



HAL
open science

**Association entre la dysfonction ventriculaire droite
préopératoire et l'incidence d'événements
cardiovasculaires majeurs après une chirurgie thoracique
de résection pulmonaire**

Arno Djimbi

► **To cite this version:**

Arno Djimbi. Association entre la dysfonction ventriculaire droite préopératoire et l'incidence d'événements cardiovasculaires majeurs après une chirurgie thoracique de résection pulmonaire. Médecine humaine et pathologie. 2024. dumas-04595867

HAL Id: dumas-04595867

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04595867>

Submitted on 5 Jun 2024

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

UNIVERSITÉ DE PICARDIE JULES VERNE
FACULTÉ DE MÉDECINE D'AMIENS



THÈSE N° 2024-33

POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE (DIPLOME D'ÉTAT)

SPÉCIALITÉ ANESTHÉSIE-RÉANIMATION

**ASSOCIATION ENTRE LA DYSFONCTION VENTRICULAIRE DROITE
PRÉOPÉRATOIRE ET L'INCIDENCE D'ÉVÉNEMENTS CARDIOVASCULAIRES
MAJEURS APRÈS UNE CHIRURGIE THORACIQUE DE RÉSECTION
PULMONAIRE.**

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT
LE JEUDI 25 AVRIL 2024
PAR

ARNO DJIMBI

Né le 28/04/1998 à Montpellier

PRESIDENT DU JURY : Monsieur le Professeur Hervé DUPONT

MEMBRES DU JURY : Monsieur le Professeur Osama ABOU ARAB

Monsieur le Professeur Laurent LEBORGNE

DIRECTEUR DE THESE : Monsieur le Docteur Christophe BEYLS

A mon Maître et Président de Jury,

Monsieur le Professeur Hervé DUPONT

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier (Anesthésie-Réanimation)

Chef de Service d'Anesthésie

Chef de service de Réanimation Polyvalente

Chef du pôle Anesthésie-Réanimations

Assesseur du Troisième Cycle des Études Médicales UFR de Médecine

Chevalier de l'Ordre des Palmes Académiques

Vous me faites l'honneur de présider mon jury de thèse.

Veillez recevoir mes plus profonds remerciements pour vos enseignements, c'est avec sincérité que je vous exprime ma gratitude et tout mon respect.

A mon Maître et Juge,

Monsieur le Professeur Osama ABOU ARAB

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier (Anesthésie-Réanimation)

Merci pour ton apprentissage et ta générosité. Tu me fais l'honneur d'être présent pour juger mon travail en ce jour important pour moi. J'espère encore profiter de tes enseignements lorsque j'effectuerais mon stage en anesthésie CTV.

A mon Maître et Juge,

Monsieur le Professeur Laurent LEBORGNE

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier (Cardiologie)

Responsable du service Unité de Soins Intensifs de Cardiologie et Unité de Douleur Thoracique

Pôle « Cœur-Thorax-Vaisseaux »

Vous me faites l'honneur de juger mon travail aujourd'hui, veuillez y trouver une marque de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A mon Maître et Directeur de thèse,

Monsieur le Docteur Christophe BEYLS

Praticien Hospitalier (Cardiologie)

Réanimation médico-chirurgicale cardio thoracique vasculaire et respiratoire

Merci de m'avoir fait confiance pour ce travail de thèse alors que je n'étais que premier semestre. Merci pour tes enseignements, tes conseils et ta bienveillance. Merci pour le temps que tu as passé sur ce travail. Sois assuré de mon profond respect et de ma reconnaissance.

REMERCIEMENTS

À ma famille,

À ma **mère**, c'est grâce à toi si j'en suis ici actuellement, merci pour ta présence et ton soutien dans les bons comme dans les mauvais moments. Et même si je ne le dis pas souvent, je t'aime très fort.

À mon **père**, merci pour tout, tu essaies toujours de nous rendre la vie plus simple à Axelle et moi. Merci pour les kilomètres que tu as parcourus pour m'accompagner partout.

À ma sœur **Axelle**, merci pour toutes ces rigolades, on se rapproche de plus en plus en vieillissant et j'espère faire encore plein de voyages à tes côtés.

Merci **papy et mamie**, pour votre immense générosité, pour tous ces souvenirs d'enfance, vous êtes un modèle pour moi et j'espère vous rendre fiers.

Merci **Léo**, tu grandis vite et on ne se voit plus autant que je le voudrais, j'espère qu'on partagera plus de choses à l'avenir.

Merci **parrain**, pour ta gentillesse, pour tous ces vacances en Ardèche et ailleurs.

Merci **tata**, pour ta présence et pour toutes ces belles attentions depuis des années.

Mille mercis à tous pour votre patience, durant l'ensemble de ces interminables études.

À ma chérie **Malo**, merci d'être à mes côtés, pour tes conseils et ton soutien, pour tous ces bons moments passés et d'autres encore meilleurs à venir, je t'aime

À la famille **Néel, Pablo et Vic**, vous êtes mes frères et sœurs à jamais, merci **Éric et Steph** de m'avoir accueilli parmi comme l'un des votre. Gros big up à **Pierrot**

A mes amis,

À mes poto, 15 ans déjà pour certains, **Quentin, Gauthier, Etienne, Julien, Jules, Axel, Momo, Martin, Gogo, Cavenel, Lulu, Gab.** Et à toutes les belles personnes que vous amenez en chemin, **Margaux, Apo, Marion, Laurie, Coline, Julie.**

A mes amis du lycée, le **trio Ab, Aude, Justine,** à **Narjis, Marie J.**

À mes rencontres de années fac, **Arthur** en premier lieu et à la personne qui te supporte **Madeleine, Martin, Marie A, Gach, Capu, Clémence, Hux.**

À **Julia A,** on l'a fait ! Tu m'as embrigadé dans ce travail et je te remercie pour ça, pour ta bonne humeur constante et ton travail.

À ma promo AR 2021, l'élite, **Angio, Idris, Alex, David, Clément, Justine, Sana, Nihel, Jerem.**

À la team Beauvais, **Max, Quintana, CE, Flore, Éléonore, Benjamin,** pour tous ces rires et le temps perdu à attendre Julia qui discute pour partir.

À la team CTV, **Francine, Julien, Camille, Ridwane et Chloé,** vous avez rendu ce stage génial.

Merci à mes **co-internes, chefs, et toutes les équipes** qui ont permis mon arrivée ici,

Avec un merci tout particulier à **Bayart** (ça m'arrache), **Stefan, Pistache, Julia P, Arnaud, Thibaut, Rémy, Mestan, Antoine, Adrien C, Mathilde, Backy, Paul, Tristan, Thomas L, Viart, Robin, Biot, Célestin, Lucas, Rulence, Orane, Richard, Jordane, Mario.**

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	13
SOMMAIRE.....	15
LISTES DES ABREVIATIONS.....	17
I. INTRODUCTION.....	19
1. La chirurgie thoracique.....	19
a. Épidémiologie et chirurgie.....	19
b. Bilan préopératoire.....	20
c. Complications.....	24
2. Le ventricule droit.....	27
a. Anatomie.....	27
b. Physiopathologie de la dysfonction ventriculaire droite.....	30
c. Évaluation de la fonction ventriculaire droite.....	32
II. OBJECTIF DE TRAVAIL.....	43
III. MATERIELS ET METHODES.....	45
1. Population de l'étude.....	45
2. Éthique.....	46
3. Critère de jugement principal.....	46
4. Recueil de données.....	47
a. Les données démographiques.....	47
b. Les données chirurgicales.....	47
c. Les données sur le suivi.....	47
d. Les données échocardiographiques :.....	48
5. Analyse statistique.....	50
IV. RESULTATS.....	51
1. Diagramme de flux.....	51
2. Caractéristiques démographiques des deux groupes.....	52
3. Caractéristiques chirurgicales des deux groupes.....	54
4. Caractéristiques échographiques des deux groupes.....	55
5. Caractéristiques de suivi des deux groupes.....	56
6. Le RV-LSF facteur prédictif de MACE à J30.....	57
7. Analyse univariée.....	58
8. Analyse multivariée.....	59
9. Analyse du risque cumulé.....	60
10. Facteurs associés à une dysfonction ventriculaire droite évaluée par RV-LSF<20%.....	61
V. DISCUSSION.....	63
VI. CONCLUSION.....	69
TABLE DES FIGURES.....	71
TABLE DES TABLEAUX.....	73
ANNEXES.....	75
BIBLIOGRAPHIE.....	77

LISTES DES ABREVIATIONS

2D-STE : Analyse bidimensionnelle du speckle tracking échographique.
AAG : Anti-agrégant plaquettaire.
AIT : Accident ischémique transitoire.
AOD : Anticoagulants oraux.
AOMI : Artériopathie oblitérante des membres inférieurs.
ARA2 : Antagoniste du récepteur de l'angiotensine 2.
AUC : Aire sous la courbe.
AVC : Accident vasculaire cérébral.
BB : Béta bloquants.
BPCO : Bronchopneumopathie chronique obstructive.
CHU : Centre Hospitalier Universitaire.
CNIL : Commission nationale de l'informatique et des libertés.
DLCO : Capacité de diffusion du monoxyde de carbone.
ECG : Électrocardiogramme.
EFR : Explorations fonctionnelles respiratoires.
ETT : Échographie transthoracique.
FA : Fibrillation atriale.
FE : Fraction d'éjection.
FEVD : Fraction d'éjection du ventricule droit.
IC : Intervalle de confiance.
IDM : Infarctus du myocarde.
IEC : Inhibiteurs de l'enzyme de conversion.
IMC : Indice de masse corporelle.
IRM : Imagerie par résonance magnétique.
MACE : Évènements cardiovasculaire majeur.
MINS : Lésions myocardique après chirurgie non cardiaque.
RAAC : Réhabilitation améliorée après chirurgie.
ROI : Région d'intérêt.
RV-FAC : Fraction de raccourcissement de la surface du ventricule droit.
RV-FWLS : Strain longitudinal de la paroi libre du ventricule droit.
RV-GLS : Strain global du ventricule droit.
RV-LSF : Fraction longitudinale de raccourcissement du ventricule droit.
RV-S' : Pic de vélocité de l'onde S'.
SAOS : Syndrome d'apnées obstructives du sommeil.
SDRA : Syndrome de détresse respiratoire aiguë.
TAD : Déplacement de l'anneau tricuspide.
TAPSE : Excursion systolique de l'anneau tricuspide.
TDI : Doppler-tissulaire.
TM : Temps-mouvement.
VATS : Chirurgie thoracoscopique vidéo-assistée.
VD : Ventricule droit.
VG : Ventricule gauche.
VIF : Repli ventriculo-infundibulaire.

I. INTRODUCTION

1. La chirurgie thoracique

a. Épidémiologie et chirurgie

La chirurgie thoracique est **l'une des pierres angulaires** de la prise en charge du cancer du poumon, ainsi les interventions programmées sont majoritairement des chirurgies carcinologiques. En France, le cancer du poumon représente 45000 nouveaux cas par an pour une mortalité de 33000 par an et est toujours selon l'Institut National du Cancer la première cause de mortalité par cancer (1). Il s'agit dans 85% des cas d'un cancer bronchique non à petites cellules (regroupant le plus souvent les adénocarcinomes et carcinomes épidermoïdes)(2). Seules les formes localisées ou localement avancées, correspondant aux stades I à IIIa de la classification de *Goldstraw et al*, seront éligibles à une chirurgie d'exérèse (3). Dans tous les cas, il est nécessaire que la résection soit complète sur le plan carcinologique et donc le plus souvent avec curage ganglionnaire associé. Les taux de survie à 5 ans varient entre 73 et 90 % dans les stades I et 41 % dans les stades IIIA. (4)

Au total, cela représente un volume de **8000 résections par an en France**, implémentées depuis Janvier 2016 au sein du registre EPITHOR (5). La majeure partie d'entre elles correspondent à des **lobectomies (72%)**, puis viennent les segmentectomies (10%) et les résections atypiques ou wedges (6%). Les pneumonectomies sont maintenant rares (6%)(1,6).

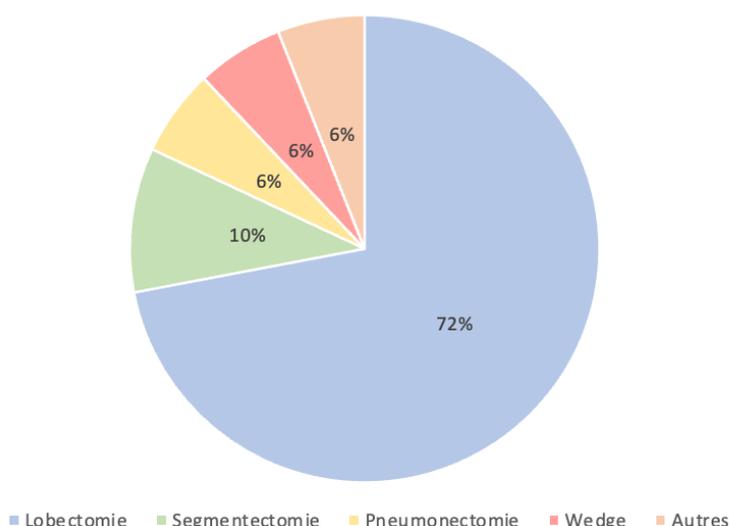


Figure 1 : Volume des interventions pratiquées.

Le processus **le moins invasif possible** est utilisé, comme la **chirurgie thoroscopique vidéo-assistée (VATS) dans 60%**. La proportion de VATS atteint même 80% dans les centres les plus expérimentés. Il a été prouvé qu'elle entraînait moins de complications post-opératoire et une meilleure survie à long terme que la thoracotomie tout en garantissant une sécurité sur le plan oncologique (7). Les chirurgies mini-invasives robot-assistées tendent à devenir de plus en plus présentes (7% actuellement) (1,7).

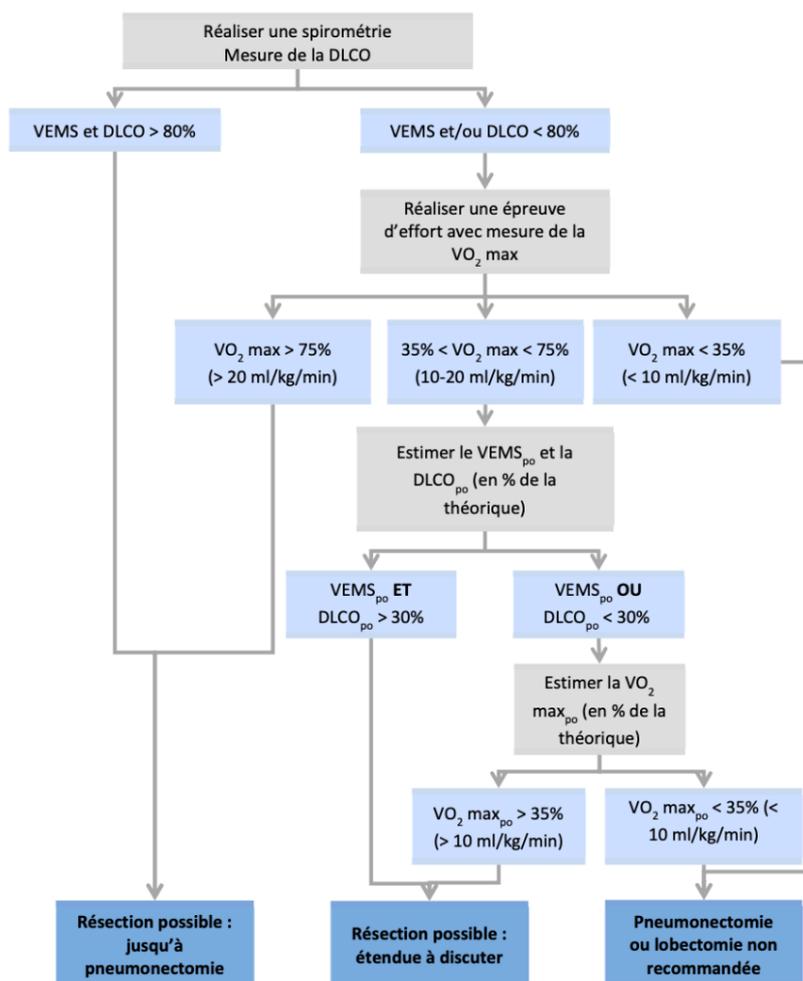
b. Bilan préopératoire

Les patients bénéficiant de chirurgie de résection pulmonaire sont souvent **comorbides**, aussi bien sur le plan cardiovasculaire que le plan respiratoire. Cette relation est expliquée notamment par les nombreux facteurs de risques partagés, tel que le tabac en premier lieu (8).

Le bilan préopératoire repose évidemment sur un **examen clinique** approfondit en premier lieu mais également sur une évaluation respiratoire et cardiaque attentive.

Évaluation respiratoire :

Concernant l'évaluation respiratoire avant une chirurgie thoracique programmée de résection pulmonaire, les recommandations de la Société Respiratoire Européenne (ERS) et de la Société Européenne de Chirurgie Thoracique (ESTS) de 2009, bien que vieillissantes, font vigueur (9). L'algorithme recommande la réalisation d'une **exploration fonctionnelle respiratoire (EFR)** par spirométrie avec mesure **du volume expiratoire maximal seconde (VEMS)** et la mesure de la **capacité de diffusion du monoxyde de carbone (DLCO)** (Figure 2). En cas de résultats insatisfaisants, la réalisation d'une **épreuve d'effort avec mesure de la consommation maximale d'oxygène (VO²max)** ainsi que l'estimation des **VEMS et DLCO post-opératoires prédits (VEMSp_{ppo} et DLCO_{ppo})** est recommandée. Ces examens ont pour but premier de faire le point sur l'état pulmonaire préopératoire du patient, avec diagnostic et stadification d'éventuels troubles ventilatoires obstructifs (comme la bronchopneumopathie chronique obstructive BPCO) et restrictifs, mais aussi dans un second temps d'évaluer **l'éligibilité et la tolérance** du patient à une résection pulmonaire étendue.



