-1.5) | 1.3 (1.3-1.7) | 1.4 (1-1.8) | NC | 1.6 (1.4-2.6) | 1.5 |
| Troponine (µg/ml) | 4.6 (3.3-6.9) | NC | NC | NC | NC | 9 (6-12) | 4 (3-6) |
| CI Pulsioflex (l/min/m ²) | 2.2 (2.1-2.2) | 2.2 (1.9-2.7) | 2.6 (1.9-3) | 2.4 (2-2.7) | 2.5 (2-2.9) | 2.7 (2.2-3) | 2.6 (2-3.3) |
| CI SGC (l/min/m ²) | 1.6 (1.4-1.9) | 1.7 (1.4-1.9) | 2.3 (2-2.6) | 2.2 (1.8-2.7) | 2.4 (2-2.8) | 2.3 (2.1-2.6) | 2.5 (2.2-2.6) |
| Dobutamine (n%) | 18 | 23 | 23 | 18 | 18 | 13 | 4 |
| Dobutamine (µg/kg/min) | 0.34±0.85 | 0.43±0.91 | 0.35±0.81 | 0.4±0.94 | 0.41±0.94 | 0.36±0.94 | 0.05±0.22 |
| Norepinephrine (n%) | 64 | 59 | 59 | 59 | 59 | 45 | 9 |
| Norepinephrine (µg/kg/min) | 0.09±0,1 | 0.05 (0-0.09) | 0.07 (0-0.1) | 0.05 (0-0.1) | 0.045 (0-0.01) | 0 (0-0.06) | 0±0.01 |

Values are number (n), mean ± standard deviation or median (25 to 75th percentile)

Abbreviations: HR: Heart Rate, MAP: Mean Arterial Pressure; PaOP: pulmonary artery occlusion pressure, CVP central venous pressure, dP/DT max: maximum value of first derivative of left ventricular pressure over time during isovolumic contraction max, CPI: Cardiac Power Index, SVRI: systemic vascular resistance index, SvO2: mixed venous oxygen saturation CI: Cardiac Index

Table 3: Fluid challenge at 15 minutes

| | | Swan Ganz | | |
|------------|---|--------------|--------------|-----------|
| | | 0 | 1 | |
| Pulsioflex | 0 | 6 | 3 | 9 (56,2%) |
| | 1 | 1 | 6 | 7 (43,7%) |
| | | 7 (43,7%) | 9 (56,2%) | 16 |

Values are number

Table 4: Fluid challenge at 30 minutes

| | | Swan Ganz | | |
|------------|---|--------------|---------------|------------|
| | | 0 | 1 | |
| Pulsioflex | 0 | 3 | 11 | 14 (87,5%) |
| | 1 | 1 | 1 | 2 (12,5%) |
| | | 4 (25,0%) | 12 (75,0%) | 16 |

Values are number

6 REFERENCES

6.1 Références de l'article

1. Tavernier B, Fischer MO, Lorne E, Fellahi JL. Monitoring du débit cardiaque en anesthésie : quelles techniques? Quelles limites? :17.
2. Shoemaker WC, Patil R, Appel PL, Kram HB. Hemodynamic and oxygen transport patterns for outcome prediction, therapeutic goals, and clinical algorithms to improve outcome. Feasibility of artificial intelligence to customize algorithms. *Chest*. nov 1992;102(5 Suppl 2):617S-625S.
3. Aya HD, Cecconi M, Hamilton M, Rhodes A. Goal-directed therapy in cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth*. avr 2013;110(4):510-7.
4. Hamilton WF, Moore JW, Kinsman JM, Spurling RG. Simultaneous determination of the pulmonary and systemic circulation times in man and of a figure related to the cardiac output. *Am J Physiol-Leg Content*. 1 mars 1928;84(2):338-44.
5. Sakka SG, Reinhard K, Wegscheider K, Meier-Hellmann A. Is the placement of a pulmonary artery catheter still justified solely for the measurement of cardiac output? *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1 avr 2000;14(2):119-24.
6. Thrush D, Downs JB, Smith RA. Continuous thermodilution cardiac output: agreement with Fick and bolus thermodilution methods. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. août 1995;9(4):399-404.
7. Mihaljevic T, von Segesser LK, Tönz M, Leskosek B, Seifert B, Jenni R, et al. Continuous versus bolus thermodilution cardiac output measurements--a comparative study. *Crit Care Med*. mai 1995;23(5):944-9.
8. Kaukinen S, Kööbi T, Bi Y, Turjanmaa VM h. Cardiac output measurement after coronary artery bypass grafting using bolus thermodilution, continuous thermodilution, and whole-body impedance cardiography. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. avr 2003;17(2):199-203.
9. Swan HJ, Ganz W, Forrester J, Marcus H, Diamond G, Chonette D. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Engl J Med*. 27 août 1970;283(9):447-51.
10. Evans DC, Doraiswamy VA, Prosciak MP, Silveira M, Seamon MJ, Rodriguez Funes V, et al. Complications associated with pulmonary artery catheters: a comprehensive clinical review. *Scand J Surg SJS Off Organ Finn Surg Soc Scand Surg Soc*. 2009;98(4):199-208.
11. Ferretti GR, Thony F, Link KM, Durand M, Wollschläger K, Blin D, et al. False aneurysm of the pulmonary artery induced by a Swan-Ganz catheter: clinical presentation and radiologic management. *AJR Am J Roentgenol*. oct 1996;167(4):941-5.
12. Connors AF, Speroff T, Dawson NV, Thomas C, Harrell FE, Wagner D, et al. The effectiveness of right heart catheterization in the initial care of critically ill patients. SUPPORT Investigators. *JAMA*. 18 sept 1996;276(11):889-97.
13. Schwann NM, Hillel Z, Hoeft A, Barash P, Möhnle P, Miao Y, et al. Lack of effectiveness of the pulmonary artery catheter in cardiac surgery. *Anesth Analg*. nov 2011;113(5):994-1002.

