



Evaluation et réhabilitation préopératoire en chirurgie thoracique

Fairuz Boujibar

► To cite this version:

Fairuz Boujibar. Evaluation et réhabilitation préopératoire en chirurgie thoracique. Médecine humaine et pathologie. Normandie Université, 2020. Français. NNT : 2020NORMR096 . tel-03427182

HAL Id: tel-03427182

<https://theses.hal.science/tel-03427182>

Submitted on 13 Nov 2021

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.



Normandie Université

THESE

Pour obtenir le diplôme de doctorat

Spécialité SCIENCES DE LA VIE ET DE LA SANTÉ

Préparée au sein de l'Université de Rouen Normandie

Évaluation et réhabilitation préopératoire en chirurgie thoracique

**Présentée et soutenue par
Fairuz BOUJIBAR**

**Thèse soutenue publiquement le 12 Novembre 2020 à 16h dans l'amphithéâtre Gambetta du CHU de Rouen
devant le jury composé de**

Monsieur le Professeur Bernard AGUILANIU	PU-PH / Pneumologue, CHU de Grenoble	Rapporteur
Madame le Professeur Anne CHARLOUX	PU-PH / Pneumologue, CHU de Strasbourg	Examineur
Madame le Professeur Françoise Le PIMPEC-BARTHES	PU-PH / Chirurgien Thoracique, Hôpital européen Georges Pompidou, Paris	Examineur
Monsieur le Professeur Marc FILAIRE	PU-PH / Chirurgien Thoracique, Centre Jean Perrin, Clermont-Ferrand	Rapporteur
Monsieur le Professeur Éric VERIN	PU-PH / Pneumologue/Médecine Physique et de réadaptation, CHU de Rouen	Examineur
Monsieur le Professeur Antoine CUVELIER	PU-PH / Pneumologue, CHU de Rouen	Co-directeur de thèse
Monsieur le Professeur Jean-Marc BASTE	PU-PH / Chirurgien Thoracique, CHU de Rouen	Directeur de thèse

Thèse dirigée par le Pr Jean-Marc BASTE, laboratoire INSERM 1096, Endothélium, Valvulopathies et Insuffisance Cardiaque
Et co-dirigée par le Pr Antoine CUVELIER, UPRES EA 3830 Groupe de Recherche sur le Handicap Ventilatoire



Remerciements

Au Professeur Jean-Marc BASTE, mon directeur de thèse, sans qui tout ce travail n'aurait pas été possible. Merci de m'avoir toujours soutenue et encouragée avec beaucoup de bienveillance. Merci d'avoir toujours su être présent et de m'avoir accordé tout le temps dont j'avais besoin malgré vos journées très chargées. Merci pour votre dynamisme et votre rigueur qui m'ont donné envie de faire mieux chaque jour.

Au Professeur Antoine CUVELIER, pour son encadrement, ses relectures, ses idées ainsi que la confiance qu'il m'a accordée depuis le début de cette thèse. Merci pour tout ce que vous apportez aux kinésithérapeutes que ce soit lors de leur formation initiale que lors de leur cursus universitaire.

Aux membres du jury et aux rapporteurs de ce travail, le Professeur Anne CHARLOUX, le Professeur Françoise LE PIMPEC-BARTHESES, le Professeur Marc FILAIRE, le Professeur Bernard AGUILANIU ainsi que le Professeur Eric VERIN, merci pour le temps accordé à l'évaluation et à l'amélioration de ce travail.

Au Professeur Vincent RICHARD et à tous les membres du laboratoire INSERM 1096, pour m'avoir accueilli au sein de leur structure.

Aux membres de mon comité de suivi individuel de thèse, le docteur Jean-Christian BOREL, le Professeur Saïd AL AHMAIDI, le Professeur Jean-Christophe AVICE et au docteur Maxime PATOUT, pour leurs précieux conseils et encouragements.

Aux chirurgiens thoraciques et aux réanimateurs médicaux du CHU de Rouen avec qui j'ai eu le plaisir de travailler ces dernières années.

Au docteur André GILLIBERT, biostatisticien, merci d'avoir partagé ta passion et ta rigueur statistique, merci pour le temps que tu m'as accordé, tout ce travail n'aurait pas été possible sans toi.

Au CHU de Rouen, en particulier la Direction de la Recherche Clinique et de l'Innovation ainsi que le Pôle 3R qui m'ont soutenu dans ce projet de thèse et m'ont permis de le réaliser dans de très bonnes conditions.

Aux kinésithérapeutes du CHU de Rouen ainsi qu'aux cadres formateurs de l'IFMK de Rouen, pour leur bonne humeur et leur sympathie au quotidien

A mes amis, Timothée, Nicolas, Pauline, Charlène, Camille, Yann, Marion, Charlène, Alexis et tous les autres, merci pour votre amitié et tous ces bons moments passés ensemble.

A Marine FOURDRAIN, précieuse amie et collègue, merci pour ton aide et ton soutien depuis toutes ces années.

A Francis-Édouard Gravier, ami et collègue doctorant-kiné, tes relectures et tes conseils ont été pour moi d'une importance majeure. J'espère que nous continuerons encore longtemps à collaborer ensemble.

A Tristan Bonnevie, collègue de promo durant ce doctorat et ami, merci pour ton aide précieuse durant cette thèse, pour tes avis pertinents, tes relectures qui m'ont énormément aidé. J'espère qu'à l'avenir nous aurons encore beaucoup d'occasions de travailler ensemble.

A mes frères, je suis très fière de vous, de la fratrie que nous formons, pleine d'empathie et d'amour.

A la mémoire de mon père, qui j'espère, aurait été fier de ce travail.

A ma mère, merci pour ton éducation, pour ton amour et ton dynamisme, tu es une maman exceptionnelle.