Légende : DLCO : capacité de diffusion du monoxyde de carbone ; VEMS : volume expiratoire maximal seconde ; VO²max : consommation maximale d'oxygène ; PO : post-opératoire.

Figure 2 : Algorithme d'évaluation de la fonction respiratoire avant une chirurgie thoracique programmée selon ERS/ESTS 2009 (9).

Évaluation cardiaque :

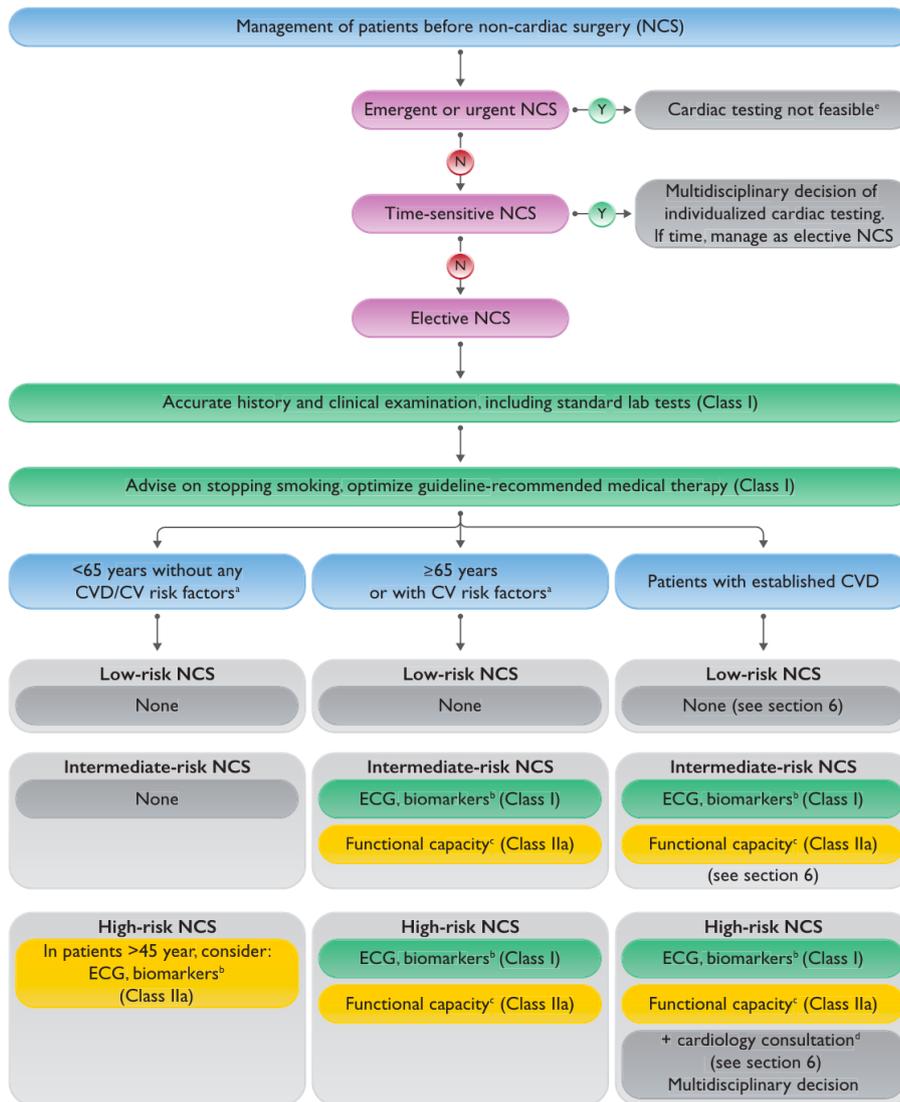
Concernant l'évaluation cardiaque en chirurgie non cardiaque programmée, la Société Française d'Anesthésie-Réanimation (SFAR) recommande une attitude pragmatique basée sur les recommandations françaises de 2011 et les recommandations de la Société Européenne de Cardiologie (ESC) de 2022 (10,11). Elle réside dans une analyse du **risque de la chirurgie**, ici intermédiaire pour les lobectomies et élevé pour les pneumonectomies, le calcul d'un **score de Lee modifié** (revalidé en 2015 sur une large cohorte et possédant une très haute valeur prédictive négative) et **l'appréciation de la réserve fonctionnelle du patient** (12) (Annexe 1 et 2).

Facteurs cliniques	Points	Score de Lee (total des points)	Incidence des complications cardiovasculaire majeures
Antécédent de maladie coronarienne	1	0	0.4%
Antécédent d'insuffisance cardiaque	1	1	6.0%
AVC ou AIT	1	2	10.1 %
Diabète	1	≥ 3	15.0%
Insuffisance rénale (DFG<60mL/min/1,73 ²)	1		

Légende : AVC : accident vasculaire cérébral ; AIT : accident ischémique transitoire ; DFG : débit de filtration glomérulaire.

Tableau 1 : Score de Lee modifié.

Les recommandations de l'ESC 2022 dichotomisent le recours aux examens complémentaires comme **l'électrocardiogramme (ECG)**, le dosage des **biomarqueurs** troponines ultrasensibles et peptide cérébral natriurétique (BNP), **la consultation cardiologique** spécialisée en fonction de l'âge, du risque de la chirurgie et des facteurs de risques cardiovasculaires du patient. L'évaluation du risque cardiaque via **l'échocardiographie transthoracique (ETT)** reste individualisée et restrictive (11).



Légende : NCS : chirurgie non cardiaque ; CVD : maladie cardiovasculaire ; CV : cardiovasculaire ; ECG : électrocardiogramme ; Y : oui ; N : non / **biomarkers** = troponine ultrasensible et BNP ; **functionnal capacity** = évaluation de la capacité fonctionnelle basée sur la capacité à gravir deux étages d'escaliers.

Figure 3 : Algorithme d'évaluation du risque cardiaque en chirurgie non cardiaque proposé par l'ESC (11).

c. Complications

La chirurgie thoracique de résection pulmonaire n'en reste pas moins une chirurgie risquée.

La mortalité en post-opératoire précoce est variable estimée entre **2 et 3%** selon les cohortes (13,14). Elle est plus importante quand le volume réséqué est plus large (pneumonectomies > lobectomies). Les causes semblent avoir évolué tendant plus vers l'origine cardiaque alors qu'auparavant elles étaient plus de causes pulmonaires.

Le taux de complications est non négligeable, allant de **19% à 30%** selon les séries (14,15). Elles sont de nature très variées, allant de la simple confusion à la détresse respiratoire aiguë avec parfois des nécessités de reprise au bloc opératoire en urgence ou d'hospitalisation en soins intensifs voire en réanimation.

On retrouve parmi les deux types de complications les plus fréquentes, les complications **cardiovasculaires et respiratoires**. L'ensemble des complications est responsable d'une **augmentation de la durée d'hospitalisation** et nécessite une prise en charge onéreuse avec un **surcout important** (16).

Les complications respiratoires :

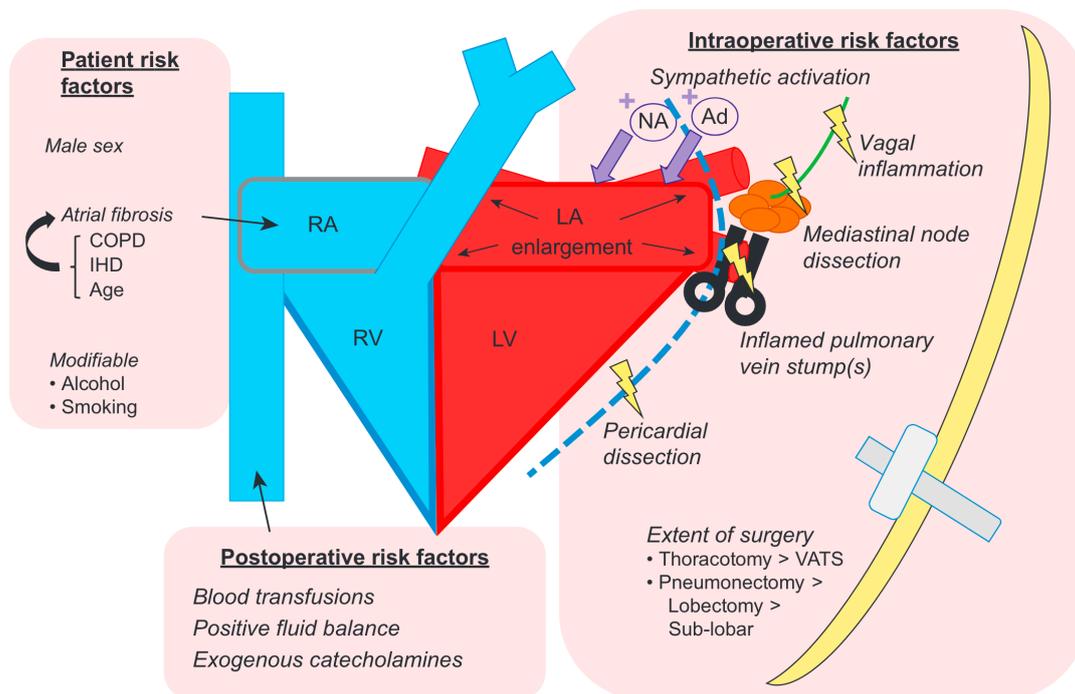
Ces dernières surviennent dans **7 à 20%** des chirurgies (17,18). Parmi les plus fréquentes, on retrouve les atélectasies, les pneumopathies, les fuites prolongées, les pneumothorax et les insuffisances respiratoires aiguës (14).

Les évènements cardiovasculaires majeurs (MACE) :

Les complications cardiaques sont relevées dans **près de 30%** des chirurgies thoraciques (19). On retrouve en tête de file et loin devant les **arythmies** cardiaques, le plus souvent supra-ventriculaire à type de **fibrillation atriale (FA)**. Son incidence varie en fonction de la procédure chirurgicale allant de **10 à 40%**, plus rare dans les segmentectomies et plus fréquente dans les pneumonectomies (15,16,19). La FA se déclare le plus souvent dans les 48 premières heures mais on remarque une disparité entre les FA paroxystique (caractérisée par un épisode < 7jours avec retour en rythme sinusal spontané ou secondaire à une intervention

médicale) et les FA persistantes (d'une durée > 7jours). En effet, les FA persistantes semblent survenir plus tardivement (3 à 8 jours post opératoire) que les FA paroxystiques (0 à 4 jours post opératoire). Cela entraîne un risque non négligeable de non diagnostique avec les protocoles de réhabilitation améliorée après chirurgie (RAAC) et les patients sortant de l'hôpital précocement lors des premiers jours post-opératoire. Ce d'autant plus que les FA persistantes sont associées à un pronostic péjoratif en termes de morbidité et mortalité (20).

La fibrillation atriale a un mécanisme complexe et partiellement élucidé. Elle partage probablement des causes communes avec le post-chirurgie cardiaque, situation dans laquelle elle est mieux comprise. Elle réside probablement dans une **prédisposition** avec des facteurs de risque connus, notamment de fibrose atriale tel que la BPCO et les atteintes ischémiques, avec des **triggers per opératoires** où joue un rôle inflammatoire dû au stress chirurgical de la zone médiastinale ou encore une stimulation sympathique avec relargage de catécholamines endogènes et d'administration exogène et enfin des **événements favorisant en post opératoires** comme le remplissage vasculaire qui va venir dilater les oreillettes (21).



Légende : RA : oreillette droite ; RV : ventricule droit ; LA : oreillette gauche ; LV : ventricule gauche ; COPD : bronchopneumopathie chronique obstructive ; IHD : cardiopathie ischémique ; NA : noradrénaline ; Ad : adrénaline ; VATS : chirurgie thoracoscopique vidéo-assistée.

Figure 4 : Facteurs de risques et mécanismes de la fibrillation atriale post-opératoire d'après *Shelley et al (22)*.

Les **infarctus du myocarde** sont beaucoup plus rares, estimés entre **0,2 et 1,1%** dans une large cohorte de 200 000 patients (23). Les lésions myocardiques après chirurgies non cardiaques (MINS) définies par une élévation des troponines en post opératoire sont quant à elles beaucoup plus fréquentes (19,8%) suggérant un grand nombre d'évènements ischémiques cardiaques méconnus (24).

L'incidence de la survenue **d'hypertension artérielle pulmonaire** en post-opératoire de chirurgie thoracique de résection pulmonaire est mal décrite, une étude de *Potaris et al* rapporte une incidence d'environ 40% après pneumonectomie (25). Néanmoins plusieurs études s'accordent sur le fait que l'on retrouve une augmentation de la pression artérielle pulmonaire en post-opératoire précoce et tardif de résection pulmonaire avec une franche élévation des chiffres notamment à l'effort (26,27). L'association entre hypertension artérielle pulmonaire et dysfonction ventriculaire droite par augmentation de la post-charge est bien établie, si bien qu'elle en est la première cause de mortalité (28).

On comprend donc bien l'impact sur le ventricule droit et l'apparition décrite de **dysfonction ventriculaire droite** en post opératoire, bien que son incidence soit mal connue (22). Les mécanismes sont diverses, entre autres par augmentation de la post-charge via l'augmentation de la pression artérielle pulmonaire, par stress chirurgical ou encore par relation bidirectionnelle entre FA et dysfonction droite comme relaté par *Vijan et al* tantôt cause tantôt conséquence (29).

Au vu de ces éléments, l'évaluation de la fonction systolique du ventricule droit en préopératoire pourrait apporter des données sur la tolérance ou le pronostic de certaines complications post-opératoires.

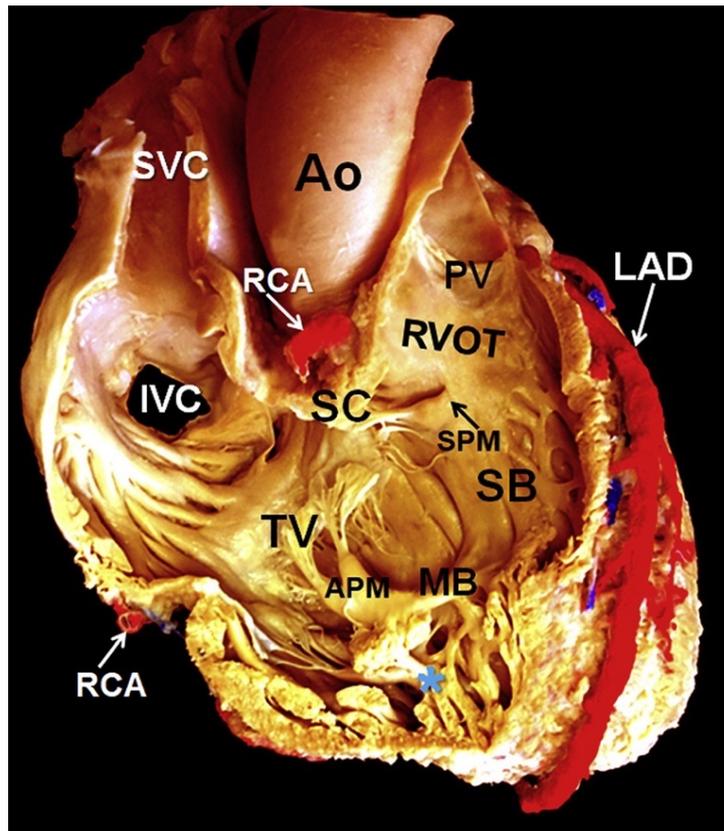
2. Le ventricule droit

a. Anatomie

Le cœur est un muscle strié situé dans le **médiastin antérieur**, entre les poumons et juste au-dessus du diaphragme.

Le ventricule droit (VD) est la cavité cardiaque **la plus antérieurement située**, juste derrière la cage thoracique, entre l'oreillette droite en amont de la valve tricuspide qui est formée de 3 feuillets reposant sur un anneau fibreux et l'artère pulmonaire en aval de la valve pulmonaire également composée de 3 valves sigmoïdes. Il est séparé du ventricule gauche par le septum interventriculaire. Il possède une forme triangulaire sur une coupe coronale ou de croissant sur une coupe transversale.

Le ventricule droit est composé de 3 chambres : une **chambre d'admission ou sinus** comprenant la valve tricuspide, le cordage tendineux et les muscles papillaires, **une chambre trabéculaire** située à l'apex du VD qui comprend le bord libre du VD et une **chambre infundibulaire ou chambre de chasse** avec la valve pulmonaire. (30) En son sein on remarque la présence de **trois bandelettes musculaires** : la bandelette pariétale, la bandelette septo-marginale qui en s'étendant vers l'apex va donner la bandelette modératrice. On retrouve également le repli ventriculo-infundibulaire (VIF), repli musculaire qui sépare la valve pulmonaire de la valve tricuspide (31).



Légende : Ao : aorte ; APM : muscle papillaire antérieur ; IVC : veine cave inférieure ; LAD : artère interventriculaire antérieure ; MB : bandelette modératrice ; PA : artère pulmonaire ; PV : valve pulmonaire ; RCA : artère coronaire droite ; RV : ventricule droit ; RVOT : chambre de chasse du ventricule droit ; SB : bandelette septomarginale ou septale ; SC : crête supraventriculaire ; SPM : muscle papillaire septale ; SVC : veine cave supérieure ; TV = valve tricuspide.

Figure 5 : Coupe de dissection du ventricule droit après avoir retiré la partie antérosupérieure du ventricule droit.