14. Broch O, Carbonell J, Ferrando C, Metzner M, Carstens A, Albrecht M, et al. Accuracy of an autocalibrated pulse contour analysis in cardiac surgery patients: a bi-center clinical trial. *BMC Anesthesiol.* 26 nov 2015;15:171.
15. Monnet X, Vaquer S, Anguel N, Jozwiak M, Cipriani F, Richard C, et al. Comparison of pulse contour analysis by Pulsioflex and Vigileo to measure and track changes of cardiac output in critically ill patients. *Br J Anaesth.* févr 2015;114(2):235-43.
16. Romano SM, Pistolesi M. Assessment of cardiac output from systemic arterial pressure in humans. *Crit Care Med.* août 2002;30(8):1834-41.
17. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet Lond Engl.* 8 févr 1986;1(8476):307-10.
18. Bland JM, Altman DG. Agreement between methods of measurement with multiple observations per individual. *J Biopharm Stat.* 2007;17(4):571-82.
19. Critchley LA, Critchley JA. A meta-analysis of studies using bias and precision statistics to compare cardiac output measurement techniques. *J Clin Monit Comput.* févr 1999;15(2):85-91.
20. Gisev N, Bell JS, Chen TF. Interrater agreement and interrater reliability: key concepts, approaches, and applications. *Res Soc Adm Pharm RSAP.* juin 2013;9(3):330-8.
21. Peyton PJ, Chong SW. Minimally invasive measurement of cardiac output during surgery and critical care: a meta-analysis of accuracy and precision. *Anesthesiology.* nov 2010;113(5):1220-35.
22. Rödig G, Keyl C, Liebold A, Hobbhahn J. Intra-operative evaluation of a continuous versus intermittent bolus thermodilution technique of cardiac output measurement in cardiac surgical patients. *Eur J Anaesthesiol EJA.* mars 1998;15(2):196.
23. Smetkin AA, Hussain A, Kuzkov VV, Bjertnæs LJ, Kirov MY. Validation of cardiac output monitoring based on uncalibrated pulse contour analysis vs transpulmonary thermodilution during off-pump coronary artery bypass grafting. *Br J Anaesth.* juin 2014;112(6):1024-31.
24. van Drumpt A, van Bommel J, Hoeks S, Grüne F, Wolvetang T, Bekkers J, et al. The value of arterial pressure waveform cardiac output measurements in the radial and femoral artery in major cardiac surgery patients. *BMC Anesthesiol.* 14 2017;17(1):42.
25. Monnet X, Vaquer S, Anguel N, Jozwiak M, Cipriani F, Richard C, et al. Comparison of pulse contour analysis by Pulsioflex and Vigileo to measure and track changes of cardiac output in critically ill patients. *Br J Anaesth.* févr 2015;114(2):235-43.
26. Vasdev S, Chauhan S, Choudhury M, Hote MP, Malik M, Kiran U. Arterial pressure waveform derived cardiac output FloTrac/Vigileo system (third generation software): comparison of two monitoring sites with the thermodilution cardiac output. *J Clin Monit Comput.* avr 2012;26(2):115-20.
27. Tsai Y-F, Su B-C, Lin C-C, Liu F-C, Lee W-C, Yu H-P. Cardiac output derived from arterial pressure waveform analysis: validation of the third-generation software in patients undergoing orthotopic liver transplantation. *Transplant Proc.* mars 2012;44(2):433-7.
28. Biancofiore G, Critchley LAH, Lee A, Yang X, Bindi LM, Esposito M, et al. Evaluation of a new software version of the FloTrac/Vigileo (version 3.02) and a comparison with previous data in cirrhotic patients undergoing liver transplant surgery. *Anesth Analg.* sept 2011;113(3):515-22.