A mon beau père, pour son accompagnement et sa gentillesse depuis toutes ces années.

A mon mari, merci d'être plus que parfait, merci pour tes encouragements de tous les jours, ta positivité et de croire subjectivement que tout ce que je fais est forcément très bien, merci d'être et d'avoir été celui qui se lève la nuit pour s'occuper de notre fils.

A mon fils, Jad, qui est arrivé durant cette thèse, tu es une formidable source de bonheur, d'amour et de déconcentration au quotidien, merci d'être un merveilleux petit garçon qui m'apporte tant de joie et de sourires. J'espère que tu liras ces lignes dans quelques années, sache que ta maman t'aime plus que tout.

Publications durant cette thèse

- **Boujibar F**, Bonnevie T, Debeaumont D, Bubenheim M, Cuvelier A, Peillon C, Gravier FE, Baste JM. Impact of prehabilitation on morbidity and mortality after pulmonary lobectomy by minimally invasive surgery: a cohort study. J Thorac Dis. 2018 Apr;10(4):2240-2248.
- Gravier FE, Bonnevie T, **Boujibar F**, Médrinal C, Prieur G, Combret Y, Muir JF, Cuvelier A, Baste JM, Debeaumont D. Effect of prehabilitation on ventilatory efficiency in non-small cell lung cancer patients: A cohort study. J Thorac Cardiovasc Surg. 2019 Jun;157(6):2504-2512.e1
- Azzi M, Debeaumont D, Bonnevie T, Aguilaniu B, Cerasuolo D, **Boujibar F**, Cuvelier A, Gravier FE. Evaluation of the 3-minute chair rise test as part of preoperative evaluation for patients with non-small cell lung cancer. Thorac Cancer. 2020 Jul 8.
- **Boujibar F**, Gillibert A, Gravier FE, Gillot T, Bonnevie T, Cuvelier A, Baste JM. Performance at stair-climbing test is associated with postoperative complications after lung resection: a systematic review and meta-analysis. Thorax. 2020 Jul 10;thoraxjnl-2019-214019.
- **Boujibar F**, Gillibert A, Gravier FE, Rinieri P, Montagne F, Selim J, Bonnevie T, Cuvelier A, Baste JM. The 6-Minute Stepper Test and the Sit To Stand Test to predict

postoperative complications following major pulmonary resection by minimally invasive surgery. *En révision dans la revue Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*.

- **Boujibar F**, Gravier FE, Selim J, Baste JM. Preoperative assessment for minimally invasive surgery : need an update ? *Soumis dans la revue The Annals of Thoracic Surgery*
- **Boujibar F**, Gravier FE, Cuvelier A, Bonnevie T, Baste JM. Six To Stand Test and Six-minute stepper test to set préhabilitation in lung resection candidates operated by minimally invasive surgery. *En attente de soumission*
- Gravier FE, Bonnevie T, **Boujibar F**, Medrinal C, Prieur G, Combret Y, Muir JF, Baste JM, Debeaumont D, Cuvelier A. Cardiopulmonary exercise testing in patients with non-small cell lung cancer: trust the VO₂peak ? *Journal of Thoracic Disease*. 2020 (accepted 14 Augut).

Table des matières

Introduction générale	9
Chapitre 1 Évaluation préopératoire.....	12
ÉVALUATION CARDIAQUE.....	13
THORACOSCORE.....	15
MET – Metabolic Equivalent of Task.....	18
EXPLORATION FONCTIONNELLE RESPIRATOIRE	19
EXPLORATION FONCTIONNELLE A L'EXERCICE	21
RECOMMANDATIONS.....	23
TEST DE MARCHÉ DE 6 MINUTES (TDM6)	25
TEST DE LA NAVETTE	27
ÉTUDE N°1 – META-ANALYSE SUR LE TEST DE MONTEE D'ESCALIERS.....	28
EDITORIAL.....	38
TEST STEPPER DE 6 MINUTES (6MST)	44
TEST DE LEVER DE CHAISE (STST).....	45
ÉTUDE N° 2 – INTÉRÊT DU TEST STEPPER ET DU TEST DE LEVER DE CHAISE DANS LA PRÉDICTION DES COMPLICATIONS POSTOPÉRATOIRES – PREOTEST.....	46
Chapitre 2 Réhabilitation préopératoire	70
DÉFINITION	71
MISE EN PLACE	72
COMPOSANTES	72
EN PRÉOPÉRATOIRE	78
CANDIDATS A LA RÉHABILITATION	79
LITTÉRATURE.....	80
ÉTUDE N°3 – INTÉRÊT D'UNE RÉHABILITATION PRÉOPÉRATOIRE CHEZ DES PATIENTS OPÉRÉS PAR CHIRURGIE MINI INVASIVE	83
Chapitre 3 Perspectives de réhabilitation à partir des tests de terrain	94
ÉTUDE N°4 – TESTS DE TERRAIN DANS LA MISE EN PLACE D'UNE PRÉHABILITATION	95
Conclusion générale	107
Bibliographie	111
Annexes.....	117
Curriculum vitae.....	121

Liste des abréviations

ACCP: *American College of Chest Physicians*

AUC: *Area under the curve*

BPCO: bronchopneumopathie chronique obstructive

BORG : échelle de perception de l'effort physique

CHU : centre hospitalo-universitaire

CO : monoxyde de carbone

DLCO : diffusion pulmonaire du CO (monoxyde de carbone)

EFX : épreuve fonctionnelle d'exercice

EPITHOR : base de données épidémiologique en chirurgie thoracique

ERS/ESTS: *European Respiratory Society / European Society of Thoracic Surgeons*

FC : fréquence cardiaque

IMC : indice de masse corporelle

MET : équivalent métabolique

PA : paquet-années

PaO₂ : pression partielle artérielle en oxygène

P_Imax: pression inspiratoire maximale

ROC: *receiver operating characteristic*

STST: *Sit to stand Test*

SpO₂: saturation pulsatile en oxygène

ThRCRI: *thoracic revised cardiac risk index*

TDM6 : test de marche de 6 minutes

Valeur ppo : valeur prédite postopératoire

VEMS : volume expiratoire maximal par seconde

VO₂max : consommation maximale d'O₂ fournie au maximum de l'effort

Introduction générale

Alors que le cancer du poumon ne se trouve qu'au 4^e rang des localisations de tumeurs, il est celui au pronostic le plus sombre, avec 33 117 décès estimés en France en 2018 (1).