Durant l'embryogenèse et la période anténatale, l'épaisseur et la force du ventricule droit et gauche sont semblables car les résistances vasculaires pulmonaires sont hautes, égales même aux résistances systémiques. Après la naissance, le canal artériel se ferme, l'artère pulmonaire se dilate et les résistances vasculaires pulmonaires diminuent entraînant une diminution de l'hypertrophie ventriculaire droite et une amélioration de sa compliance.

Ce qui explique que le ventricule droit soit un système qui peut **accueillir un grand volume de sang veineux systémique tout en préservant une basse pression** et aussi que la masse musculaire totale du VD représente **1/6ème** de celle du VG avec des épaisseurs de parois de 2 à 5mm pour le VD contre 7 à 11mm pour le VG (30,32).

Le ventricule droit est composé de deux couches de fibres musculaires : une **superficielle** sous épocardique d'allure circonférentielle en continuité avec celles du VG et une autre, **profonde** sous endocardique longitudinale, de la base vers l'apex. La continuité des fibres musculaires superficielles entre VG et VD entraîne une traction du bord libre du VD durant la contraction du VG.

La contraction s'effectue de manière **séquencée**, premièrement au niveau du sinus, puis longitudinalement via le bord libre du VD et ses fibres longitudinales, puis de façon transversale du septum vers le bord libre grâce aux fibres superficielles avec la participation également des fibres rattachées au VG, et finalement au niveau de la chambre de chasse qui se contracte de façon séparée. Ce processus s'explique par le fait que la chambre de chasse est en réalité un reliquat embryonnaire du bulbus cordis ou bulbe cardiaque qui est séparé du reste du ventricule durant l'embryogénèse (33). Cette contraction permet au volume de sang non oxygéné du retour veineux systémique d'être éjecté vers l'artère pulmonaire pour y être oxygéné.

Enfin la vascularisation du ventricule droit dépend de la dominance du réseau coronaire. Dans une dominance droite (représentant 80% de la population générale), **l'artère coronaire droite vascularise la majeure partie du ventricule droit** excepté la paroi antérieure et antéro-septale dépendante de l'artère interventriculaire antérieure. En l'absence d'hypertrophie ventriculaire droite, le sang circule **aussi bien en diastole qu'en systole** au sein de l'artère coronaire droite. Cette circulation est facilitée par les basses pressions qui règnent dans les cavités droites. Au sein des branches plus distales comme les branches marginales, le flux ne circule qu'en diastole (30).

b. Physiopathologie de la dysfonction ventriculaire droite

Les chirurgies de résection pulmonaire se déroulent sous anesthésie générale dans l'énorme majorité des cas, en **ventilation uni-pulmonaire** où l'on exclut le poumon opéré de la ventilation pour faciliter la chirurgie grâce à différents dispositifs choisis selon l'anatomie et la chirurgie que va subir le patient (sonde de Carlens, White, Robersshaw, bloqueurs...).

Durant la chirurgie et la période de ventilation uni-pulmonaire on observe que la majorité du volume d'éjection du ventricule droit est redirigée vers le poumon ventilé dû au clampage de l'artère pulmonaire, à la vasoconstriction pulmonaire hypoxique, l'atélectasie du poumon opéré, les manipulations chirurgicales ainsi que l'effet de la position opératoire et de la gravité, qui vont **augmenter les résistances vasculaires pulmonaires et la pression artérielle pulmonaire** (34,35).

En réponse à cette augmentation de post-charge, le ventricule droit (VD) va devoir s'adapter pour maintenir un volume d'éjection suffisant afin de maintenir le débit cardiaque. Il va d'abord se dilater, augmentant sa contractilité en distendant les ponts actines-myosines selon le mécanisme de **Frank-Starling**.

Rapidement en réponse à l'augmentation brutale de post-charge, un second procédé d'autorégulation isométrique nommé **effet Anrep**. Il va permettre le maintien d'un inotropisme suffisant, en relarguant un surplus de calcium provenant du réticulum sarcoplasmique grâce à des médiateurs tels que l'angiotensine 2 ou l'endothéline 1 en réponse à une augmentation brutale de la post-charge (36).

L'ensemble va **augmenter le travail** du ventricule droit.

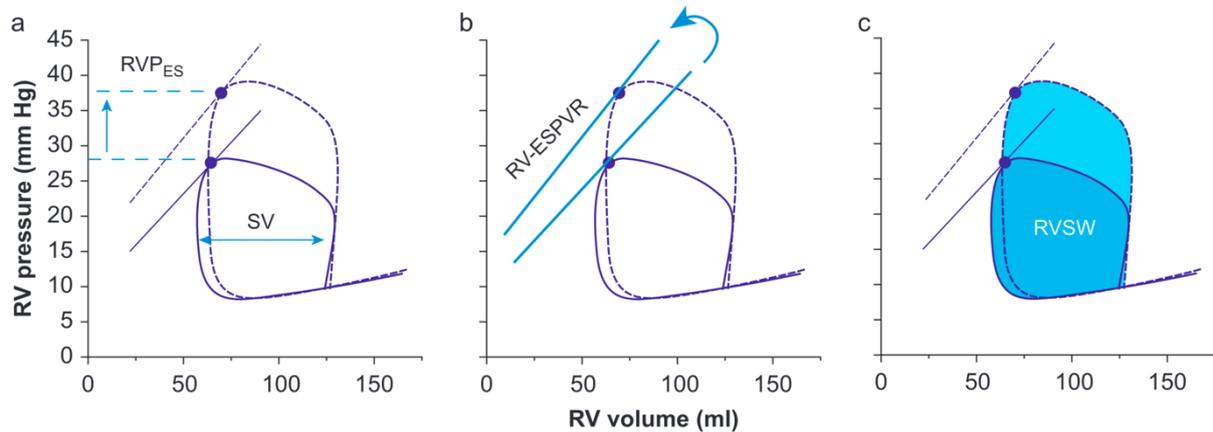


Figure 6 : Courbe pression-volume illustrant l'hémodynamique durant la chirurgie thoracique en ventilation uni-pulmonaire.

En trait plein, la courbe préopératoire et en ligne pointillée, la courbe durant la chirurgie.

(a) *On remarque durant la période de ventilation uni-pulmonaire après ligature de l'artère lobaire pulmonaire une augmentation de la pression du ventricule droit en fin de systole (RVPES) sans modification du volume d'éjection systolique VD (SV).*

(b) *En réponse à l'augmentation brutale de post-charge, le volume d'éjection du ventricule droit est maintenu par régulation isométrique (effet Anrep) qui se traduit par une augmentation du gradient pression télésystolique / volume du ventricule droit (RV-ESPVR).*

(c) *Le maintien du volume d'éjection s'effectue au prix d'une augmentation du travail myocardique (RVSW) illustrée par l'augmentation de l'aire interne de la courbe.*

On comprend alors qu'un cœur à la fonction déjà altérée en préopératoire, ou une réserve fonctionnelle amoindrie, développera une dysfonction ventriculaire droite suite à l'augmentation brutale de post-charge per-opératoire.

En post opératoire, on remarque la survenue d'une **dysfonction ventriculaire droite** avec réduction de la fraction d'éjection ventriculaire droite qui persiste jusqu'à 2 mois en post opératoire comme le montre l'étude de *McCall et al*, lors de la réalisation répétée d'imagerie par résonance magnétique (IRM) myocardique (37).

c. Évaluation de la fonction ventriculaire droite

Actuellement **la technique de référence pour évaluer la fonction ventriculaire droite est l'IRM myocardique** (38). Elle permet une bonne analyse tridimensionnelle et ce malgré les particularités anatomiques du VD. C'est également la technique qui possède la meilleure reproductibilité. Cependant son accès reste limité de par sa disponibilité, son coût est élevé, et elle possède de nombreuses contre indications néanmoins relatives (tachycardie, claustrophobie, dispositifs intra cardiaques, corps métalliques, etc....).

L'échographie cardiaque est alors l'examen de première intention. Elle permet une analyse morphologique et fonctionnelle du ventricule droit rapidement au lit du malade, grâce à un système d'émission-réception d'ondes sonores pulsées. Elle est facile d'accès, rapide, peu coûteuse et non délétère pour le patient. Elle reste cependant complexe de par l'anatomie particulière du VD et sa position très antérieure dans le thorax (39).

Il est en ce sens, nécessaire de centrer le VD pour ne pas tronquer l'image et ouvrir l'ensemble de la cavité.

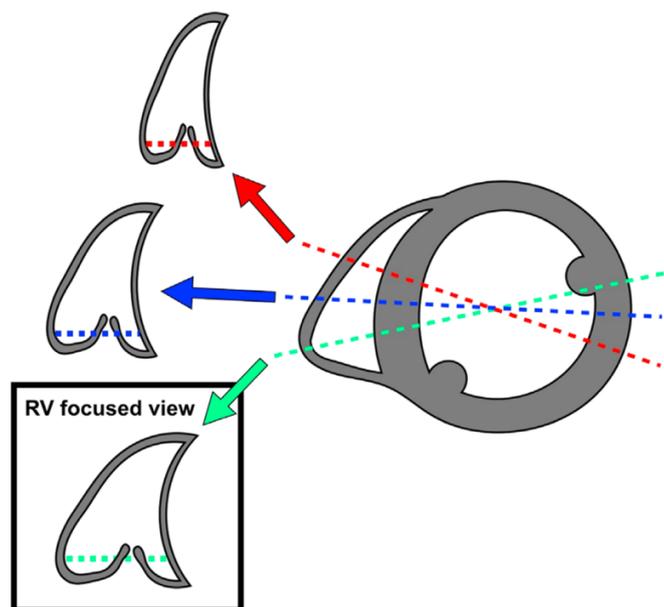


Figure 7 : Nécessité de l'obtention d'une coupe centrée sur le ventricule droit.

On dispose aujourd'hui de plusieurs paramètres échographiques pour évaluer la fonction ventriculaire droite. On sépare les marqueurs conventionnels, communément admis et disponibles dans la grande majorité des comptes-rendus d'échocardiographie et dont les modes échographiques de réalisation sont présents sur l'ensemble des échographes (doppler tissulaire, mode temps-mouvement, mode 2D), et les marqueurs dit avancés, plus récents et qui nécessitent le traitement des images sur logiciels adaptés comme **l'analyse bidimensionnelle du speckle tracking échographique (2D-STE)**. Parmi les marqueurs conventionnels, on retrouve **l'excursion systolique de l'anneau tricuspide (TAPSE)**, la **mesure du pic de vitesse de l'onde S' (RV-S')** et la **fraction de raccourcissement de la surface du ventricule droit (RV-FAC)**.

Paramètres évaluant la fonction ventriculaire droite.	
TAPSE	Paramètres conventionnels
RV-S'	
RV-FAC	
2D-STE	Paramètre avancé

Tableau 2 : Paramètres évaluant la fonction ventriculaire droite.

L'excursion systolique de l'anneau tricuspide ou TAPSE :

Il est réalisé en mode temps-mouvement (TM) et mesure le **déplacement de l'anneau tricuspide entre systole et diastole** en son point latéral en coupe 4 cavités centrée sur le VD. Il est exprimé en millimètre. Sa norme communément admise est de **16mm** (40,41). Il n'est néanmoins que le reflet de la contraction de la partie longitudinale du VD, et il est dépendant de l'angle avec lequel il est réalisé. De plus, il est très sensible aux conditions de charge du VD.

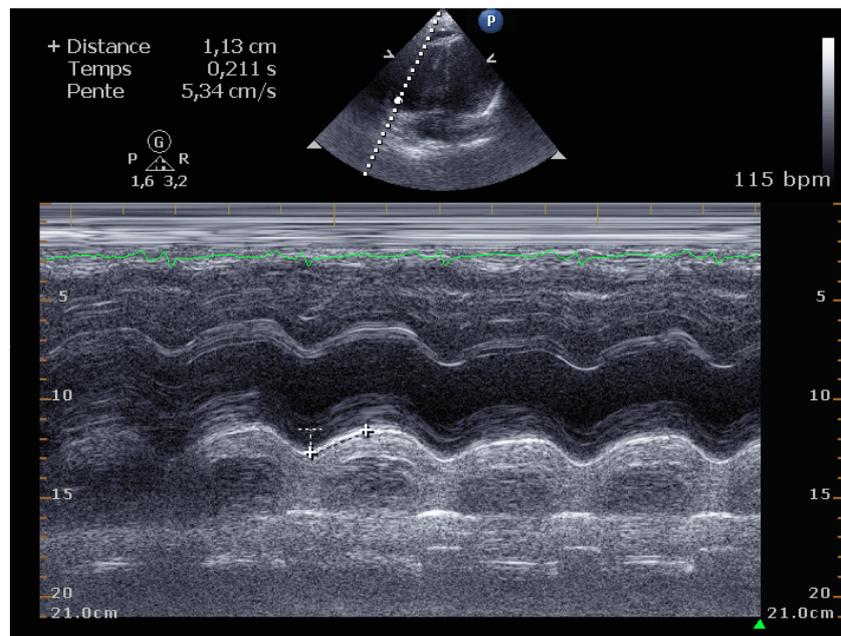


Figure 8 : Mesure du TAPSE avec le mode TM sur une coupe apicale 4 cavités en ETT.

La mesure du pic de vitesse de l'onde S' ou RV-S' :

Il s'agit d'une mesure en mode doppler tissulaire (TDI) de la **vitesse du bord latéral de l'anneau dans son mouvement vers l'apex du VD lors de la systole**. La norme basse communément admise est **10cm/s**. De nombreuses études ont montré sa variabilité au cours de la vie. C'est une mesure simple et très reproductible, mais elle pose les inconvénients comme le TAPSE de sa dépendance de l'angle de mesure (42).

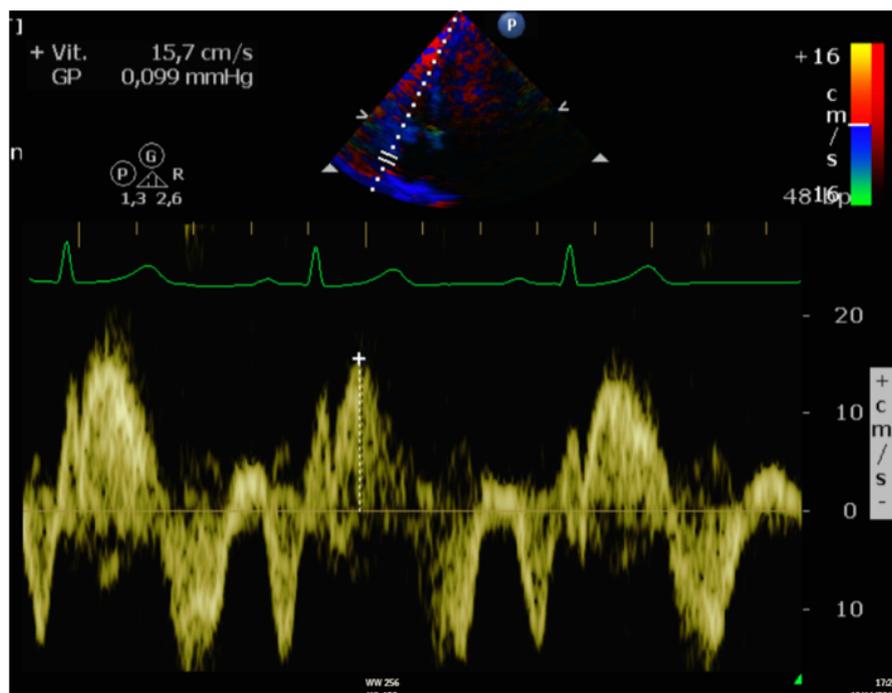


Figure 9 : Mesure du pic de vitesse de l'onde S' en DTI sur une coupe apicale 4 cavités.

La RV-FAC ou fraction de raccourcissement de la surface du ventricule droit :

La RV-FAC correspond à la **différence entre la surface télédiastolique du VD et la surface télésystolique rapporté à la surface télédiastolique multipliée par 100** en coupe apicale 4 cavités centrée sur le VD. C'est l'une des mesures les **mieux corrélées à l'analyse de la fonction ventriculaire droite calculée grâce à l'IRM**. Une dysfonction ventriculaire droite est définie par un RV-FAC inférieur à **35%**. Cependant elle ne prend pas en compte la contraction de la chambre de chasse du VD et peut donc être prise en défaut. Elle nécessite une bonne visualisation de l'endocarde pour en tracer les contours, ce qui explique sa mauvaise reproductibilité (43).

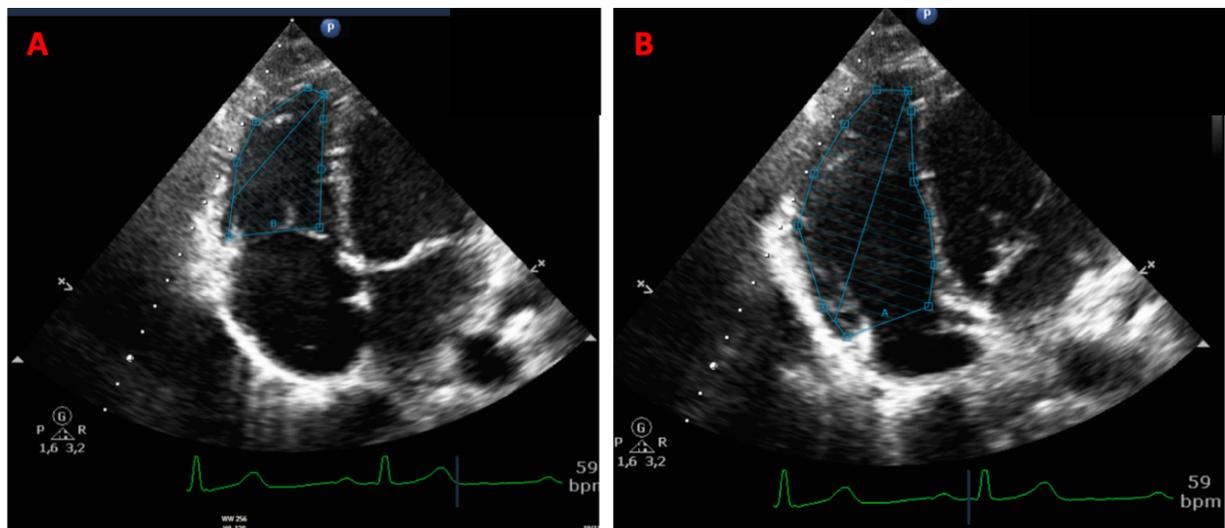


Figure 10 : Mesure de la surface télésystolique (A) et de la surface télédiastolique (B) en coupe 4 cavités pour le calcul de la RV-FAC.