29. Schlöglhofer T, Gilly H, Schima H. Semi-invasive measurement of cardiac output based on pulse contour: a review and analysis. *Can J Anaesth J Can Anesth.* mai 2014;61(5):452-79.
30. Giomarelli P, Biagioli B, Scolletta S. Cardiac output monitoring by pressure recording analytical method in cardiac surgery. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg.* sept 2004;26(3):515-20.
31. Romano SM, Scolletta S, Olivotto I, Biagioli B, Gensini GF, Chiostri M, et al. Systemic arterial waveform analysis and assessment of blood flow during extracorporeal circulation. *Perfusion.* mars 2006;21(2):109-16.
32. Zangrillo A, Maj G, Monaco F, Scandroglio AM, Nuzzi M, Plumari V, et al. Cardiac index validation using the pressure recording analytic method in unstable patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* avr 2010;24(2):265-9.
33. Paarmann H, Groesdonk HV, Sedemund-Adib B, Hanke T, Heinze H, Heringlake M, et al. Lack of agreement between pulmonary arterial thermodilution cardiac output and the pressure recording analytical method in postoperative cardiac surgery patients. *Br J Anaesth.* 1 avr 2011;106(4):475-81.
34. Maj G, Monaco F, Landoni G, Barile L, Nicolotti D, Pieri M, et al. Cardiac index assessment by the pressure recording analytic method in unstable patients with atrial fibrillation. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* juin 2011;25(3):476-80.
35. Monnet X, Anguel N, Naudin B, Jabot J, Richard C, Teboul J-L. Arterial pressure-based cardiac output in septic patients: different accuracy of pulse contour and uncalibrated pressure waveform devices. *Crit Care Lond Engl.* 2010;14(3):R109.
36. Meng L, Tran NP, Alexander BS, Laning K, Chen G, Kain ZN, et al. The impact of phenylephrine, ephedrine, and increased preload on third-generation Vigileo-FloTrac and esophageal doppler cardiac output measurements. *Anesth Analg.* oct 2011;113(4):751-7.
37. Monnet X, Anguel N, Jozwiak M, Richard C, Teboul J-L. Third-generation FloTrac/Vigileo does not reliably track changes in cardiac output induced by norepinephrine in critically ill patients. *Br J Anaesth.* avr 2012;108(4):615-22.
38. Yang XX, Critchley LA, Rowlands DK, Fang Z, Huang L. Systematic error of cardiac output measured by bolus thermodilution with a pulmonary artery catheter compared with that measured by an aortic flow probe in a pig model. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* déc 2013;27(6):1133-9.
39. Suehiro K, Tanaka K, Funao T, Matsuura T, Mori T, Nishikawa K. Systemic vascular resistance has an impact on the reliability of the Vigileo-FloTrac system in measuring cardiac output and tracking cardiac output changes. *Br J Anaesth.* août 2013;111(2):170-7.
40. Haller M, Zöllner C, Briegel J, Forst H. Evaluation of a new continuous thermodilution cardiac output monitor in critically ill patients: a prospective criterion standard study. *Crit Care Med.* mai 1995;23(5):860-6.
41. Thiele RH, Durieux ME. Arterial waveform analysis for the anesthesiologist: past, present, and future concepts. *Anesth Analg.* oct 2011;113(4):766-76.
42. Little WC. The left ventricular dP/dtmax-end-diastolic volume relation in closed-chest dogs. *Circ Res.* juin 1985;56(6):808-15.

43. Ishikawa K, Chemaly ER, Tilemann L, Fish K, Ladage D, Agüero J, et al. Assessing left ventricular systolic dysfunction after myocardial infarction: are ejection fraction and dP/dt(max) complementary or redundant? *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 1 avr 2012;302(7):H1423-1428.
44. Furnival CM, Linden RJ, Snow HM. Inotropic changes in the left ventricle: the effect of changes in heart rate, aortic pressure and end-diastolic pressure. *J Physiol.* déc 1970;211(2):359-87.
45. Mihm FG, Gettinger A, Hanson CW, Gilbert HC, Stover EP, Vender JS, et al. A multicenter evaluation of a new continuous cardiac output pulmonary artery catheter system. *Crit Care Med.* août 1998;26(8):1346-50.