Chez l'homme, c'est le 2^e cancer le plus fréquent et il représente la première cause de décès, toutes causes confondues entre 45 et 64 ans (2).

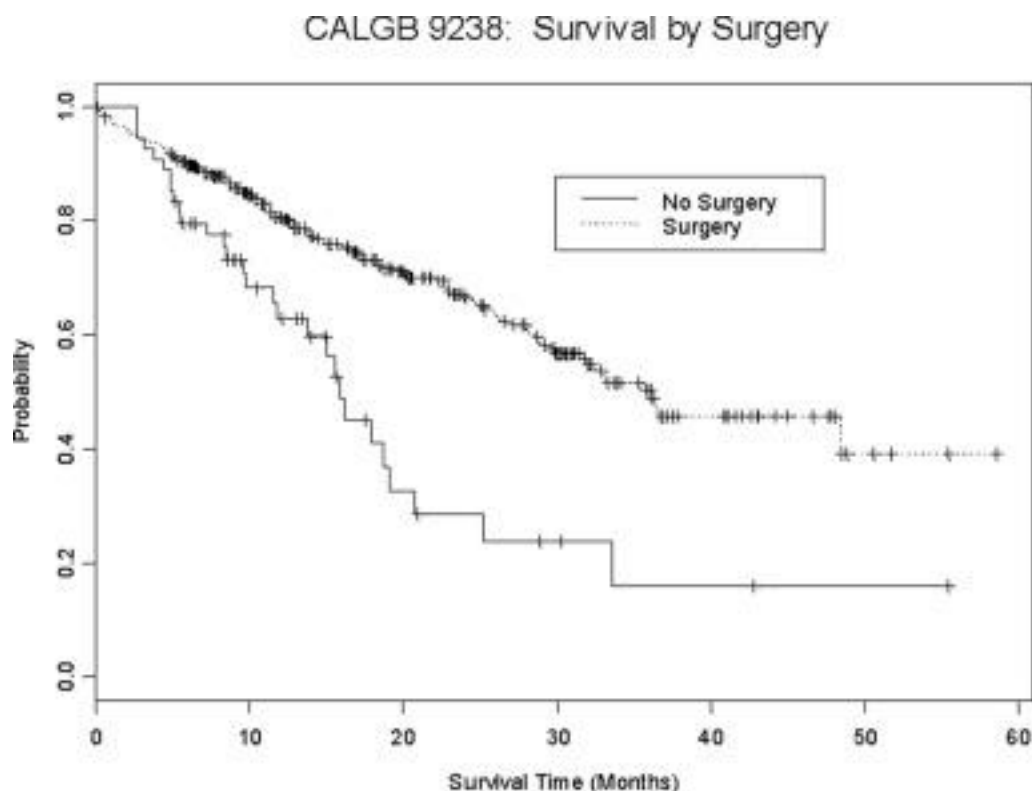
Son incidence a cependant diminué depuis les années 2000 (-11 %) contrairement à la femme chez qui on observe une augmentation de l'incidence entre 1990 et 2018 (+5,3 %). Cette tendance est en lien avec l'augmentation de l'activité tabagique chez cette population (3,4).

Le cancer pulmonaire est traditionnellement catégorisé en deux groupes : le cancer à petites cellules et le non à petites cellules (CBNPC). Ce groupage est ensuite affiné à l'aide des marqueurs immuno-histochimiques permettant de distinguer les atteintes invasives des lésions pré-invasives. La caractérisation moléculaire et les thérapies ciblées permettent également de spécifier la classification oncologique (5).

Les cancers à petites cellules représentent 15 % des cancers broncho-pulmonaires (6), l'approche thérapeutique consiste en une radiothérapie et/ou chimiothérapie associée ou non à une immunothérapie. Ils ont de moins bon pronostic, dans 2/3 des cas le diagnostic est réalisé au stade métastatique. On note une survie à 5 ans de 1 à 5 % et une survie moyenne de 6 à 10 mois après le diagnostic (7).

Les cancers bronchiques non à petites cellules (CBNPC) représentent 85 % des cancers broncho-pulmonaires, on retrouve principalement les cancers épidermoïdes et les adénocarcinomes. La chirurgie est le traitement curatif de référence dans les stades I et II de la maladie selon la classification TNM de Mountain (5), et dans certains cas de stade III en association avec un traitement néo-adjuvant (radio/chimiothérapie). La médiane de survie est

de 3 ans avec un traitement chirurgical contre 15,9 mois en l'absence de chirurgie ($p < 0.00003$) (8).



Courbe de Kaplan-Meier représentant la médiane de survie

Loewen, G et al. Preoperative Exercise Vo2 Measurement for Lung Resection Candidates: Results of Cancer and Leukemia Group B Protocol 9238; Journal of thoracic oncology, 2007

Le pronostic de la maladie est principalement lié à la résécabilité et au type de tumeur (9), à l'expérience du centre (10), à la rapidité de prise en charge ainsi qu'à l'état général du patient (11).