Ce sont les marqueurs conventionnels communément admis pour évaluer la fonction ventriculaire droite. Afin d'améliorer l'analyse du ventricule droit, de nouveaux paramètres ont vu le jour notamment en utilisant la méthode du speckle tracking.

L'analyse bidimensionnelle du speckle tracking échographique (2D-STE) :

Le **2D-STE** est une technique en plein envol, analysant les mouvements **par tracking d'un speckle** qui sont des **marqueurs acoustiques myocardiques** évalués sur une échelle de gris par diffusion, réflexion et réfraction du faisceau ultrasonore par le tissu myocardique. L'analyse consiste à placer des **régions d'intérêts (ROI)** au niveau du myocarde et suivre leurs déplacements grâce à des logiciels dédiés (44). Les avantages de cette technique sont l'analyse semi ou totalement automatisée permettant de rendre les mesures robustes et son **indépendance par rapport à l'angle d'enregistrement**. Néanmoins ces paramètres nécessitent une **qualité d'image satisfaisante** pour effectuer la mesure (45).

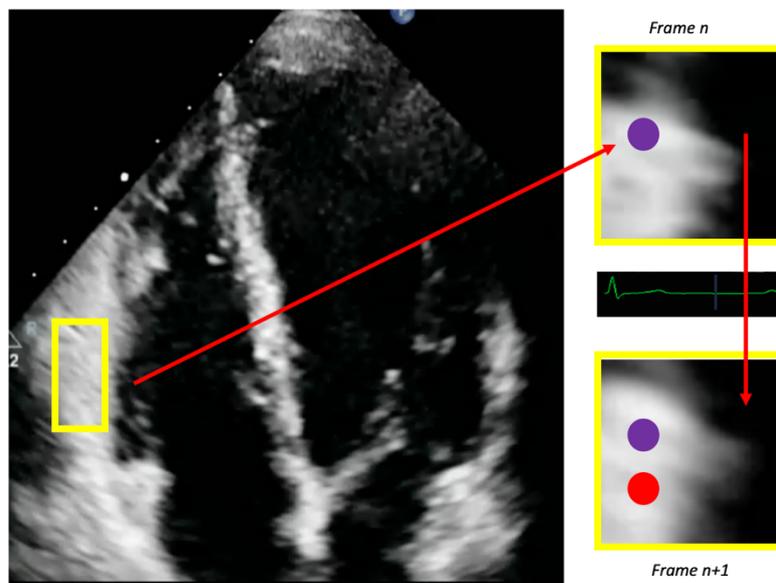
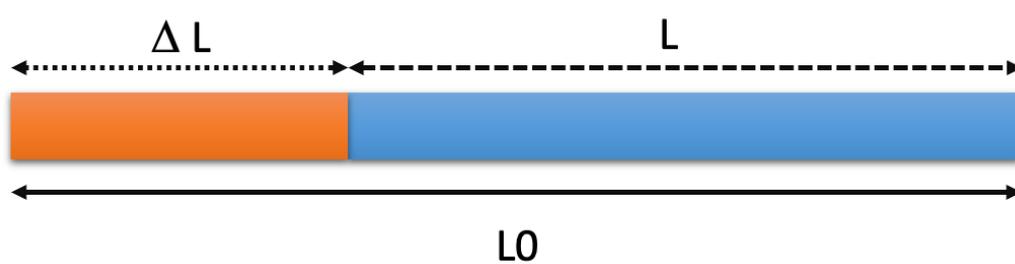


Figure 11 : Application d'une région d'intérêt (ROI) du myocarde et tracking des speckles au sein de la ROI durant le cycle cardiaque.

Le 2D-Strain :

Paramètres dérivant du 2D-STE, le strain fut initialement décrit par Mirsky et Parmley en 1973 dans une étude clinique où ils remarquèrent l'apparition d'une déformation sur le cœur après l'application d'un stress. Le strain myocardique est le **reflet de la déformation du myocarde dans plusieurs directions durant le cycle cardiaque en fonction de sa taille initiale** (46).

Sa formule s'écrit comme suit selon Lagrangian :

$$\text{Strain} = \frac{\Delta L}{L_0}$$


L₀ = longueur initiale ; ΔL = variation de longueur ; L = nouvelle longueur après mouvement

Figure 12 : Formule du strain selon Lagrangian.

Actuellement les marqueurs strain ne mesurent pas les mêmes segments myocardiques d'où le fait qu'ils soient applicables à toutes les cavités cardiaques. Les marqueurs strain VD validés sont le **strain longitudinal de la paroi libre du VD (RV-FWLS)** et le **strain global du VD (RV-GLS)**.

Le RV-FWLS est mesuré à l'aide du placement de 3 ROI sur la paroi libre du VD.

Le RV-GLS est quant à lui mesuré à l'aide du placement de 6 ROI sur la paroi libre et le septum du VD.

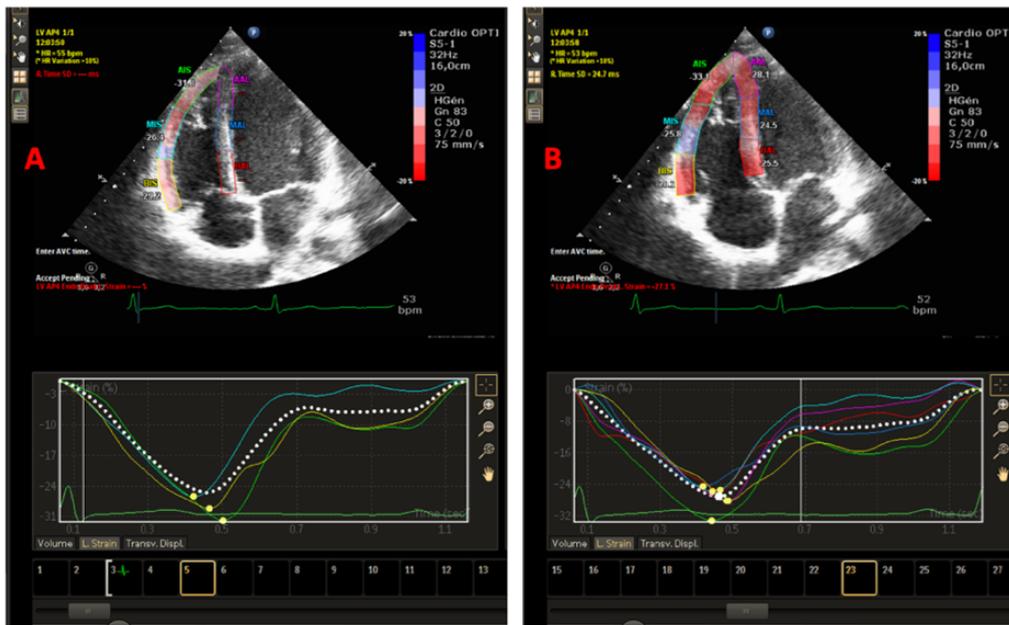


Figure 13: Mesure du RV-FWLS (A) et mesure du RV-GLS (B) par le logiciel QLAB avec placement manuel des ROI.

Paramètres dérivés de l'analyse du **déplacement de l'anneau tricuspide (TAD)** :

Le **RV-LSF** ou **fraction de raccourcissement longitudinale du ventricule droit** est un nouveau marqueur dérivé du speckle tracking permettant d'estimer la fonction droite via **l'étude du mouvement de l'anneau tricuspide par rapport à l'apex**.

Il se réalise en coupe 4 cavités centrée sur le VD et prend en compte le placement de **4 ROI**.

Une première au niveau de l'apex du VD, une au niveau de la partie septale de l'anneau tricuspide, une au niveau de la partie latérale de l'anneau tricuspide et une quatrième à mi-chemin entre ces deux dernières.

Un algorithme calcule alors 3 paramètres :

- Le **TAD latéral** exprimé en mm qui mesure le déplacement maximal entre la ROI latéral et la ROI apex.
- Le **TAD septal** qui mesure le déplacement maximal entre la ROI septale et la ROI apex exprimé en mm.
- Le **RV-LSF** qui mesure lui le déplacement maximal entre la ROI au centre de l'anneau tricuspide et la ROI apex exprimé en pourcentage.

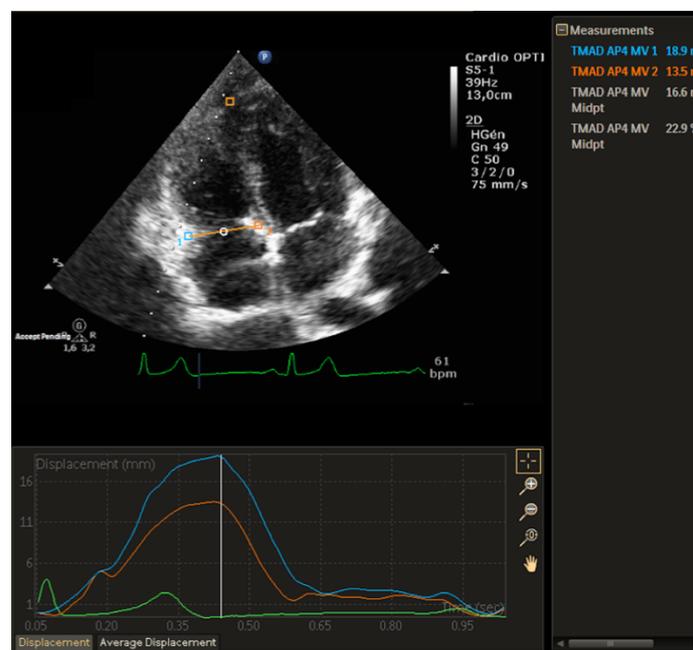


Figure 14 : Placement des 4 ROI nécessaire à l'étude du RV-LSF.

Une valeur inférieure à **20%** semble être la plus sensible et spécifique pour définir la dysfonction droite (47). Certaines études démontraient qu'il y avait une bonne corrélation entre RV-LSF et la fraction d'éjection du ventricule droit (FEVD) mesurée en IRM (48). L'avantage de cette mesure est qu'elle ne nécessite pas (au contraire des autres marqueurs 2D-STE) de parfaitement bien visualiser l'endocarde.

Des études démontrent la **supériorité du RV-LSF dans le diagnostic de la dysfonction ventriculaire droite par rapport aux paramètres conventionnels et 2D-STE** chez des patients présentant un cœur pulmonaire aigu dû à l'atteinte Covid-19 (47). De plus, sa valeur pronostique est déjà établie dans certaines cohortes, notamment post syndrome coronarien aigu avec sus-décalage du segment ST où il était **associé à la survenue de MACE** (49).

II. OBJECTIF DE TRAVAIL

Des études récentes suggèrent que la dysfonction ventriculaire droite évaluée par le RV-LSF était indépendamment associée à la survenue d'un évènements cardiovasculaire majeur (MACE) chez des patients présentant un syndrome coronarien aigu avec élévation du segment ST ou encore que le RV-LSF était un bon marqueur prédictif de mortalité dans une cohorte de patients avec une pneumopathie sévère liée au Covid-19 (49,50).

L'objectif principal de notre étude était de comparer la capacité diagnostique des paramètres échocardiographiques conventionnels (TAPSE, RV-S', et RV-FAC) avec ceux plus avancés (RV-LSF, RV-GLS, RV-FWLS) dans l'évaluation de la fonction ventriculaire droite, dans le but d'identifier les patients ayant subi un MACE après une chirurgie thoracique majeure.

L'objectif secondaire consistait à évaluer la valeur pronostique de la dysfonction ventriculaire droite, définie par un RV-LSF inférieur à 20%, chez des patients ayant subi une chirurgie thoracique majeure.

III. MATERIELS ET METHODES

1. Population de l'étude

Il s'agit d'une étude monocentrique, non-interventionnelle, prospective, réalisée au CHU d'Amiens-Picardie et se déroulant sur la période de septembre 2021 à octobre 2023.

Les critères d'inclusion étaient :

- Patients majeurs.
- Hospitalisés au CHU d'Amiens pour la réalisation d'une chirurgie thoracique programmée de résections d'un segment, d'un lobe pulmonaire ou pneumonectomie.
- Une chirurgie réalisée par VATS, thoracotomie ou mini-invasive robot assistée.
- Information du patient et recueil de sa non opposition.

Les critères d'exclusion étaient :

- Une qualité d'image échocardiographique ne permettant pas l'analyse et la réalisation des marqueurs conventionnels ou 2D-STE.
- Les femmes enceintes.
- Les patients sous ventilation mécanique.
- Les patients sous membrane d'oxygénation extra corporelle.
- Les patients sous tutelle, ou sauvegarde de justice.
- Les patients dont l'état clinique ne permettait pas de recueillir la non opposition.
- Les patients présentant un trouble du rythme supra-ventriculaire ou ventriculaire rapide durant l'examen échocardiographique (fréquence cardiaque > 100bpm).

2. Éthique

Il s'agissait d'une étude type de catégorie 3 d'après l'article L1121-1 du code de Santé Publique, agréée par la CNIL et enregistrée au CHU d'Amiens-Picardie (Identifiant : PI2021_843_0030). Conformément aux lois françaises régissant la recherche clinique en matière d'études non interventionnelles, les informations orales ont été fournies de façon claire et éclairée aux patients en précisant bien l'opposition possible à l'utilisation de leurs données.

3. Critère de jugement principal

Le critère de jugement principal était la survenue d'un MACE dans les 30 jours suivant une chirurgie thoracique majeure (segmentectomie, lobectomie, pneumonectomie).

Un MACE était défini par la survenue d'au moins un des évènements cliniques suivants :

- Un décès d'origine cardiovasculaire.
- Un infarctus du myocarde.
- Une hospitalisation pour une poussée d'insuffisance ventriculaire droite ou gauche.
- Un épisode documenté de FA.

Définition de la FA : La survenue de la FA était définie par un épisode de FA d'au moins 30 secondes enregistré par un ECG à 12 dérivations ou sur tracé ECG à 5 dérivations pendant le séjour en unité de soins intensifs post-opératoires. En soins intensifs, tous les patients étaient surveillés 24 heures sur 24 pour tous les paramètres hémodynamiques, y compris la fréquence cardiaque avec un ECG à 5 dérivations. Le diagnostic de FA au domicile a été défini par la confirmation de la FA par la réalisation d'un ECG chez un professionnel de santé.

4. Recueil de données

Les données démographiques, cliniques et biologiques ont été recueillies de manière prospective à l'aide des logiciels DxCare (*DEDALUS version 7.7.9.7.7*) et Diane (*Bow Medical version 4.12.2.2*).

a. Les données démographiques

Les données démographiques recueillies étaient l'âge, le sexe, le poids et la taille de façon à calculer la surface corporelle et indexer nos mesures échographiques ainsi que l'IMC. Les antécédents médicaux étaient recueillis sur le plan cardiovasculaire (l'hypertension artérielle, la dyslipidémie, le diabète, le tabagisme, une artériopathie oblitérante des membres inférieurs, un syndrome d'apnée du sommeil appareillé ou non, une cardiopathie ischémique, FA paroxystique préopératoire), sur le plan respiratoire (une BPCO et la mesure du VEMS) et sur le plan oncologique (avec la présence d'un éventuel traitement néoadjuvant ou un antécédent de chirurgie thoracique). Les traitements à domicile étaient également recueillis.

b. Les données chirurgicales

Les données chirurgicales recueillies étaient la nature de la chirurgie, la voie d'abord utilisée avec la nécessité ou non d'une conversion en thoracotomie lors d'une VATS ou chirurgie robot première. Le diagnostic final anatomopathologique était aussi recueilli.

c. Les données sur le suivi

Concernant le suivi des patients, nous avons recueilli les complications post-opératoire survenues dans les 30 jours suivant l'intervention. Nous avons recueilli sur le plan respiratoire la date de retrait des dispositifs de drainage, la survenue d'une pneumopathie post-opératoire, un éventuel syndrome de détresse respiratoire aigüe (SDRA), la nécessité d'une nouvelle intubation orotrachéale (IOT). Également nous avons recueilli la survenue d'un accident vasculaire cérébral (AVC) ou d'une insuffisance rénale aigüe (IRA), l'apparition d'un choc septique, du recours à la transfusion de produit sanguin labile, de la nécessité d'admission en service de réanimation ou d'unité de soins-intensifs.

Si les patients étaient sortis d'hospitalisation avant ce délai de 30 jours, nous les appelions à J30 afin de s'enquérir de l'éventuelle survenue de MACE diagnostiqués par un médecin.

Concernant la FA, nous avons enregistré la durée totale de l'épisode et nous avons calculé la valeur des scores CHA2DS2-VASc et HAS-BLED. (**Annexes 3 et 4.**)

d. Les données échocardiographiques :

L'échographie transthoracique (ETT) était réalisée la veille de l'intervention chirurgicale par un opérateur entraîné. L'ETT était réalisée en décubitus dorsal ou latéral gauche selon un protocole standardisé avec l'analyse électrocardiographique sur un matériel de grande qualité (Philips, CX50TM ©). Les paramètres conventionnels d'évaluation des différentes cavités étaient recueillis conformément aux recommandations européennes en vigueur (51).