6.2 Références de l'introduction

1. Al-Ghamdi AA. Intraoperative fluid management: Past and future, where is the evidence? *Saudi J Anaesth.* 2018;12(2):311-7.
2. Ganz W, Donoso R, Marcus HS, Forrester JS, Swan HJ. A new technique for measurement of cardiac output by thermodilution in man. *Am J Cardiol.* avr 1971;27(4):392-6.
3. Swan HJ, Ganz W, Forrester J, Marcus H, Diamond G, Chonette D. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Engl J Med.* 27 août 1970;283(9):447-51.
4. Evans DC, Doraiswamy VA, Prosciak MP, Silveira M, Seamon MJ, Rodriguez Funes V, et al. Complications associated with pulmonary artery catheters: a comprehensive clinical review. *Scand J Surg SJS Off Organ Finn Surg Soc Scand Surg Soc.* 2009;98(4):199-208.
5. Cecconi M, Grounds M, Rhodes A. Methodologies for assessing agreement between two methods of clinical measurement: are we as good as we think we are? *Curr Opin Crit Care.* juin 2007;13(3):294-6.
6. Sakka SG, Reinhard K, Wegscheider K, Meier-Hellmann A. Is the placement of a pulmonary artery catheter still justified solely for the measurement of cardiac output? *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 1 avr 2000;14(2):119-24.
7. Hamilton WF, Moore JW, Kinsman JM, Spurling RG. Simultaneous determination of the pulmonary and systemic circulation times in man and of a figure related to the cardiac output. *Am J Physiol-Leg Content.* 1 mars 1928;84(2):338-44.
8. Chatti R, Cholley B. Les nouvelles techniques de monitoring du débit cardiaque: gadgets ou avancées réelles? *Réanimation.* avr 2007;16(2):156-62.
9. Ouattara A, Biais M. Quel monitoring hémodynamique au bloc opératoire? :28.
10. Thiele RH, Durieux ME. Arterial waveform analysis for the anesthesiologist: past, present, and future concepts. *Anesth Analg.* oct 2011;113(4):766-76.
11. Wesseling KH, Jansen JR, Settels JJ, Schreuder JJ. Computation of aortic flow from pressure in humans using a nonlinear, three-element model. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. mai 1993;74(5):2566-73.

12. Pinsky MR. *Advances in Hemodynamic Monitoring, An Issue of Critical Care Clinics*. Elsevier Health Sciences; 2014. 201 p.
13. Berkenstadt H, Margalit N, Hadani M, Friedman Z, Segal E, Villa Y, et al. Stroke volume variation as a predictor of fluid responsiveness in patients undergoing brain surgery. *Anesth Analg*. avr 2001;92(4):984-9.
14. Lamia B, Chemla D. Interprétation de la courbe de pression artérielle au cours des états de choc. *Réanimation*. avr 2006;15(2):96-102.
15. Goedje O, Hoeke K, Lichtwarck-Aschoff M, Faltchauser A, Lamm P, Reichart B. Continuous cardiac output by femoral arterial thermodilution calibrated pulse contour analysis: comparison with pulmonary arterial thermodilution. *Crit Care Med*. nov 1999;27(11):2407-12.
16. Michard F, Boussat S, Chemla D, Anguel N, Mercat A, Lecarpentier Y, et al. Relation between respiratory changes in arterial pulse pressure and fluid responsiveness in septic patients with acute circulatory failure. *Am J Respir Crit Care Med*. juill 2000;162(1):134-8.
17. Little WC. The left ventricular dP/dtmax-end-diastolic volume relation in closed-chest dogs. *Circ Res*. juin 1985;56(6):808-15.
18. Fincke R, Hochman JS, Lowe AM, Menon V, Slater JN, Webb JG, et al. Cardiac power is the strongest hemodynamic correlate of mortality in cardiogenic shock: a report from the SHOCK trial registry. *J Am Coll Cardiol*. 21 juill 2004;44(2):340-8.

7 CONCLUSIONS GENERALES

La mesure du débit cardiaque est essentielle en post opératoire de chirurgie cardiaque pour détecter rapidement un bas débit cardiaque et élaborer une stratégie thérapeutique adaptée. La thermodilution continue (cathéter de Swan Ganz) est la méthode de référence mais elle est invasive.

L'objectif de notre étude était de comparer la mesure du débit cardiaque par le ProAQT/Pulsioflex® (analyse du contour de l'onde de pouls) à celle obtenue par thermodilution continue par cathéter de Swan Ganz en post opératoire de chirurgie cardiaque.