La chirurgie d'exérèse d'un CBNPC consiste en l'ablation de la tumeur. La résection peut être plus ou moins majeure, allant d'une résection cunéiforme (ou wedge) consistant en une exérèse parenchymateuse périphérique, à la pneumonectomie, consistant en l'ablation d'un poumon entier, avec plus ou moins curage ganglionnaire radical. La voie d'abord traditionnelle pour ces exérèses est la thoracotomie postéro-latérale, avec ces dernières années le développement de la

chirurgie mini invasive assistée par vidéo (*VATS ou video assisted thoracic surgery*) ou par robot (*RATS ou robotic assisted thoracic surgery*).

La chirurgie thoracique est associée à une incidence de 13 % à 28 % de complications et d'une mortalité oscillant entre 3 % et 10 % selon les séries (9). Le risque de complications est même multiplié par 5,5 chez les fumeurs (12).

Pour les patients présentant une tumeur résécable, se pose la question de l'opérabilité. Elle correspond au bénéfice-risque acceptable par la communauté médico-chirurgicale mais aussi par le patient. Ce dernier doit être impliqué dans la décision thérapeutique, c'est le concept de « share decision making » (13).

L'opérabilité est déterminée selon le profil du patient et tous les patients ne sont pas opérables. Selon Baser et al. , 60 % des patients considérés comme inopérables de part leurs comorbidités, ont un cancer de stade précoce (I et II) (14) ; or les alternatives thérapeutiques pour ces lésions localisées restent actuellement sous-optimales.

Il existe de nombreux facteurs de risques de complications postopératoires, certains sont modifiables (activité tabagique, dénutrition, déconditionnement à l'effort ...) et d'autres ne le sont pas (âge, sexe masculin, comorbidités...) (15). La question de l'évaluation et de la préparation est majeure afin d'optimiser l'opérabilité. L'objectif de ce travail est d'étudier les facteurs fonctionnels influençant la prise en charge chirurgicale de patients souffrant de CBNPC.

Nous verrons dans une première partie les modalités de l'évaluation préopératoire, nous avons axé notre travail sur l'intérêt des tests de terrain dans cette évaluation. Dans un second temps, nous orienterons notre travail sur la réhabilitation préopératoire ou « préhabilitation », avant de discuter dans une troisième partie de la place des tests de terrain dans l'accès à la réhabilitation.

Chapitre 1

Évaluation préopératoire

ÉVALUATION CARDIAQUE

L'évaluation cardiaque est un préalable essentiel en chirurgie thoracique. En effet, cette chirurgie qualifiée de « majeure » implique le système cardio-respiratoire et peut être pourvoyeuse de complications. D'autre part, les facteurs de risques à l'origine de l'indication chirurgicale, notamment le tabagisme, engendrent aussi fréquemment des comorbidités cardio-vasculaires. L'indication à un examen cardiologique est déterminée à l'aide du score Thoracic Revised Cardiac Risk Index (**ThRCRI**) (16) qui comprend une évaluation en quatre facteurs pondérés:

- Cardiopathie ischémique, définie comme la présence de l'un des éléments suivants : antécédents d'infarctus du myocarde, antécédents d'un test d'effort positif, plainte actuelle de douleur thoracique considérée comme liée à une ischémie myocardique, ou à un électrocardiogramme avec ondes Q pathologiques → score = 1,5 point ;
- Antécédents de maladie cérébro-vasculaire, définie comme un accident ischémique transitoire ou un accident vasculaire cérébral → score = 1,5 point ;
- Taux de créatinine sérique supérieur à 2 mg / dL → score = 1 point ;
- Chirurgie de pneumonectomie → score = 1,5 point.

Une consultation cardiologique est préconisée si le résultat de ce score est supérieur ou égal à 2, si une pathologie cardiaque est nouvellement diagnostiquée ou mal équilibrée ou si le patient est incapable de monter 2 étages.

Ce score a été développé pour prédire le risque de complications cardiaques après une chirurgie non cardiaque. Les patients avec un score ThRCRI supérieur à 2,5 (plus de deux facteurs de risque) vivent 56 mois de moins (en médiane) que les patients avec un score inférieur à 1,5 après résection pour cancer pulmonaire de stade I (17).

Le collège des pneumologues américains (*American College of Chest physicians, ACCP*) recommande l'utilisation systématique de cet outil dans le cadre de l'évaluation préliminaire de l'opéré thoracique (18)

THORACOSCORE

Le **Thoracoscoring** (The Thoracic Surgery Scoring System) est un index prédictif de mortalité postopératoire à 30 jours en chirurgie thoracique. Il a été décrit la première fois en 2007 à partir d'un échantillon de 15 183 interventions issues de la base de données EPITHOR de la Société Française de Chirurgie Thoracique et Cardio Vasculaire (19), puis réactualisé en 2020 sur un échantillon de 56 279 patients opérés en 2016 et 2017 (20).

C'est un score qui inclut toutes les chirurgies thoraciques : chirurgies médiastinales, pariétales, de résection pulmonaire : de la wedge à la pneumonectomie. Sont exclues les chirurgies œsophagiennes.

Une combinaison linéaire des variables permet de calculer le logarithme de la cote du risque de décès à 30 jours ou décès intra-hospitaliers lors du séjour initial, ce calcul de risque est réalisé en fonction des caractéristiques du patient.