Analyse en ETT de la fonction ventriculaire droite :

La fonction ventriculaire droite était évaluée en coupe apicale 4 cavités avec mesure des surfaces télésystolique et télédiastolique du VD ainsi que des différents diamètres longitudinal, basal et médial du VD.

Les marqueurs conventionnels comme le TAPSE, RV-S' et la RVFAC étaient respectivement mesurés grâce au mode TM, doppler tissulaire et 2D sur une coupe apicale 4 cavités.

Les marqueurs avancés comme le RV-GLS et RV-FWLS étaient mesurés, sur une coupe apicale 4 cavités centrée sur le ventricule droit, par un logiciel spécifique (AutoStrain, QLAB 13.0, Philips) permettant le placement des ROI de manière automatique à l'aide d'un algorithme dédié pour le ventricule droit. En cas de mauvais placement des ROI, une édition manuelle pouvait être réalisée afin de valider la mesure. Le strain ventriculaire, qui évalue le raccourcissement myocardique, est généralement exprimé en valeur négative. Toutefois, pour des raisons de clarté, nous le présenterons en valeur absolue.

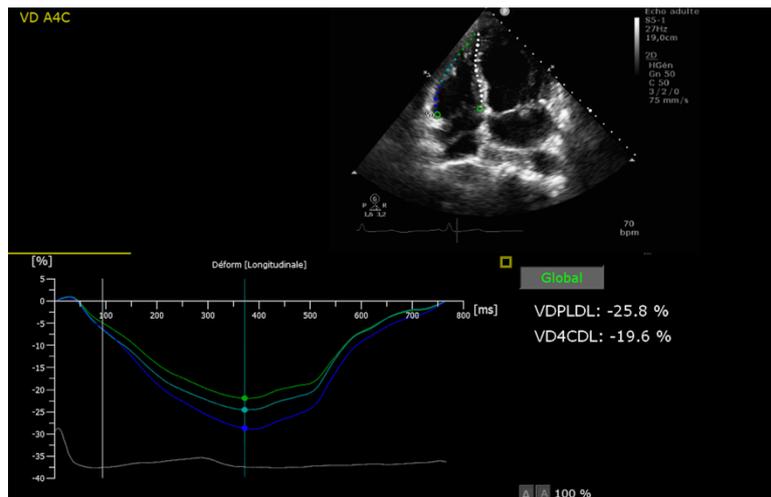


Figure 15 : Mesure du RV-GLS.

La mesure des paramètres TAD reposait sur l'enregistrement de boucles DICOM en coupe apicale 4 cavités centré sur le VD. Le logiciel plaçait 3 ROI sur la première image diastolique de la boucle, au niveau des points d'insertions de la valve tricuspide et au niveau de l'apex du VD. Les ROI mal placés étaient repositionnés manuellement. Le logiciel déterminait ensuite seul, le point médian entre les deux ROI placés sur le plan de l'anneau tricuspide permettant la mesure du RV-LSF. Enfin le logiciel suivait le déplacement des différentes ROI dans les plans de l'espace afin de déterminer le TAD septal, le TAD latéral et le RV-LSF.

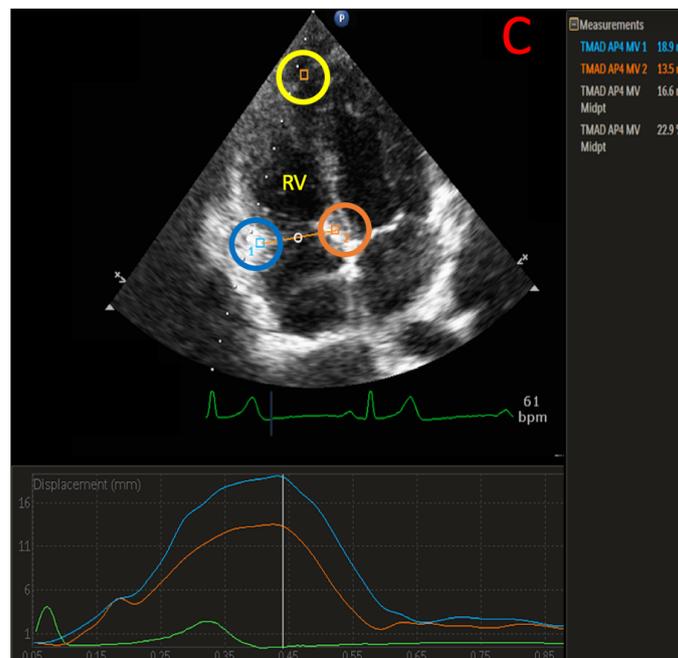


Figure 16 : Placement des ROI et mesure du RV-LSF.

5. Analyse statistique

Les données quantitatives étaient exprimées sous forme de médiane [intervalle interquartile] tandis que les données qualitatives sous forme de nombres (pourcentages).

La performance diagnostique des différents paramètres d'évaluation de la fonction ventriculaire droite, conventionnels et avancés, pour prédire la survenue de MACE en post-opératoire de chirurgie thoracique a été évaluée grâce à une courbe ROC avec intervalle de confiance à 95%. Les aires sous la courbe (AUC) étaient comparées à l'aide du test de Delong. La détermination du seuil optimal des différents paramètres échographiques pour la prédiction de MACE a été déterminé par l'indice de Youden.

Association entre la dysfonction droite évaluée par le RV-LSF et MACE :

Nous avons utilisé le seuil de RV-LSF <20% déjà établi dans une précédente étude, afin d'analyser dans notre étude, l'association entre le RV-LSF et la survenue de MACE en post-opératoire de chirurgie thoracique majeure (47). Des analyses en régression logistique univariée et multivariée ont été réalisées pour évaluer les facteurs indépendamment associés à la survenue de MACE à 30 jours. Les facteurs tels que l'âge supérieur à 70 ans, un RV-LSF < 20%, la présence d'une pneumonectomie et d'une FA paroxystique préopératoire étaient inclus dans le modèle multivarié. L'ajustement du modèle a été évalué par modèle statistique de Hosmer-Lemeshow (52). Le test C statistique a été utilisé pour tester la capacité du modèle à discriminer les patients avec et sans MACE (53).

Les données sont présentées comme des rapports de cotes (odd-ratios OR) avec des intervalles de confiance à 95% (IC). Nous avons réalisés des courbes de risques cumulés en fonction du temps par la méthode de Kaplan-Meier et les avons comparés entres-elles par le test du log-rank.

Un test statistique était significatif lorsque la valeur p était inférieure à 0,05. Toutes les valeurs p résultent de tests bilatéraux. L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel R studio pour MacOS (version 2021.09.1 + 372) et ses applications «dplyr», «ggplot2», «survminer», «survival», et «compareGroups».

IV. RESULTATS

1. Diagramme de flux

Durant la période de septembre 2021 à octobre 2023, 351 patients ont bénéficié d'une chirurgie de résection pulmonaire au CHU d'Amiens. Sur les 228 patients éligibles, 22% (n=50) ont été exclus en raison d'une chirurgie non conforme, majoritairement des résections non anatomiques (wedge) et 6% (n=14) ont été exclus en raison d'une qualité d'image insuffisante ne permettant pas la mesure des paramètres échographiques en speckle tracking. Au total, **164 patients ont été inclus** dans l'étude avec à l'issue des 30 jours de suivis, **16% (n=27/164) ont présenté un MACE** et 84% (n=137/164) des patients n'ont pas présenté de MACE.

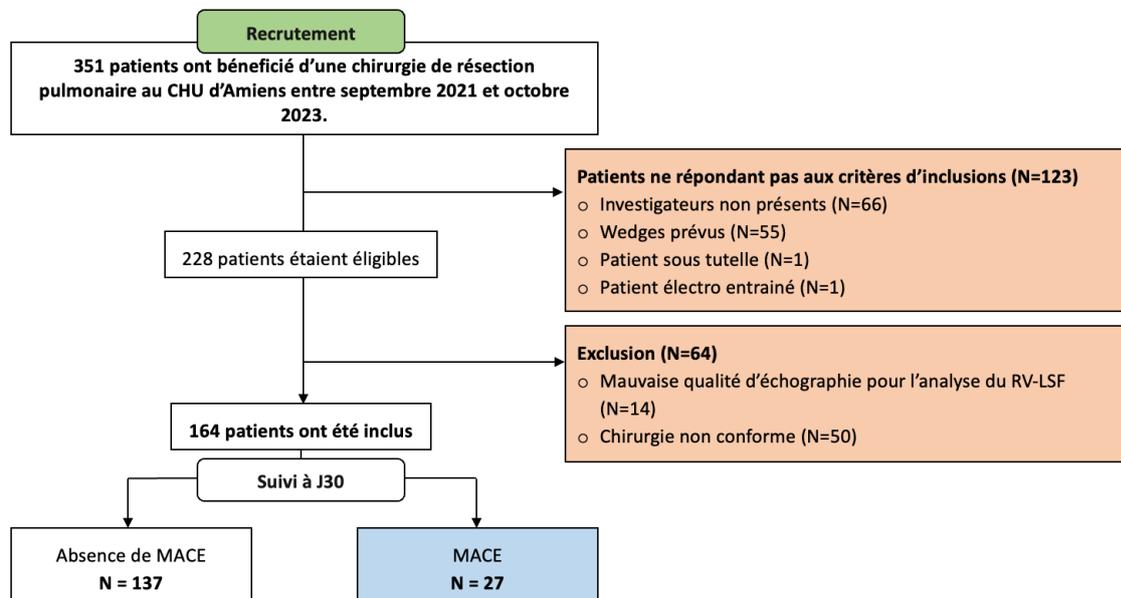


Figure 17 : Diagramme de flux de l'étude.

Répartitions des MACE : Il y a eu 27 patients différents présentant un MACE. On retrouve 2 décès (7%), 1 IDM (4%), 0 décompensation cardiaque et 24 FA (89%).

2. Caractéristiques démographiques des deux groupes.

Les patients du groupe MACE étaient **plus âgés** (71 ans [62-74] vs 64 ans [55-69] ; $P = 0.002$) Il y avait plus d'**antécédents d'infarctus du myocarde** ($n = 6/27$ (22%) vs $n = 10/137$ (7%) ; $P = 0.03$), d'**angioplastie** ($n = 6/27$ (22%) vs $n = 4/137$ (3%) ; $P = 0.002$) **dans le groupe MACE** que le groupe absence de MACE. Les patients du groupe MACE avait plus d'**antécédents de fibrillation atriale paroxystique** ($n = 9/27$ (33%) vs $n = 4/137$ (3% ; $p < 0.001$). Il n'y avait pas de différence entre les antécédents de BPCO ($n = 7/27$ (26%) vs $n = 33/137$ (24%) ; $p = 1.00$) et entre les valeurs de VEMS (85% [72-108] vs 88% [72-100] ; $p = 0.88$) entre les deux groupes.

	Absence de MACE N=137	MACE N=27	P value
Age (années)	64 [55-69]	71 [62-74]	0.002
Sexe masculin	84 (61)	22 (81)	0.07
IMC (kg/m ²)	25 [22-29]	25 [23-29]	0.64
Antécédents :			
HTA	62 (45)	16 (59)	0.26
Dyslipidémie	52 (38)	11 (41)	0.96
Diabète	22 (16)	7 (26)	0.27
Infarctus du myocarde	10 (7)	6 (22)	0.03
Angioplastie	4 (3)	6 (22)	0.002
Fibrillation atriale paroxystique	4 (3)	9 (33)	<0.001
SAOS	7 (5)	2 (7)	0.64
AOMI	13 (9)	3 (11)	0.73
Tabagisme actif	100 (73)	23 (85)	0.27
BPCO	33 (24)	7 (26)	1.00
Stade de la BPCO :			0.86
0	104 (76)	20 (74)	
1	13 (9)	2 (7)	
2	17 (12)	5 (19)	
3	3 (2)	0 (0)	
VEMS (% de la valeur théorique)	88 [72-100]	85 [72-108]	0.88
Traitements à domicile :			
IEC	28 (20)	5 (19)	1.00
BB	29 (21)	13 (48)	0.007
ARA2	12 (9)	3 (11)	0.72
Statine	46 (34)	10 (37)	0.90
Lasilix	4 (3)	2 (7)	0.26
Metformine	18 (13)	6 (22)	0.24
AAG	41 (30)	11 (41)	0.38
AOD	11 (8)	10 (37)	<0.001
Antibiothérapie préopératoire	4 (3)	1 (4)	1.00

Données exprimées sous forme de médianes [intervalle interquartile] ou de nombre (%).

Légende : IMC : Indice de masse corporelle ; HTA : hypertension artérielle ; ATCD : antécédents ; SAOS : syndrome d'apnée du sommeil ; AOMI : artériopathie oblitérante des membres inférieurs ; BPCO : bronchopneumopathie chronique obstructive ; VEMS : volume expiratoire maximal seconde ; IEC : inhibiteurs de l'enzyme de conversion ; BB : bêtabloquants ; AAG : antiagrégants plaquettaire ; AOD : anticoagulants oraux ; MACE : événements cardiovasculaires majeurs.

Tableau 3 : Caractéristiques démographiques des deux groupes.

3. Caractéristiques chirurgicales des deux groupes

Les patients du groupe MACE ont subi **plus de pneumonectomie** (n =4/27 (15%) vs n=4/137 (3%) ; P= 0.03), **plus de thoracotomie initiale** (n=10/27 (37%) vs n=17/137 (12%) ; P= 0.004) que le groupe absence de MACE. Ils avaient aussi **plus de carcinomes épidermoïdes** (n =11/27 (41%) vs n= 18/137 (13%) ; P = 0.002).

	Absence de MACE N=137	MACE N=27	P value
Chimiothérapie préopératoire	9 (7)	3 (11)	0.42
Radiothérapie préopératoire	2 (1)	2 (7)	0.13
Chirurgie thoracique antérieure	14 (10)	2 (7)	1.00
Type de résection :			
Latéralité droit	90 (66)	14 (52)	0.25
Latéralité gauche	47 (34)	13 (48)	0.25
Lobectomie	96 (70)	21 (78)	0.56
Segmentectomie	42 (31)	3 (11)	0.07
Pneumonectomie	4 (3)	4 (15)	0.03
Voie d'abord :			
VATS initiale	109 (80)	16 (59)	0.04
Thoracotomie initiale	17 (12)	10 (37)	0.004
Conversion	12 (9)	0 (0)	0.22
Chirurgie robot-assistée	10 (7)	1 (4)	0.69
Anatomopathologie :			
Adénocarcinome	76 (55)	11 (41)	0.34
Carcinome épidermoïde	18 (13)	11 (41)	0.002
Autre diagnostic	39 (28)	5 (19)	0.41

Données exprimées sous forme de nombre (%).

Légende : MACE : événements cardiovasculaires majeurs ; VATS : chirurgie thoroscopique assistée par vidéo.

Tableau 4 : Caractéristiques chirurgicales des deux groupes.

4. Caractéristiques échographiques des deux groupes.

Les patients du groupe MACE avait un **RV-LSF**, un **TAD septal et latéral inférieur à ceux du groupe absence de MACE**. (RV-LSF : 22% [18-25] vs 25% [22-29] ; P = 0.003/ TAD septal : 12mm [9 -15] vs 14mm [11-18] ; P = 0.02/ TAD latéral : 21mm [17-26] vs 24mm [20-28] ; P=0.02). La **surface télédiastolique du VD** était supérieure dans le groupe MACE (23cm² [18-26] vs 20cm² [16-23] ; P=0.04). Il n'y avait pas de différences concernant les autres paramètres d'évaluation de la fonction ventriculaire droite.

	Absence de MACE N=137	MACE N=27	P value
Paramètres VG :			
FE Simpson (%)	59 [56 -64]	62 [57-67]	0.15
Onde E mitrale (cm/s)	71 [62 -84]	68 [59-93]	0.76
Onde A mitrale (cm/s)	78 [67 -94]	90 [68-110]	0.27
E/A	0.91 [0.73-1.03]	0.84 [0.71-1.03]	0.64
TDE mitrale (ms)	174 [140 -210]	189 [160 -227]	0.14
Elat (cm/s)	10.6 [9.0-12.4]	8.8 [7.4-10.5]	0.005
E'/Elat	6.8 [5.1-8.7]	8.6 [6.0-11.8]	0.01
Paramètres OG :			
Volume télésystolique (ml)	12 [9-17]	18 [10-26]	0.02
Volume télédiastolique (ml)	34 [28-46]	45 [33-54]	0.01
Volume indexé (ml/m ²)	18 [15-24]	22 [17-28]	0.03
Paramètres VD :			
Surface télédiastolique (cm ²)	20 [16-23]	23 [18-26]	0.04
Surface télésystolique (cm ²)	10 [8-12]	11 [9-14]	0.05
Longueur longitudinale (mm)	73 [67-80]	78 [66-82]	0.75
Diamètre basal (mm)	26 [24-30]	27 [23-30]	0.37
Diamètre médial (mm)	24 [22-28]	24 [23-28]	0.36
TAPSE (mm)	24 [21-27]	23 [19-25]	0.08
RV-S' (cm/s)	14 [12-16]	14 [12-16]	0.88
RV-FAC (%)	49 [44-54]	52 [43-5]	0.40
TAD latéral (mm)	24 [20 -28]	21 [17-26]	0.02
TAD septal (mm)	14 [11-18]	12 [9 -15]	0.02
RV-LSF (%)	25 [22 -29]	22 [18 -25]	0.003
RV-FWLS (%)	23 [18-28]	23 [19 -27]	0.78
RV-GLS (%)	18 [15-22]	19 [15 -22]	0.82
Paramètres OD:			
Volume diastolique (ml)	32 [23-39]	34 [27-42]	0.24
Volume indexé (ml/m ²)	16 [13-21]	18 [14-23]	0.24

Données exprimées sous forme de médianes [intervalle interquartile]. **Légende :** **VG:** ventricule gauche; **OD:** oreillette droite; **VD:** ventricule droit; **OG:** oreillette gauche; **FE:** fraction d'éjection; **TDE:** temps de décélération de l'onde E; **TAPSE:** excursion systolique de l'anneau tricuspide; **RV-S'**: pic de vélocité de l'onde S'; **RV-FAC:** fraction de raccourcissement du ventricule droit; **TAD:** déplacement de l'anneau tricuspide; **RV-LSF:** fraction de raccourcissement longitudinale du ventricule droit; **RV-FWLS:** strain de la paroi libre du ventricule droit; **RV-GLS:** strain globale du ventricule droit ; **MACE :** évènements cardiovasculaires majeurs.