L'analyse a été réalisée à partir de 12734 paires de mesures chez 22 patients. Nous avons mis en évidence que la mesure du débit cardiaque par le ProAQT/Pulsioflex® est associée à un pourcentage d'erreur de 44%, donc non acceptable en pratique clinique. Le ProAQT/Pulsioflex® ne détecte pas les modifications de débit cardiaque détectées par le cathéter de Swan Ganz lors d'une épreuve de remplissage. L'analyse de la contractilité myocardique par le dp/dt max et par la puissance cardiaque indexée augmente en post opératoire de chirurgie cardiaque comme attendu.

En conclusion, le ProAQT/Pulsioflex® ne peut être utilisé pour monitorer le débit cardiaque en post opératoire de chirurgie cardiaque. L'analyse du dp/dt max et de la puissance cardiaque indexée sont des paramètres intéressants qui méritent d'être explorés par d'autres études complémentaires.

THÈSE SOUTENUE PAR : Cécile ESTEVE

TITRE :

MONITORAGE DU DEBIT CARDIAQUE PAR UNE METHODE D'ANALYSE DU CONTOUR DE L'ONDE DE
POULS (PROAQT/PULSIOFLEX®) EN POST OPERATOIRE DE CHIRURGIE CARDIAQUE

CONCLUSION :

La mesure du débit cardiaque est essentielle en post opératoire de chirurgie cardiaque pour détecter rapidement un bas débit cardiaque et élaborer une stratégie thérapeutique adaptée. La thermodilution continue (cathéter de Swan Ganz) est la méthode de référence mais elle est invasive.

L'objectif de notre étude était de comparer la mesure du débit cardiaque par le ProAQT/Pulsioflex® (analyse du contour de l'onde de pouls) à celle obtenue par thermodilution continue par cathéter de Swan Ganz en post opératoire de chirurgie cardiaque.

L'analyse a été réalisée à partir de 12734 paires de mesures chez 22 patients. Nous avons mis en évidence que la mesure du débit cardiaque par le ProAQT/Pulsioflex® est associée à un pourcentage d'erreur de 41%, donc non acceptable en pratique clinique. Le ProAQT/Pulsioflex® ne détecte pas les modifications de débit cardiaque détectées par le cathéter de Swan Ganz lors d'une épreuve de remplissage. L'analyse de la contractilité myocardique par le dp/dt max et par l'index de puissance cardiaque augmente en post opératoire de chirurgie cardiaque comme attendu.

En conclusion, le ProAQT/Pulsioflex® ne peut être utilisé pour monitorer le débit cardiaque en post opératoire de chirurgie cardiaque. L'analyse du dp/dt max et de l'index de puissance cardiaque sont des paramètres intéressants qui méritent d'être explorés par d'autres études complémentaires.

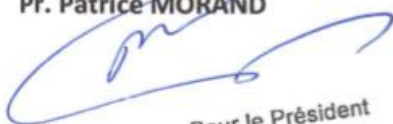
VU ET PERMIS D'IMPRIMER

Grenoble, le : 6/11/18 .

**LE DOYEN
DE L'UFR DE MÉDECINE**

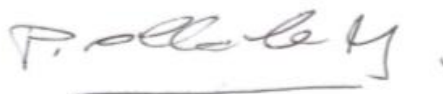
**LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE
JURY DE MÉDECINE**

Pr. Patrice MORAND

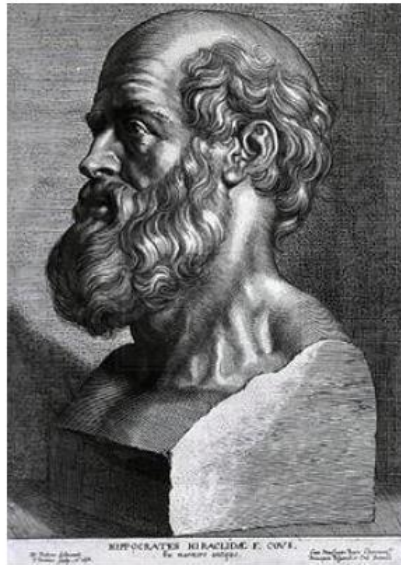


Pour le Président
et par délégation
—
Le Doyen de Médecine
Pr. Patrice MORAND

Pr. Pierre ALBALADEJO



8 SERMENT D'HIPPOCRATE



SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'HIPPOCRATE,

Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuitement à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au dessus de mon travail. Je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admis dans l'intimité des maisons, mes yeux n'y 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.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

Respectueux et reconnaissant 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 couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.