Coefficients	Original model (n = 56 279)
Age (years)	
<55	0
55–65	0.7679
≥65	1.0073
Sex	
Female	0
Male	0.4505
ASA score	
≤2	0
≥3	0.6057
Performance status classification	
≤2	0
≥3	0.689
Dyspnoea score	
≤2	
≥3	0.9075
Priority of surgery	
Elective	0
Emergency	0.8443
Procedure class	
Other	0
Pneumonectomy	1.2176
Diagnosis group	
Benign	0
Malignant	1.2423
Comorbidity score	
0	0
≤2	0.7447
≥3	0.9065
Intercept	-7.3737

Coefficient de risque associé aux caractéristiques

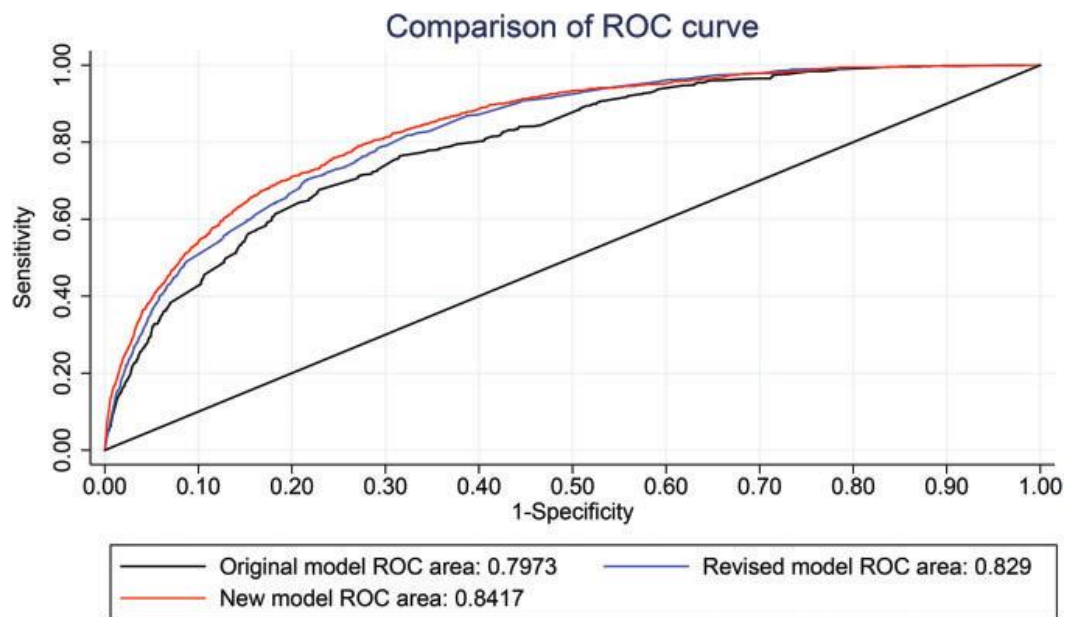
Die Loucou, J et al. Validation and update of the thoracic surgery scoring system (Thoracscore) risk model
European Journal of Cardio-Thoracic Surgery, Volume 58, Issue 2, August 2020

Ce score correspond à :

$$\text{Score} = -7,37 + 1,24 \times \text{malignité} + 0,45 \text{ pour les hommes} + \dots +$$

Une fois le score calculé, on peut déduire la probabilité comme étant :

$$\exp(\text{score}) / (1 + \exp(\text{score}))$$



Comparaison des courbes ROC entre le nouveau modèle et le modèle original du Thoracoscoring

Le calcul est réalisé à partir de la même base de données française (EPITHOR), sur deux périodes différentes.

La révision du modèle a permis d'améliorer l'aire sous la courbe ROC de cet index (AUC 0,79 → 0,84). Un patient qui décède suite à une chirurgie thoracique aurait une probabilité de 84 % d'avoir eu un score plus élevé que celui qui ne décède pas, selon le nouveau modèle, contre 79 % selon l'ancien modèle.

Les limites de ce score sont l'association de toutes les chirurgies, aussi bien celles de résection pulmonaire que des chirurgies médiastinales ou pariétales.

Cet index a bénéficié d'une validation externe sur des échantillons internationaux (21). Les résultats sont cependant contrastés, une étude prospective multicentrique menée au Royaume Uni (22) sur 2245 patients conclue à une surestimation du risque de mortalité par le thoracoscoring.

MET – Metabolic Equivalent of Task

L'équivalent métabolique est utilisé comme unité de mesure de l'intensité d'une activité physique, il est corrélé aux activités de la vie quotidienne.

Le métabolisme basal représente 1 **MET**, ce qui correspond à une consommation d'oxygène de 3,5 mL/min/kg, l'énergie d'un individu au repos assis sur une chaise.

1 MET	- Autonomie pour les activités de la vie quotidienne - Marche dans la maison et dans la rue (3-5km/h)
4 MET	- Activités domestiques importantes (laver le sol...) - Monter un étage sans pause - Marcher dans la rue (5-7km/h)
10 MET	Activité sportive intense (course, natation...)

Score de Duke – Hlatky et al, Am J Cardiol 1989 (2)

Si le score **MET** < 4, il existe un risque important de complications cardio-respiratoires postopératoires (24).

La limite de ce score demeure néanmoins la subjectivité de l'évaluation par le patient qui peut présenter un déconditionnement à l'effort avec lequel il s'est adapté, pour ses activités de la vie quotidienne.

EXPLORATION FONCTIONNELLE RESPIRATOIRE

L'objectif de l'exploration fonctionnelle respiratoire (**EFR**) est d'identifier les patients présentant une déficience respiratoire et donc à risque de complications postopératoires.

L'EFR comporte entre autres, une mesure des volumes pulmonaires, des débits bronchiques ainsi que la mesure de la capacité de transfert du monoxyde de carbone (CO). Elle permet d'identifier un syndrome obstructif associé ou non à une distension pulmonaire, un syndrome restrictif ou un syndrome mixte pré-existant.

L'autre objectif de cet examen est de prédire la capacité respiratoire résiduelle en postopératoire, en fonction de l'extension de la résection.