Tableau 5 : Caractéristiques échocardiographiques des deux groupes.

5. Caractéristiques de suivi des deux groupes.

Les patients du groupe MACE présentaient **plus d'insuffisance rénale aiguë** (n=6/27 (22%) vs n=10/137 (7%) ; P=0.03) que le groupe absence de MACE. Ils avaient également un **score CHA2DS2-VASc** (n=2 [1-4] vs n=2 [0-3] ; P=0.02) et **HASBLED** (n=1 [1-2] vs n=1 [0-2] ; P=0.002) **plus élevé**.

	Absence de MACE N=137	MACE N=27	P value
Hospitalisation:			
Transfert USI ou réanimation	51 (37)	16 (59)	0.06
Durée hospitalisation	6 [4-8]	7 [4-11]	0.06
Respiratoire:			
Durée drainage (jours)	3 [2-5]	3 [2-6]	0.39
PNP postopératoire	43 (31)	11 (41)	0.47
SDRA	1 (1)	1 (4)	0.30
Nouvelle IOT	5 (4)	3 (11)	0.13
Cardiovasculaire:			
Durée épisode FA (jours)		2 [1-6]	.
AVC postopératoire	0	0	.
Décès	0 (0)	2 (7)	0.03
Score:			
CHA2DS2-VASc	2 [0-3]	2 [1-4]	0.02
HASBLED	1 [0-2]	1 [1-2]	0.002
Autres:			
IRA postopératoire	10 (7)	6 (22)	0.03
Transfusion postopératoire	3 (2)	2 (7)	0.19
Choc septique	1 (1)	2 (7)	0.07

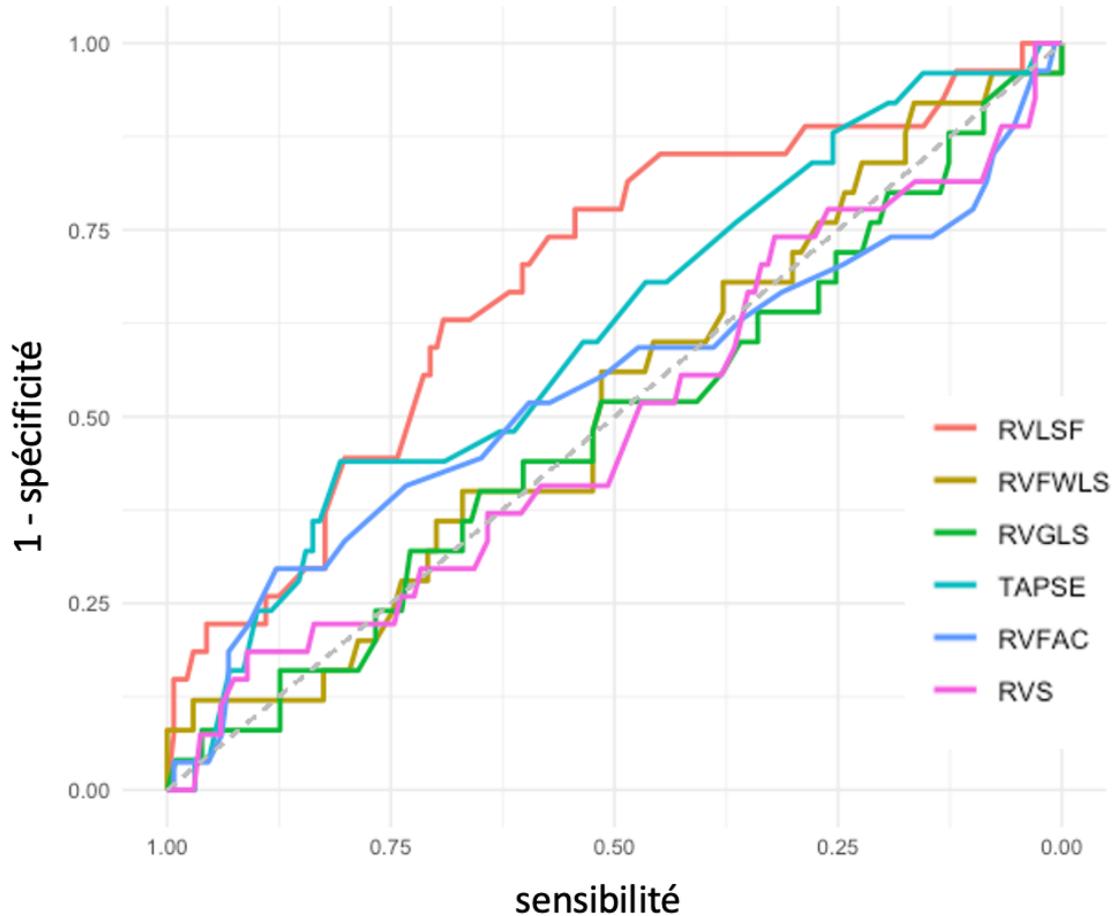
Données exprimées sous forme de médianes [intervalle interquartile] ou de nombre (%).

Légende : USI : unité de soins-intensifs ; PNP : pneumopathie ; SDRA : **syndrome** de détresse respiratoire aiguë ; IOT : intubation orotrachéale ; FA : **fibrillation** atriale ; AVC : **accident** vasculaire cérébral ; IRA : insuffisance rénale aiguë ; MACE : événements cardiovasculaires majeurs.

Tableau 6 : Caractéristiques du suivi des patients à J30.

6. Le RV-LSF facteur prédictif de MACE à J30.

La comparaison des courbes ROC des différents paramètres échographiques d'évaluation de la fonction ventriculaire droite démontre que **le RV-LSF avait la meilleure AUC** pour identifier les patients à risque de MACE en post opératoire de chirurgie thoracique (AUC = 0.68 ; IC95% [0.56- 0.80]) par rapport aux autres paramètres avancés et conventionnels. La valeur seuil retenue était de 24%, avec une sensibilité de 77% et une spécificité de 54%.



	AUC	95% CI
RV-LSF	0.68	0.56-0.80
RV-FWLS	0.53	0.40-0.65
RV-GLS	0.48	0.38-0.63
TAPSE	0.61	0.43-0.73
RVFAC	0.57	0.44-0.69
RV-S'	0.50	0.38-0.62

Figure 18 : Analyse des aires sous la courbe (AUC) des différents paramètres d'évaluation de la fonction ventriculaire droite.

7. Analyse univariée

Dans l'analyse en régression logistique univariée :

Le **RV-LSF <20%** était associé à la survenue de **MACE à J30** de façon significative avec un OR 3.58 [1.48-8.62] ; p=0.004. Il en va de même pour **l'âge supérieur à 70ans** (OR = 5.09 [2.15-12.36] ; p=0.001), la **thoracotomie initiale** (OR = 4.12 [1.59-10.44] ; p=0.003) et la réalisation d'une **pneumectomie** (OR = 5.78 [1.29-26.07] ; p=0.02). L'antécédent de **FA paroxystique préopératoire** avec un OR= 16.62 [4.90-66.73] ; p<0.001 était associé la survenue de MACE à J30 de façon significative. Le diagnostic histologique de **carcinome épidermoïde** (OR= 4.55 [1.80-11.37] ; p=0.001) était associé la survenue de MACE à J30 de façon significative.

Analyse univariée		
	OR [IC 95%]	P value
Age >70 ans	5.09 [2.15-12.36]	0.001
Antécédents :		
IDM préopératoire	3.63 [1.13-10.88]	0.02
FA paroxystique	16.62 [4.90-66.73]	<0.001
Chirurgie :		
Thoracotomie initiale	4.12 [1.59-10.44]	0.003
Pneumectomie	5.78 [1.29-26.07]	0.02
Histologie :		
Carcinome épidermoïde	4.55 [1.80-11.37]	0.001
Dysfonction droite par :		
RV-LSF <20%	3.58 [1.48-8.62]	0.004
RV-FWLS <21%	0.90 [0.35-2.20]	0.82
TAPSE <16mm	1.72 [0.52-4.92]	0.34
RV-S' <10cm/s	1.30 [0.28-4.48]	0.70
RV-FAC <35%	0.62 [0.03-3.59]	0.66
Complications :		
IRA post-opératoire	3.63 [1.13-10.88]	0.02

Données exprimées sous forme d'odd-ratios [intervalle de confiance à 95%]. **Légende :** **IDM** : infarctus du myocarde ; **FA** : fibrillation atriale ; **TAPSE** : excursion systolique de l'anneau tricuspide ; **RV-S'** : pic de vélocité de l'onde S' ; **RV-FAC** : fraction de raccourcissement du ventricule droit ; **RV-LSF** : fraction de raccourcissement longitudinale du ventricule droit ; **RV-FWLS** : strain de la paroi libre du ventricule droit ; **IRA** : insuffisance rénale aigüe.

Tableau 7 : Analyse univariée des variables associées à la survenue de MACE à 30 jours d'une chirurgie thoracique majeure.

8. Analyse multivariée

Lors de l'analyse des variables en régression logistique multivariée, nous avons opté pour un modèle à 4 variables, au vu de l'incidence des MACE dans notre étude, avec notamment : l'âge > 70, la présence d'une FA paroxystique en préopératoire, la dysfonction droite évaluée par le RV-LSF et la pneumonectomie.

Dans l'analyse en régression logistique multivariée :

Le **RV-LSF <20%** avec un OR = 2.81 [1.10-7.84] ; p=0.04, l'**âge supérieur à 70ans** avec un OR = 4.61 [1.68-12.89]; p=0.003, la **FA paroxystique préopératoire** avec un OR= 10.81 [2.73-49.90] ; p=0.002 et la **pneumonectomie** avec un OR = 9.01 [1.63-48.80] ; p=0.001 étaient indépendamment **associés la survenue de MACE à J30**.

Analyse multivariée

	OR [IC 95%]	P value
RV-LSF <20%	2.81 [1.10-7.84]	0.04
Age >70 ans	4.61 [1.68-12.89]	0.003
FA paroxystique préopératoire	10.81 [2.73-49.90]	0.002
Pneumonectomie	9.01 [1.63-48.80]	0.001

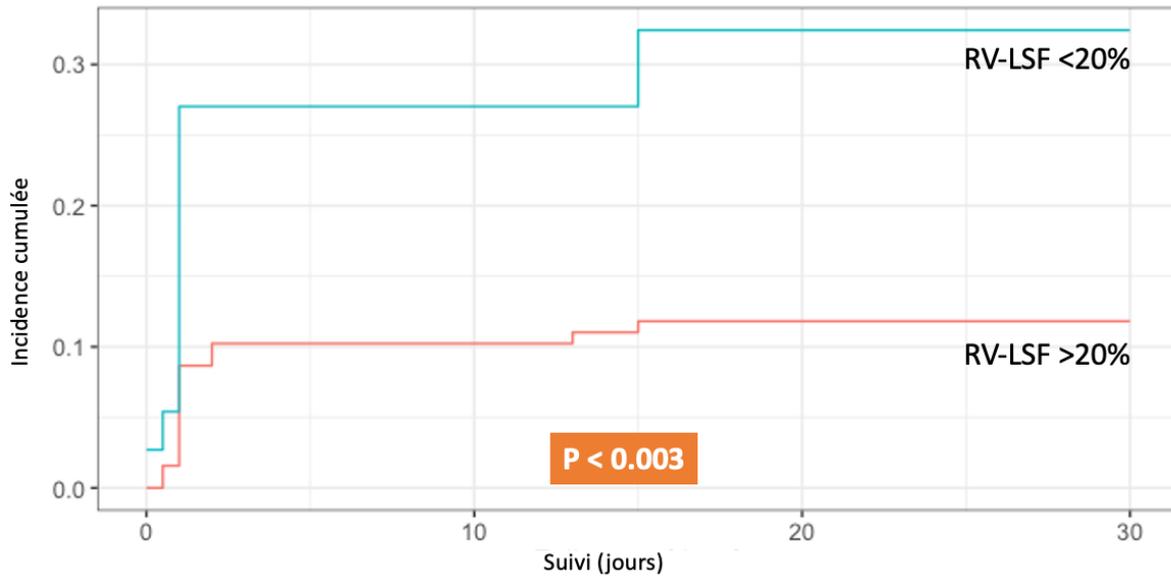
Données exprimées sous forme d'odd-ratios [intervalle de confiance à 95%]. Légende : RV-LSF : fraction de raccourcissement longitudinale du ventricule droit ; FA : fibrillation atriale.

Tableau 8 : Analyse multivariée des variables associées à la survenue de MACE à 30 jours d'une chirurgie thoracique majeure.

Le modèle multivarié a montré une calibration appropriée, comme évalué par le test de bonté d'ajustement de Hosmer et Lemeshow (P = 0,73), et une discrimination excellente, comme évaluée par la courbe ROC (AUC 0,81, IC 95 % [0,64-0,88] ; P < 0,001).

9. Analyse du risque cumulé.

L'analyse du risque cumulé de MACE dans les 30 jours après la chirurgie était de 32% (18-48%) dans le groupe RV-LSF <20% contre 12% (6.9-18%) dans le groupe RV-LSF >20% (test log-rank $p < 0.003$).



Légende : RV-LSF : fraction de raccourcissement longitudinale du ventricule droit.

Figure 19 : Risque cumulé de la survenue de MACE en fonction du seuil défini.

10. Facteurs associés à une dysfonction ventriculaire droite évaluée par RV-LSF<20%

Dans notre étude, nous n'avons pas retrouvé de paramètres associés à une dysfonction ventriculaire droite définie par un RV-LSF <20%.

	RV-LSF > 20% N=127	RV-LSF < 20% N=37	P value
Age (années)	64 [56-70]	68 [62-71]	0.08
Sexe	81 (64)	25 (68)	0.82
IMC (kg/m ²)	25 [22-28]	25 [23-30]	0.30
Antécédents:			
HTA	59 (46)	19 (51)	0.74
Dyslipidémie	45 (35)	18 (49)	0.21
Infarctus du myocarde	9 (7)	7 (19)	0.054
SAOS	8 (6)	1 (3)	0.69
BPCO	30 (24)	10 (27)	0.84
VEMS (% de la valeur théorique)	87 [72-100]	89 [73-103]	0.66
Chirurgie thoracique antérieure	10 (8)	6 (16)	0.20
FA paroxystique	7 (6)	6 (16)	0.08
Traitement à domicile			
IEC	23 (18)	10 (27)	0.34
BB	30 (24)	12 (32)	0.39
ARA2	13 (10)	2 (5)	0.52
Statine	39 (31)	17 (46)	0.13
Lasilix	3 (2)	3 (8)	0.13
Metformine	17 (13)	7 (19)	0.57
AAG	36 (28)	16 (43)	0.13
AOD	13 (10)	8 (22)	0.09
Traitement néoadjuvant:			
Chimiothérapie préopératoire	10 (8)	2 (5)	1.00
Anatomopathologie:			
Adénocarcinome	68 (54)	19 (51)	0.89
Carcinome épidermoïde	23 (18)	6 (16)	0.98

Données exprimées sous forme de médianes [intervalle interquartile] ou de nombre (%).

Légende : IMC : Indice de masse corporelle ; HTA : hypertension artérielle ; SAOS : syndrome d'apnée du sommeil ; BPCO : bronchopneumopathie chronique obstructive ; VEMS : volume expiratoire maximal seconde ; FA : fibrillation atriale ; IEC : inhibiteurs de l'enzyme de conversion ; BB : bêtabloquants ; AAG : antiagrégants plaquettaires ; AOD : anticoagulants oraux.

Tableau 9 : Analyse des variables associées à la dysfonction ventriculaire droite, définie par un RV-LSF <20% en préopératoire d'une chirurgie thoracique majeure.

V. DISCUSSION

Les résultats de notre étude visant à comparer la capacité diagnostique des paramètres échocardiographiques de l'évaluation de la fonction ventriculaire droite, dans le but d'identifier les patients ayant subi un événement cardiovasculaire majeur (MACE) après une chirurgie thoracique majeure et à évaluer la capacité pronostique du RV-LSF <20% pour évaluer la survenue de MACE à 30 jours post-opératoires de chirurgie thoracique programmée peuvent être résumés ainsi : ① on retrouvait une prévalence de MACE à 16% dont 89% étaient une survenue de FA ② le RV-LSF est le meilleur paramètre d'évaluation de la fonction ventriculaire droite permettant d'identifier les patients ayant présenté un MACE ③ la prévalence de la dysfonction ventriculaire droite préopératoire évaluée par un RVLSF <20% était de 24% et été associée à la survenue de MACE à J30, cependant ④ nous n'avons pas retrouvé de facteurs associés à un RV-LSF <20% en préopératoire.

La FA comme principale complication cardiovasculaire de chirurgie thoracique.