C'est un examen qui est largement utilisé dans le bilan avant chirurgie pulmonaire, qui est facilement réalisable si le patient est coopérant.

Dans le cadre de ce bilan, nous nous intéressons principalement au volume maximal expiré en une seconde (VEMS) et à la capacité de diffusion du monoxyde de carbone (DLCO).

Un VEMS > 80 % de la théorique permet une résection étendue jusqu'à la pneumonectomie (25). En dessous de ce seuil, le VEMS et la DLCO prédits en postopératoire (VEMSp_{ppo} et DLCO_{ppo}) doivent être calculé en fonction de la résection envisagée. Les VEMSp_{ppo} et DLCO_{ppo} sont estimés grâce au calcul suivant :

$$(\text{Valeur préopératoire mesurée/S}) \times R.$$

S étant défini par le nombre total de segments fonctionnels en préopératoire et R par le nombre résiduel de segments fonctionnels en postopératoires (25).

Le VEMSp_{ppo} et le DLCO_{ppo} sont considérés comme des variables indépendantes de prédiction de morbi-mortalité postopératoire (26).

Chez les patients présentant une altération de la fonction pulmonaire (VEMS ou DLCO < 60%), la fonction pulmonaire préopératoire est un prédicteur de complications respiratoires lorsque la lobectomie est réalisée par thoracotomie mais pas par vidéo-thoracoscopie (27). L'équipe de Zhang conclut quant à elle que le VEMSppo et la DLCOppo sont prédictifs de complications pulmonaires, que la chirurgie soit par VATS ou thoracotomie (28).

Cette évaluation permet d'identifier les patients présentant une déficience pulmonaire, ce qui n'est pas le cas de tous les candidats à la chirurgie. En effet, le VEMS moyen des opérés thoraciques n'est pas faible. Cao et al ont récemment décrit une cohorte de plus de 1000 résections où le VEMS médian était de 94 % tandis que la DLCO était de 81 % (29). Précédemment, en se basant sur le registre EPITHOR, qui est un registre de données national français en chirurgie thoracique, le VEMS moyen décrit est de 84 % (30). La cohorte des opérés thoraciques n'est pas une cohorte d'insuffisants respiratoires, la fonction pulmonaire n'est pas le seul élément à prendre en compte dans l'évaluation de l'état général du patient. C'est pourquoi il est essentiel d'y associer une évaluation à l'effort.

EXPLORATION FONCTIONNELLE A L'EXERCICE

L'exploration fonctionnelle à l'exercice (**EFX**) est un test maximal qui fournit une évaluation globale des réponses à l'exercice impliquant les systèmes musculaires, pulmonaires, cardiovasculaires, psychologiques et squelettiques, qui ne sont pas reflétées de manière adéquate par la mesure de la fonction de manière individuelle (31).

C'est un examen qui est principalement réalisé sur cycloergomètre, mais aussi sur tapis de course. C'est une épreuve triangulaire, à charge croissante (5, 10 ou 20 Watts selon les protocoles). Durant l'examen, les patients portent un masque facial relié à un pneumotachographe et à une ligne de prélèvement gazeux.

L'EFX produit un stress sur l'organisme pouvant simuler celui qui sera reproduit par la chirurgie.

La VO_{2max} (mL/min/kg), qui représente la quantité maximale d'oxygène que le corps consomme lors d'un effort intense par unité de temps est obtenue lors de ce test. Elle est considérée, d'après de nombreuses études et recommandations internationales comme étant le paramètre le plus pertinent dans l'évaluation préopératoire et dans la caractérisation de l'opérabilité (25,32).

En effet à travers la mesure de la consommation maximale en oxygène, nous obtenons un aperçu de la capacité musculaire, respiratoire et cardiaque du sujet, ainsi que l'origine d'une éventuelle limitation à l'effort.

Les premières études portant sur l'intérêt de la VO_{2max} étaient exprimée en pourcentage de la valeur prédictive (33), puis rapidement l'intérêt de l'exprimer en fonction des caractéristiques individuelles (mL/min/kg) est apparue.

Selon Loewen et collaborateurs (8) et l'équipe de Bayram (34) le seuil de 15 mL/min/kg de VO₂max est le seuil déterminant le risque de complications. Ce seuil est abaissé à 12 mL/min/kg dans l'étude de Brunelli et al (35), puis à 10 mL/min/kg dans celle de Licker et al (36).

Toutes les recommandations actuelles s'accordent néanmoins à dire qu'un patient présentant une VO₂max inférieure à 10 mL/min/kg est un patient à risque élevé de complications, pour lequel il serait préférable de trouver un traitement alternatif à la chirurgie (25,37).

La pente VE/VCO₂ qui est un autre paramètre déterminé lors de l'EFX et qui est le témoin de l'efficacité respiratoire du sujet, a aussi son importance, notamment lorsque la VO₂max est située entre 10 et 20 mL/min/kg. C'est un paramètre qui a beaucoup été décrit chez le patient souffrant d'insuffisance cardiaque, et décrit plus récemment chez l'opéré thoracique (38,39).

Lorsque la pente VE/VCO₂ > 35, le risque de complications respiratoire (22 % vs 7.6 %, p=0.004) et de mortalité (7.2 % vs. 0.6 %, p=0.01) est plus élevé (40).

Cependant, contrairement à la VO₂max, c'est un paramètre qui semble moins sensible à la réhabilitation préopératoire (39).

RECOMMANDATIONS

Il existe actuellement plusieurs recommandations internationales concernant les opérés thoraciques : les recommandations européennes de l'ERS/ESTS (25) datant de 2009 (Annexe 1), les recommandations britanniques datant de 2001 (41) (Annexe 2) et américaines publiées en 2013 (18) (Annexe 3).

Aussi bien dans les recommandations américaines que britanniques, le VEMSppo et la DLCOppo sont la pierre angulaire du bilan préopératoire : ils permettent de conclure à l'opérabilité ou à la nécessité d'approfondir le bilan cardio-respiratoire à travers une évaluation à l'effort.

Les recommandations américaines préconisent qu'un patient présentant un VEMSppo et/ou une DLCOppo supérieur à 60% soit considéré à faible risque de complications ; entre 30 et 60% un test navette ou de montée d'escaliers est indiqué ; et une épreuve fonctionnelle à l'exercice est demandée en dessous de 30% ou en cas de risque cardiaque.

Les recommandations britanniques distinguent les patients ayant un VEMSppo associé à un DLCOppo supérieur à 40%, pour qui le risque est modéré et ne nécessite pas plus de bilans préopératoires, de ceux pour qui ces deux paramètres sont en dessous de 40% pour qui le risque opératoire est élevé. Les patients se trouvant en dehors de ces critères doivent être évalués à l'effort à l'aide d'un test navette en première intention, puis d'une EFX si le nombre de navettes est inférieur à 25 ou si le patient présente une désaturation de plus de 4 points durant le test.

Les recommandations européennes préconisent l'accès à l'EFX dès que le VEMS et/ou la DLCO est inférieure à 80% de la théorique, l'opérabilité est ensuite déterminée en fonction de la VO2max obtenue. Une VO2max inférieure à 10 mL/min/kg indique un risque chirurgical élevé, il est alors préconisé de se tourner vers des traitements alternatifs à la chirurgie, à

l'inverse au-delà de 20 mL/min/kg le patient peut bénéficier d'une résection allant jusqu'à la pneumonectomie. Entre 10 et 20 mL/min/kg, il est recommandé d'approfondir le bilan notamment à l'aide des paramètres postopératoires prédits.

TEST DE MARCHE DE 6 MINUTES (TDM6)

C'est un test qui consiste à parcourir la plus grande distance pendant 6 minutes dans un couloir long d'au moins 30 mètres de long et 3 mètres de large, sans encouragements. La seule consigne donnée aux patients est de faire de son mieux pendant ces 6 minutes, tout en le prévenant de chaque minute écoulée. C'est un test validé et standardisé, réalisé selon les recommandations de *l'American Thoracic Society* (42).

Durant ce test la saturation pulsatile en oxygène et la fréquence cardiaque sont relevées chaque minute, en plus de la tension artérielle et de la dyspnée évaluée avant et après le test.

Les premières études portant sur ce test l'évaluaient sur une durée de 12 minutes et concluaient à l'absence de lien entre résultat au test et complications postopératoires (43,44).

Par la suite, ce test fut utilisé durant 6 minutes et les conclusions sont sensiblement les mêmes ; la distance parcourue lors de ce test n'est ni corrélée à la VO₂max ni corrélée aux complications respiratoires postopératoires.

L'utilisation du TDM6 n'est d'ailleurs pas préconisée dans les recommandations actuelles.

Cependant, ces dernières années de nouvelles études sont apparues :

- Une étude de 2015 conclut que les patients parcourant moins de 500 mètres en préopératoire de lobectomie ont un risque plus élevé de complications postopératoires [60.6 vs 36.9 %, odds ratio (OR): 2.631; 95 % CI: 1.423-4.880] (45)
- Une étude rétrospective de 2020 retrouve que les patients parcourant au moins 400 mètres de distance ont moins de complications que ceux situés sous ce seuil, respectivement odds ratio (OR) 0.53, 95% CI 0.35-0.81] et 0.47 (95% CI 0.30-0.73) (46).

- Étude prospective de 2020, publiée dans le journal *Chest*, dans laquelle les patients ont été catégorisés à faible risque de complications et à risque modéré de complications selon leur VEMS et DLCO prédits en postopératoires. Ils ont ensuite défini une sous-catégorie selon la distance, ce qui donne 4 groupes : risque faible/longue distance, risque faible/courte distance, risque modéré/longue distance et risque modéré/courte distance. Les patients à risque modéré parcourant une courte distance (moins de 400 m) ont plus de complications postopératoires que les autres groupes. Les auteurs suggèrent donc que la distance parcourue au TDM6 apporte une information supplémentaire dans l'évaluation préopératoire. Une des limites que l'on pourrait cependant noter est que les patients à risque élevé et parcourant une faible distance au TDM6 sont moins opérés par VATS (35,7 %) contrairement aux patients à faible risque et parcourant une grande distance (83,8 %), $p < 0,01$ (47).

En conclusion, le TDM6 est un test qui n'est actuellement pas recommandé dans le cadre du bilan préopératoire, cependant au vu de la littérature produite depuis l'élaboration de ces recommandations, il serait intéressant de mener une étude multi-centrique à plus large échelle afin de réévaluer sa pertinence et/ou de produire une méta-analyse de la littérature existante.

TEST DE LA NAVETTE

Le test de la navette ou *Incremental Shuttle Walking Test*, est un test maximal, qui consiste à réaliser le plus grand nombre d'allers-retours entre deux plots espacés de 10 mètres, avant que ne retentisse un « bip » sonore (48). Ce dernier intervient à une cadence de plus en plus rapprochée, ce qui oblige le sujet effectuant le test à augmenter sa vitesse. Le patient parcourt les allers/retours jusqu'à épuisement, on mesure alors le nombre de navettes réalisées.

C'est un test incrémental et maximal qui permet d'apprécier la capacité aérobie.

Une étude publiée par l'équipe de Win en 2006 montre que la distance parcourue est corrélée à la VO₂max ($r = 0.67$, $p < 0.001$), cette corrélation est valable aussi bien chez les patients avec de paramètres respiratoires normaux qu'altérés (49). Cette étude porte sur des patients opérés par thoracotomie uniquement.