On retrouve dans notre étude une prévalence de 16% de MACE (n= 27/164). Parmi ces 27 évènements cardiovasculaires, 24 étaient de la FA soit 89% de l'ensemble des MACE de notre étude. L'ensemble des études sur le sujet retrouvent sensiblement les mêmes résultats quant à la prévalence de la survenue de la FA (16,19).

Dans une étude de *Goedemans et al*, le strain réservoir de l'oreillette droite (RASr) était significativement plus faible chez les patients atteints de FA que chez les patient indemne de cette pathologie, impliquant donc vraisemblablement une dysfonction atriale droite chez les patients en FA (54). Dans une étude sur une cohorte de patients bénéficiant d'une ablation de fibrillation atriale, *Gu et al* trouvaient une association entre BPCO et une récurrence de FA de façon significative en analyse multivariée (OR=1.93 IC95% [1.06-3.54]) (55). Ils théorisaient que la cause de cette association était probablement que l'hypertension artérielle pulmonaire chez les BPCO entraînait un étirement de l'oreillette droite par retentissement de la dysfonction cardiaque droite due à l'augmentation de post-charge. On pourrait retrouver un mécanisme similaire en post-opératoire de chirurgie thoracique, où l'augmentation de la pression artérielle pulmonaire et de la post-charge du ventricule droit per et post-opératoire entraineraient par répercussion une dysfonction atriale droite, responsable de fibrillation atriale.

Cela pourrait être l'objet d'une future étude sur le RASr en post-opératoire de chirurgie thoracique.

Le RV-LSF est le meilleur paramètre d'évaluation de la fonction ventriculaire droite permettant d'identifier les patients ayant présenté un MACE.

Notre étude a montré que le RVLSF était le marqueur le plus performant pour identifier les patients à risque de MACE en post opératoire de chirurgie thoracique avec une AUC = 0.68 ; IC95% [0.56- 0.80]. Il était supérieur à tous les paramètres conventionnels tels que le TAPSE, la RV-S' et la RVFAC et aussi aux autres paramètres 2D-STE, tels que le RV-FWLS et RV-GLS.

Une étude de *Ji et al* avait des résultats concordant aux nôtres, démontrant que la dysfonction droite, évaluée par le RV-LSF, était l'un des meilleurs facteurs pronostics de complications en post-opératoire de transplantation cardiaque et ce, bien au-dessus de paramètre conventionnel comme le TAPSE (AUC RV-LSF =0.82 vs AUC TAPSE =0.56 ; $p<0.001$) (56). Une étude de *Beys et al* retrouvait aussi que le RV-LSF était supérieur aux marqueurs conventionnels et 2D-STE dans le diagnostic de la dysfonction ventriculaire droite chez des patients présentant un cœur pulmonaire aigu dû à l'atteinte Covid-19 avec une AUC = 0.88 [0.56-1.00]; $p<0.001$ (47).

La dysfonction droite par RV-LSF <20% associée à la survenue de MACE à J30.

A notre connaissance, il s'agit de la première étude prospective évaluant l'association entre le RVLSF et la survenue de MACE en post-opératoire de chirurgie thoracique majeure. Dans notre étude, la dysfonction ventriculaire droite évalué en échographie par le RV-LSF<20% était indépendamment associée avec un OR = 2.81 [1.10-7.84] ; $p=0.04$ à la survenue de MACE à J30 après analyse multivariée.

Ce résultat est cohérent avec ceux de *Armentaro et al* qui trouvaient une association entre la dysfonction ventriculaire droite évalué par le TAPSE et la survenue de MACE dans une cohorte de patient atteint de BPCO à un stade léger et de *Baghel et al* qui trouvaient une association entre dysfonction droite évaluée par le TAPSE et MACE chez des patients ayant subi un infarctus du myocarde (57,58). Notre équipe observait aussi que la dysfonction ventriculaire droite évaluée par le RV-LSF était associée indépendamment à la survenue de MACE chez des patients présentant un syndrome coronarien aigu ST+ et que le RV-LSF était un facteur prédictif de mortalité dans une cohorte de patients avec une pneumopathie sévère liée au Covid-19 (49,50).

Une application clinique pourrait être l'éventuelle utilisation d'un traitement prophylactique chez certaines populations de patients à risque de présenter des MACE dont la FA. Une méta-analyse de *Riber et al* démontrait que l'utilisation d'un traitement prophylactique réduisait de manière significative le risque de FA (59). Néanmoins la modalité du traitement reste incertaine. L'amiodarone et les bêta bloquants sont les molécules les plus étudiées, et certaines études ont identifié un risque accru d'effets délétères tels que les SDRA associés à l'amiodarone (59,60).

Le diagnostic histologique de carcinome épidermoïde est associé à la survenue de MACE à J30.

Nous avons retrouvé une association statistiquement significative en régression logistique univariée entre le diagnostic histologique de carcinome épidermoïde et la survenue de MACE à J30 post-opératoire d'une chirurgie thoracique de résection pulmonaire avec OR= 4.55 [1.80-11.37] ; p=0.001. L'analyse multivariée n'a pas pu être conduite sur cette variable de part le nombre MACE survenus. Bien que peu décrite dans la littérature, cette association était déjà retrouvée par *Sun et al* qui décrivait une association entre carcinome épidermoïde et mortalité de cause cardiovasculaire dans une large cohorte de 270000 patients (61). La physiopathologie de cette association n'est pas connue.

Facteurs associés à la dysfonction droite.

Notre étude n'a pas permis de mettre en évidence des facteurs de risque préopératoires associés à un RV-LSF <20%. Néanmoins nous avons retrouvé dans cette étude, une prévalence de 37/164 (23%) de patients présentant une dysfonction ventriculaire droite évaluée par un RV-LSF <20% en préopératoire de chirurgie thoracique programmée. Il serait alors intéressant de retrouver le nombre de ces patients ayant bénéficié d'une ETT préopératoire dans le cadre du parcours et bilan préopératoire normal.

Forces et limites de l'étude

L'une des forces de notre étude était la réalisation systématique d'une échographie transthoracique en préopératoire avec la réalisation des paramètres 2D-STE de manière semi-automatisée sur le logiciel QLAB.

La principale limitation de notre étude réside dans le fait que pour recueillir la survenue d'éventuel MACE entre la sortie de l'hôpital et le 30^e jours post-opératoire, nous contactons les patients par appel téléphonique. Notre prévalence de MACE est de ce fait peut-être sous-estimée avec la survenue d'évènements asymptomatiques ou non diagnostiqués par un médecin avec un ECG. Néanmoins, l'incidence de complications post-opératoires dans notre étude, notamment d'épisodes de fibrillations atriales était cohérente avec les données de la littérature préexistante. Concernant le suivi, nous avions initialement prévu d'effectuer un suivi en consultations multiples avec échographie jusque J30 mais nous avons été contraints d'abandonner rapidement ce suivi devant l'importante proportion de patients ne s'y présentant pas (30%). En effet en période post Covid19, les patients préféraient effectuer leur suivi dans les centres hospitaliers périphériques proche de leur domicile.

L'une des limites était le fait nous n'avons pas pu mesurer le flux d'insuffisance tricuspide chez 40% des patients afin d'estimer la pression artérielle pulmonaire. Néanmoins, il ne semblait pas y avoir de différence à ce sujet entre les groupes, comme en témoigne l'absence de différence entre le VEMS préopératoire dans les groupes avec et sans MACE.

La FA paroxystique préopératoire était significativement associée à la survenue de MACE en post-opératoire en analyse multivariée avec un OR = 9.57 [2.44-43.04] ; p=0.002. Le risque de récurrence de la fibrillation atriale après un épisode paroxystique est connu, et ce même après une procédure d'ablation ou un traitement par antiarythmique (62). Dans notre étude, nous avons inclus les patients ayant un antécédent de FA paroxystique. Ce choix était motivé par le fait que d'autres études n'excluaient pas l'antécédent de FA paroxystique, pour se rapprocher de situation cliniques réelles, comme l'étude de *Mathew et al* incluant 4657 patients bénéficiant d'une chirurgie de pontage aorto-coronarien qui retrouvait une association entre la survenue de fibrillation atriale en post opératoire et un antécédent de FA paroxystique préopératoire avec un OR : 2.11[1.57-2.85] ; p<0.001.

La taille de notre cohorte pourrait également avoir limité la puissance statistique et est également une des limites.

Finalemment, comme pour beaucoup de paramètres 2D-STE, la version du logiciel utilisée constitue l'une des limites. En effet, il est possible que les résultats du RV-LSF ne soit pas comparable entre les différentes versions du logiciel QLAB et avec d'autres logiciels (63).

VI. CONCLUSION

Le RV-LSF était supérieur aux autres paramètres d'évaluation de la fonction ventriculaire droite en échographie transthoracique pour prédire la survenue de MACE à 30 jours en post-opératoire de chirurgie thoracique majeure. Le RV-LSF <20% était significativement associé à la survenue de MACE à 30 jours en post-opératoire de chirurgie thoracique majeure. Des études supplémentaires seront nécessaires pour confirmer nos résultats.

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Volume des interventions pratiquées.....	19
Figure 2 : Algorithme d'évaluation de la fonction respiratoire avant une chirurgie thoracique programmée selon ERS/ESTS 2009 (8).....	21
Figure 3 : Algorithme d'évaluation du risque cardiaque en chirurgie non cardiaque proposé par l'ESC (10).	23
Figure 4 : Facteurs de risques et mécanismes de la fibrillation atriale post-opératoire d'après Shelley et al (21).	25
Figure 5 : Coupe de dissection du ventricule droit après avoir retiré la partie antérosupérieure du ventricule droit.	28
Figure 6 : Courbe pression-volume illustrant l'hémodynamique durant la chirurgie thoracique en ventilation uni-pulmonaire.	31
Figure 7 : Nécessité de l'obtention d'une coupe centrée sur le ventricule droit.	32
Figure 8 : Mesure du TAPSE avec le mode TM sur une coupe apicale 4 cavités en ETT.	34
Figure 9 : Mesure du pic de vélocité de l'onde S' en DTI sur une coupe apicale 4 cavités. ...	35
Figure 10 : Mesure de la surface télésystolique (A) et de la surface télédiastolique (B) en coupe 4 cavités pour le calcul de la RV-FAC.	36
Figure 11 : Application d'une région d'intérêt (ROI) du myocarde et tracking des speckles au sein de la ROI durant le cycle cardiaque.....	37
Figure 12 : Formule du strain selon Lagrangian.	38
Figure 13: Mesure du RV-FWLS (A) et mesure du RV-GLS (B) par le logiciel QLAB avec placement manuel des ROI.	39
Figure 14 : Placement des 4 ROI nécessaire à l'étude du RV-LSF.	40
Figure 15 : Mesure du RV-GLS.....	49
Figure 16 : Placement des ROI et mesure du RV-LSF.	49
Figure 17 : Diagramme de flux de l'étude.	51
Figure 18 : Analyse des aires sous la courbe (AUC) des différents paramètres d'évaluation de la fonction ventriculaire droite.	57
Figure 19 : Risque cumulé de la survenue de MACE en fonction du seuil défini.	60

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Score de Lee modifié.....	22
Tableau 2 : Paramètres évaluant la fonction ventriculaire droite.....	33
Tableau 3 : Caractéristiques démographiques des deux groupes.	53
Tableau 4 : Caractéristiques chirurgicales des deux groupes.....	54
Tableau 5 : Caractéristiques échocardiographiques des deux groupes.	55
Tableau 6 : Caractéristiques du suivi des patients à J30.	56
Tableau 7 : Analyse univariée des variables associées à la survenue de MACE à 30 jours d'une chirurgie thoracique majeure.....	58
Tableau 8 : Analyse multivariée des variables associées à la survenue de MACE à 30 jours d'une chirurgie thoracique majeure.....	59
Tableau 9 : Analyse des variables associées à la dysfonction ventriculaire droite, définie par un RV-LSF <20% en préopératoire d'une chirurgie thoracique majeure.	61

ANNEXES

Risque chirurgical faible (<1%)	Risque chirurgical intermédiaire (1-5%)	Risque chirurgical élevé (>5%)
<ul style="list-style-type: none"> ● Sein ● Dentaire ● Thyroïde ● Ophtalmologie ● Gynécologie mineure ● Orthopédique mineure (ménisque) ● Reconstructrice ● Chirurgie superficielle ● Urologie mineure (RTUP) ● Résection pulmonaire mineure par vidéothoroscopie 	<ul style="list-style-type: none"> ● Carotide asymptomatique (stent ou endartériectomie) ● Carotide symptomatique (endartériectomie) ● Anévrisme aortique par voie endovasculaire ● Tête et cou ● Intra péritonéale: splénectomie, hernie hiatale, cholécystectomie ● Intra thoracique non majeure ● Neuro ou orthopédique majeures (hanche et rachis) ● Angioplastie artérielle périphérique ● Transplantation rénale ● Gynécologie ou urologie majeures 	<ul style="list-style-type: none"> ● Tumeur adrénergique ● Aorte et chirurgie vasculaire majeure ● Carotide symptomatique (stenting) ● Duodénonpancréatectomie ● Résection hépatique, canal biliaire ● Oesophagectomie ● Revascularisation de membre inférieur en chirurgie ouverte ou amputation ● Pneumonectomie (vidéo ou thoracotomie) ● Transplantation pulmonaire ou hépatique ● Perforation digestive ● Cystectomie totale

RTUP : résection trans-urétrale de prostate

Annexe 1 : Classification du risque lié à la chirurgie selon l'ESC 2022.

Aptitude physique (échelle de Duques)	MET*	VO ₂ estimée (ml/kg/min)	Activité physique réalisable sans symptôme	Risque chirurgical estimé
Excellente	> 10	> 35	Natation, Basketball Tennis en simple Ski de fond Athlétisme Courir sur une courte distance	Faible
Très bonne à bonne	7-10	24,5-35,0	Jouer au tennis en double, Football Danser Gros travaux d'entretien dans la maison Monter en haut d'une colline Monter 2 étages ou plus ¹ Marcher rapidement sur terrain plat	
Modérée	4-7	14,0-24,5	Monter 1 à 2 étages Faire du ménage	
Faible	< 4	< 14	Marcher sur terrain plat à 3-5 km/h Marcher à l'intérieur de son domicile Faire sa toilette, s'habiller, manger	Intermédiaire à élevé
Non évaluable			Aucune	

* 1 MET = 3,5 ml d'O₂/kg/min

Annexe 2 : Estimation de la réserve fonctionnelle.

	Condition	Points
C	Congestive heart failure	1
H	Hypertension	1
A ₂	Age ≥ 75 years	2
D	Diabetes mellitus	1
S ₂	Prior Stroke or TIA or Thromboembolism	2
V	Vascular disease	1
A	Age 65–74 years	1
Sc	Sex category	1

Annexe 3 : Score CHA2DS2-VASc

Condition	Points
H - Hypertension	1
A - Abnormal renal or liver function (1 point each)	1 or 2
S - Stroke	1
B - Bleeding	1
L - Labile INRs	1
E - Elderly (> 65 years)	1
D - Drugs or alcohol (1 point each)	1 or 2

Annexe 4: Score HAS-BLED

BIBLIOGRAPHIE

1. Gossot D, Saiydoun G, Leclerc JB, Dahan M, Thomas PA, Verhoye JP, et al. Thoracic surgery in France. *J Thorac Dis.* juill 2022;14(7):2721-7.
2. Osmani L, Askin F, Gabrielson E, Li QK. Current WHO guidelines and the critical role of immunohistochemical markers in the subclassification of non-small cell lung carcinoma (NSCLC): Moving from targeted therapy to immunotherapy. *Semin Cancer Biol.* oct 2018;52:103-9.
3. Goldstraw P, Chansky K, Crowley J, Rami-Porta R, Asamura H, Eberhardt WEE, et al. The IASLC Lung Cancer Staging Project: Proposals for Revision of the TNM Stage Groupings in the Forthcoming (Eighth) Edition of the TNM Classification for Lung Cancer. *J Thorac Oncol.* janv 2016;11(1):39-51.
4. Westeel V, Milleron B. Quels suivis après la chirurgie du cancer du poumon ? Pour quels malades ? *Rev Mal Respir Actual.* oct 2018;10(3):292-5.
5. Pujol JL, Thomas PA, Giraud P, Denis MG, Tretarre B, Roch B, et al. Lung Cancer in France. *J Thorac Oncol.* janv 2021;16(1):21-9.
6. © Cancer bronchique non à petites cellules, référentiel national de RCP, INCa, mars 2015.
7. Al-Ameri M, Bergman P, Franco-Cereceda A, Sartipy U. Video-assisted thoracoscopic versus open thoracotomy lobectomy: a Swedish nationwide cohort study. *J Thorac Dis.* juin 2018;10(6):3499-506.
8. Etienne H, Assouad J. Chirurgie thoracique et patients co-morbides. *Rev Mal Respir.* sept 2021;38(7):743-53.
9. Brunelli A, Charloux A, Bolliger CT, Rocco G, Sculier JP, Varela G, et al. ERS/ESTS clinical guidelines on fitness for radical therapy in lung cancer patients (surgery and chemo-radiotherapy). *Eur Respir J.* 1 juill 2009;34(1):17-41.
10. Prise en charge du coronarien opéré en chirurgie non cardiaque. *Ann Fr Anesth Réanimation.* juill 2011;30(7-8):e5-29.
11. Halvorsen S, Mehilli J, Cassese S, Hall TS, Abdelhamid M, Barbato E, et al. 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery. *Eur Heart J.* 14 oct 2022;43(39):3826-924.
12. Andersson C, Wissenberg M, Jørgensen ME, Hlatky MA, Mérie C, Jensen PF, et al. Age-Specific Performance of the Revised Cardiac Risk Index for Predicting Cardiovascular Risk in Elective Noncardiac Surgery. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes.* janv 2015;8(1):103-8.
13. Licker M, De Perrot M, Hühn L, Tschopp JM, Robert J, Frey JG, et al. Perioperative mortality and major cardio-pulmonary complications after lung surgery for non-small cell carcinoma. *Eur J Cardiothorac Surg.* mars 1999;15(3):314-9.
14. Seely AJE, Ivanovic J, Threader J, Al-Hussaini A, Al-Shehab D, Ramsay T, et al. Systematic Classification of Morbidity and Mortality After Thoracic Surgery. *Ann Thorac Surg.* sept 2010;90(3):936-42.
15. Yang J, Xia Y, Yang Y, Ni Z zheng, He W xin, Wang H feng, et al. Risk Factors for Major Adverse Events of Video-Assisted Thoracic Surgery Lobectomy for Lung Cancer. *Int J Med Sci.* 2014;11(9):863-9.
16. De Decker K, Jorens PG, Van Schil P. Cardiac complications after noncardiac thoracic surgery: an evidence-based current review. *Ann Thorac Surg.* avr 2003;75(4):1340-8.
17. Nakahara K, Ohno K, Hashimoto J, Miyoshi S, Maeda H, Matsumura A, et al. Prediction of Postoperative Respiratory Failure in Patients Undergoing Lung Resection for Lung Cancer. *Ann Thorac Surg.* nov 1988;46(5):549-52.
18. Sengupta S. Post-operative pulmonary complications after thoracotomy. *Indian J Anaesth.* 2015;59(9):618.

19. Keshava HB, Boffa DJ. Cardiovascular Complications Following Thoracic Surgery. *Thorac Surg Clin.* nov 2015;25(4):371-92.
20. Ishibashi H, Wakejima R, Asakawa A, Baba S, Nakashima Y, Seto K, et al. Postoperative Atrial Fibrillation in Lung Cancer Lobectomy—Analysis of Risk Factors and Prognosis. *World J Surg.* nov 2020;44(11):3952-9.
21. Dobrev D, Aguilar M, Heijman J, Guichard JB, Nattel S. Postoperative atrial fibrillation: mechanisms, manifestations and management. *Nat Rev Cardiol.* juill 2019;16(7):417-36.
22. Shelley B, Glass A, Keast T, McErlane J, Hughes C, Lafferty B, et al. Perioperative cardiovascular pathophysiology in patients undergoing lung resection surgery: a narrative review. *Br J Anaesth.* janv 2023;130(1):e66-79.
23. Sanaiha Y, Khoury H, Kavianpour B, Yazdani S, Gowland L, Iyengar A, et al. Impact of Approach and Hospital Volume on Cardiovascular Complications After Pulmonary Lobectomy. *J Surg Res.* mars 2019;235:202-9.
24. The Vascular Events in Noncardiac Surgery Patients Cohort Evaluation (VISION) Study Investigators, Spence J, LeManach Y, Chan MTV, Wang CY, Sigamani A, et al. Association between complications and death within 30 days after noncardiac surgery. *Can Med Assoc J.* 29 juill 2019;191(30):E830-7.
25. Potaris K, Athanasiou A, Konstantinou M, Zaglavira P, Theodoridis D, Syrigos KN. Pulmonary hypertension after pneumonectomy for lung cancer. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* nov 2014;22(9):1072-9.
26. Haniuda M, Kubo K, Fujimoto K, Aoki T, Yamanda T, Amano J. Different Effects of Lung Volume Reduction Surgery and Lobectomy on Pulmonary Circulation: *Ann Surg.* janv 2000;231(1):119.
27. Miyazawa M, Haniuda M, Nishimura H, Kubo K, Amano J. Longterm effects of pulmonary resection on cardiopulmonary function | No competing interests declared. *J Am Coll Surg.* juill 1999;189(1):26-33.
28. Cassady SJ, Ramani GV. Right Heart Failure in Pulmonary Hypertension. *Cardiol Clin.* mai 2020;38(2):243-55.
29. Vijan A, Daha IC, Delcea C, Dan GA. The complex interplay between right ventricular dysfunction and atrial fibrillation – a narrative review. *Rom J Intern Med.* 1 juin 2023;61(2):77-83.
30. Haddad F, Hunt SA, Rosenthal DN, Murphy DJ. Right Ventricular Function in Cardiovascular Disease, Part I: Anatomy, Physiology, Aging, and Functional Assessment of the Right Ventricle. *Circulation.* 18 mars 2008;117(11):1436-48.
31. Ho SY. Anatomy, echocardiography, and normal right ventricular dimensions. *Heart.* 1 avr 2006;92(suppl_1):i2-13.
32. Lorenz C, Walker E, Morgan V, Klein S, Graham T. Normal Human Right and Left Ventricular Mass, Systolic Function, and Gender Differences by Cine Magnetic Resonance Imaging. *J Cardiovasc Magn Reson.* 1 janv 1999;1(1):7-21.
33. Dell'Italia LJ. Anatomy and Physiology of the Right Ventricle. *Cardiol Clin.* mai 2012;30(2):167-87.
34. Waller DA, Keavey P, Woodfine L, Dark JH. Pulmonary endothelial permeability changes after major lung resection. *Ann Thorac Surg.* mai 1996;61(5):1435-40.
35. Reed CE, Spinale FG, Crawford FA. Effect of pulmonary resection on right ventricular function. *Ann Thorac Surg.* avr 1992;53(4):578-82.
36. Cingolani HE, Pérez NG, Cingolani OH, Ennis IL. The Anrep effect: 100 years later. *Am J Physiol-Heart Circ Physiol.* 15 janv 2013;304(2):H175-82.
37. McCall PJ, Arthur A, Glass A, Corcoran DS, Kirk A, Macfie A, et al. The right ventricular response to lung resection. *J Thorac Cardiovasc Surg.* août 2019;158(2):556-

565.e5.

38. Surkova E, Muraru D, Iliceto S, Badano LP. The use of multimodality cardiovascular imaging to assess right ventricular size and function. *Int J Cardiol.* juill 2016;214:54-69.
39. Zaidi A, Knight DS, Augustine DX, Harkness A, Oxborough D, Pearce K, et al. Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Practical Guideline from the British Society of Echocardiography. *Echo Res Pract.* mars 2020;7(1):G19-41.
40. Surkova E, Cosyns B, Gerber B, Gimelli A, La Gerche A, Ajmone Marsan N. The dysfunctional right ventricle: the importance of multi-modality imaging. *Eur Heart J - Cardiovasc Imaging.* 21 juin 2022;23(7):885-97.
41. Tamborini G, Pepi M, Galli CA, Maltagliati A, Celeste F, Muratori M, et al. Feasibility and accuracy of a routine echocardiographic assessment of right ventricular function. *Int J Cardiol.* janv 2007;115(1):86-9.
42. Lindqvist P, Waldenström A, Henein M, Mörner S, Kazzam E. Regional and Global Right Ventricular Function in Healthy Individuals Aged 20–90 Years: A Pulsed Doppler Tissue Imaging Study Umeå General Population Heart Study. *Echocardiography.* avr 2005;22(4):305-14.
43. Anavekar NS, Gerson D, Skali H, Kwong RY, Kent Yucel E, Solomon SD. Two-Dimensional Assessment of Right Ventricular Function: An Echocardiographic–MRI Correlative Study. *Echocardiography.* mai 2007;24(5):452-6.
44. Nesbitt GC, Mankad S, Oh JK. Strain imaging in echocardiography: methods and clinical applications. *Int J Cardiovasc Imaging.* avr 2009;25(S1):9-22.
45. Voigt JU, Cvijic M. 2- and 3-Dimensional Myocardial Strain in Cardiac Health and Disease. *JACC Cardiovasc Imaging.* sept 2019;12(9):1849-63.
46. Mirsky I, Parmley WW. Assessment of Passive Elastic Stiffness for Isolated Heart Muscle and the Intact Heart. *Circ Res.* août 1973;33(2):233-43.
47. Beyls C, Bohbot Y, Huette P, Booz T, Daumin C, Abou-Arab O, et al. Usefulness of Right Ventricular Longitudinal Shortening Fraction to Detect Right Ventricular Dysfunction in Acute Cor Pulmonale Related to COVID-19. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* déc 2021;35(12):3594-603.
48. Li Y, Wang Y, Yang Y, Liu M, Meng X, Shi Y, et al. Tricuspid annular displacement measured by 2-dimensional speckle tracking echocardiography for predicting right ventricular function in pulmonary hypertension: A new approach to evaluating right ventricle dysfunction. *Medicine (Baltimore).* juill 2018;97(30):e11710.
49. Beyls C, Hermida A, Martin N, Peschanski J, Debrigode R, Vialatte A, et al. Prognostic Value of Right Ventricular Longitudinal Shortening Fraction in Patients With ST-Elevation Myocardial Infarction: A Prospective Echocardiography Study. *Am J Cardiol.* janv 2024;211:79-88.
50. Beyls C, Daumin C, Hermida A, Booz T, Ghesquieres T, Crombet M, et al. Association between the Right Ventricular Longitudinal Shortening Fraction and Mortality in Acute Respiratory Distress Syndrome Related to COVID-19 Infection: A Prospective Study. *J Clin Med.* 6 mai 2022;11(9):2625.
51. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* janv 2015;28(1):1-39.e14.
52. Lemeshow S, Hosmer DW. A REVIEW OF GOODNESS OF FIT STATISTICS FOR USE IN THE DEVELOPMENT OF LOGISTIC REGRESSION MODELS¹. *Am J Epidemiol.* janv 1982;115(1):92-106.
53. Romero C, Te Velde L, Ponsen H, Cleophas TJ. C-statistics versus logistic regression for assessing the performance of qualitative diagnostic tests. *Clin Chem Lab Med [Internet].* 1

- janv 2012 [cité 16 avr 2024];50(1). Disponible sur:
<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/cclm.2011.726/html>
54. Goedemans L, Leung M, Van Der Bijl P, Abou R, Vo NM, Ajmone Marsan N, et al. Influence of Chronic Obstructive Pulmonary Disease on Atrial Mechanics by Speckle Tracking Echocardiography in Patients With Atrial Fibrillation. *Am J Cardiol.* mars 2021;143:60-6.
 55. Gu J, Liu X, Tan H, Zhou L, Jiang W, Wang Y, et al. Impact of Chronic Obstructive Pulmonary Disease on Procedural Outcomes and Quality of Life in Patients with Atrial Fibrillation Undergoing Catheter Ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol.* févr 2013;24(2):148-54.
 56. Ji X, Zhang Y, Xie Y, Wang W, Tan Y, Xie M, et al. Feasibility Value of Right Ventricular Longitudinal Shortening Fraction and the Prognostic Implications in Patients With Heart Transplantation. *J Am Heart Assoc.* 19 mars 2024;13(6):e032402.
 57. Armentaro G, Pelaia C, Cassano V, Miceli S, Maio R, Perticone M, et al. Association between right ventricular dysfunction and adverse cardiac events in mild COPD patients. *Eur J Clin Invest.* févr 2023;53(2):e13887.
 58. Baghel PK, Tripathi SK, Vahab AA, Aggarwal P. Assessment of Right Ventricular Function in Patients With Acute Myocardial Infarction. *Cureus [Internet].* 20 févr 2022 [cité 14 avr 2024]; Disponible sur: <https://www.cureus.com/articles/84629-assessment-of-right-ventricular-function-in-patients-with-acute-myocardial-infarction>
 59. Riber LP, Larsen TB, Christensen TD. Postoperative Atrial Fibrillation Prophylaxis After Lung Surgery: Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Thorac Surg.* déc 2014;98(6):1989-97.
 60. Van Mieghem W, Coolen L, Malysse I, Lacquet LM, Deneffe GJD, Demedts MGP. Amiodarone and the Development of ARDS After Lung Surgery. *Chest.* juin 1994;105(6):1642-5.
 61. Sun JY, Zhang ZY, Qu Q, Wang N, Zhang YM, Miao LF, et al. Cardiovascular disease-specific mortality in 270,618 patients with non-small cell lung cancer. *Int J Cardiol.* mai 2021;330:186-93.
 62. Andrade JG, Deyell MW, Macle L, Wells GA, Bennett M, Essebag V, et al. Progression of Atrial Fibrillation after Cryoablation or Drug Therapy. *N Engl J Med.* 12 janv 2023;388(2):105-16.
 63. Il'Giovine ZJ, Mulder H, Chiswell K, Arges K, Tomfohr J, Hashmi A, et al. Right Ventricular Longitudinal Strain Reproducibility Using Vendor-Dependent and Vendor-Independent Software. *J Am Soc Echocardiogr.* juin 2018;31(6):721-732.e5.

ASSOCIATION ENTRE LA DYSFONCTION VENTRICULAIRE DROITE PREOPERATOIRE
ET L'INCIDENCE D'EVENEMENTS CARDIOVASCULAIRES MAJEURS APRES UNE
CHIRURGIE THORACIQUE DE RESECTION PULMONAIRE.

Résumé :

Introduction : La chirurgie thoracique est primordiale dans la prise en charge du cancer du poumon. Ses principales complications sont d'ordres cardiovasculaires et respiratoires avec entre autres la survenue d'hypertension artérielle pulmonaire. La dysfonction ventriculaire droite évaluée notamment par la fraction longitudinale de raccourcissement du ventricule droit (RV-LSF) était associée à la survenue d'évènements cardiovasculaires majeurs (MACE) dans diverses pathologies telle que le Covid-19.

Objectifs : Comparer la capacité diagnostique des marqueurs d'évaluations de la fonction ventriculaire droite pour identifier les MACE en post-opératoire de chirurgie thoracique et déterminer si le RV-LSF <20% peut prédire la survenue de MACE en post-opératoire de chirurgie thoracique.

Méthode : Il s'agit d'une étude prospective réalisé au CHU d'Amiens entre septembre 2021 et octobre 2023. Les patients opérés d'une résection pulmonaire majeure programmée dans le service de chirurgie thoracique bénéficiaient d'une échographie transthoracique préopératoire pour mesurer le RV-LSF et des autres paramètres d'évaluations de la fonction ventriculaire droite. Le critère de jugement principal était la survenue d'un MACE à 30 jours post-opératoire.

Résultats : Au total, 164 patients ont été inclus. 27 (16%) patients ont présenté un MACE. Les patients du groupe MACE étaient plus âgés (71 [62-74] ans vs 64 [55-69] ans ; P = 0.002) que le groupe absence de MACE. Le RV-LSF était inférieur dans le groupe MACE (n=22% [18-25] vs n=25% [22-29] ; P = 0.003). Le RVLSF avait la meilleure AUC pour identifier les patients à risque de MACE en post opératoire de chirurgie thoracique (AUC = 0.68 ; IC95% [0.56-0.80]). Dans le modèle univarié, le RV-LSF <20% était associé la survenue de MACE à J30 de façon significative avec un OR 3.58 [1.48-8.62] ; p=0.004. Dans le modèle multivarié, le RV-LSF <20% avec un OR = 2.81 [1.10-7.84] ; p=0.04 était associé la survenue de MACE à J30 de façon significative.

Conclusion : Le RV-LSF semble être le meilleur paramètre échographique d'évaluation de la fonction ventriculaire droite pour prédire la survenue de MACE en post-opératoire de chirurgie thoracique majeure et le RV-LSF <20% était associé la survenue de MACE à J30 de façon significative.

Mots clés : chirurgie thoracique, MACE, ventricule droit, RV-LSF, dysfonction ventriculaire droite.

ASSOCIATION BETWEEN PREOPERATIVE RIGHT VENTRICULAR DYSFUNCTION AND
THE INCIDENCE OF MAJOR CARDIOVASCULAR EVENTS AFTER THORACIC
SURGERY FOR LUNG RESECTION.

Abstract :

Introduction: Thoracic surgery is crucial in the management of lung cancer. Its main complications are cardiovascular and respiratory, including the occurrence of pulmonary hypertension. Right ventricular dysfunction, assessed by the right ventricular longitudinal shortening fraction (RV-LSF), has been associated with the occurrence of major adverse cardiovascular events (MACE) in various pathologies such as Covid-19.

Objectives: To compare the diagnostic ability of markers assessing right ventricular function to identify postoperative major adverse cardiovascular events (MACE) in thoracic surgery and determine if RV-LSF <20% can predict the occurrence of postoperative MACE in thoracic surgery.

Method: This is a prospective study conducted at the University Hospital of Amiens between September 2021 and October 2023. Patients undergoing scheduled major lung resection in the thoracic surgery department underwent preoperative transthoracic echocardiography. We measured RV-LSF and other parameters assessing right ventricular function. The primary outcome was the occurrence of a MACE within 30 days postoperatively.

Results: A total of 164 patients were included. 27 (16%) patients experienced a MACE. Patients in the MACE group were older (71 [62-74] years vs 64 [55-69] years; P = 0.002) than those in the no MACE group. RV-LSF was lower in the MACE group (22% [18-25] vs 25% [22-29]; P = 0.003). RV-LSF had the best AUC for identifying patients at risk of postoperative MACE in thoracic surgery (AUC = 0.68; 95% CI [0.56-0.80]). In the univariate analysis, RV-LSF <20% was significantly associated with the occurrence of MACE at D30 with an OR of 3.58 [1.48-8.62]; p = 0.004. In the multivariate analysis, RV-LSF <20% with an OR of 2.81 [1.10-7.84] ; p=0.04 was significantly associated with the occurrence of MACE at D30.

Conclusion: RV-LSF appears to be the best echocardiographic marker assessing the right ventricular function to predict the occurrence of MACE in the postoperative period of major thoracic surgery, and RV-LSF <20% was significantly associated with the occurrence of MACE at D30.

Keywords: thoracic surgery, MACE, right ventricle, RV-LSF, right ventricular dysfunction.