Ces résultats sont confirmés par l'étude de Fennelly et al, qui portent chez des opérés thoraciques majoritairement par VATS (52%), les auteurs concluent que les patients qui parcouraient moins de 250m avaient un taux 2,5 fois plus élevé de complications cardio-pulmonaires majeures que les patients capables de marcher au moins 250 m (44% vs 18%, $p = 0,04$). Les patients parcourant au moins 400m avaient un taux de complications cardio-pulmonaires de 10%. Ce taux était 3 fois inférieure à celui des patients qui effectuaient moins de 400 m (33%, $p = 0,008$) (50).

Les recommandations de 2009 préconisent qu'un patient qui parcourt moins de 400 mètres à ce test (soit 40 navettes) réalise une EFX dans le cadre du bilan préopératoire. Le seuil de 400 mètres correspondant à une VO₂max > 15 mL/min/kg (25).

Les recommandations américaines indiquent quant à elles qu'un patient parcourant moins de 25 navettes est à risque élevé de complications (12).

ÉTUDE N°1 – META-ANALYSE SUR LE TEST DE MONTÉE D'ESCALIERS

Contexte :

Le test de montée d'escaliers est un test décrit pour la première fois en 1968 pour prédire la mortalité après pneumonectomie (51). Il est facile à réaliser et ne nécessite pas de matériel contrairement au test navette, la majorité des hôpitaux étant dotée d'escaliers.

Quand on analyse la littérature scientifique, on retrouve que dans certains cas, ce test est décrit comme étant prédictif de complications chez tous les opérés d'une résection majeure (52), ou bien seulement chez les patients opérés d'une lobectomie (53). Il est aussi décrit parfois comme non prédictif de complications (54).

Par ailleurs, ce test peut être réalisé de manière maximale (consigne de monter autant d'étages que possible jusqu'à épuisement) ou de manière sous-maximale (consigne de monter un nombre déterminé d'étages). Certains auteurs s'intéressent aux nombres d'étages montés, d'autres à la désaturation ou à la variation de fréquence cardiaque comme facteur pronostic.

Pour évaluer le caractère prédictif de complications du test de montée d'escaliers nous avons décidé de mener une revue systématique et une méta-analyse, conduite selon les recommandations PRISMA (55) et enregistrée au préalable sur le site internet PROSPERO (CRD42019121348).

Ce travail a été publié dans la revue Thorax en juillet 2020.



The linked image cannot be displayed. The file may have been moved, renamed, or deleted. Verify that the link points to the correct file and location.



The linked image cannot be displayed. The file may have been moved, renamed, or deleted. Verify that the link points to the correct file and location.



The linked image cannot be displayed. The file may have been moved, renamed, or deleted. Verify that the link points to the correct file and location.



The linked image cannot be displayed. The file may have been moved, renamed, or deleted. Verify that the link points to the correct file and location.



The linked image cannot be displayed. The file may have been moved, renamed, or deleted. Verify that the link points to the correct file and location.



The linked image cannot be displayed. The file may have been moved, renamed, or deleted. Verify that the link points to the correct file and location.



The linked image cannot be displayed. The file may have been moved, renamed, or deleted. Verify that the link points to the correct file and location.

Conclusions et implications de l'étude :

Cette méta-analyse souligne le caractère prédictif de complications du test de montée d'escaliers, avec une hauteur de montée prédictive estimée à 10 mètres.

Nous avons voulu étudier les différents paramètres que sont la hauteur, la désaturation et la variation de la fréquence cardiaque, cependant les données étaient trop hétérogènes ou insuffisantes pour ces deux derniers paramètres, nous empêchant d'agréger les données. Concernant la hauteur montée, qui était le seul paramètre pouvant faire l'objet d'une méta-analyse, la dimension d'un étage n'étant pas standardisé et variable selon les centres, nous avons converti toutes les données en mètres pour plus de reproductibilité.

A travers ce travail nous avons par ailleurs obtenu une hauteur de risque de montée différente de celle recommandée par l'ERS/ESTS. En effet, la hauteur définissant le risque opératoire est estimée à 22 mètres (environ 7 étages) contre 10 m dans ce travail (environ 3 étages). La différence de résultat peut s'expliquer par le fait que le seuil de 10 m soit obtenu en agrégeant les données de la littérature et en évaluant directement le lien entre hauteur de montée et complications postopératoires. Les recommandations européennes ont préconisé le seuil de 22 m à partir d'une étude de Brunelli et al (56), en n'évaluant pas directement le lien entre hauteur montée et complications, mais hauteur montée et VO₂max inférieure à 15 mL/min/kg.

Le test de montée d'escaliers est un test facile qui peut être utilisé en première ligne pour identifier les patients présentant une intolérance à l'effort et pour qui il serait intéressant d'approfondir la préparation préopératoire en vue d'une résection pulmonaire majeure.

Les études incluses dans cette méta-analyse portent très largement sur des patients opérés par thoracotomies. Nous n'avons pas pu déterminer le caractère prédictif chez les opérés par

chirurgie mini-invasive en l'absence d'études. Il serait intéressant d'évaluer l'intérêt de ce test à l'avenir chez cette population.

EDITORIAL

On peut se poser la question si toutes ces techniques d'évaluation à l'effort nécessiteraient d'être réactualisées au vu des dernières évolutions chirurgicales.

Nous en avons discuté à travers un éditorial, qui est actuellement en révision dans la revue *The Annals of Thoracic Surgery*

Preoperative assessment for minimally invasive lung surgery: need an update?

Preoperative assessment for minimally invasive lung surgery: need an update?

Fairuz Boujibar^{1, 2}, Francis-Edouard Gravier^{3,4}, Jean Selim^{2,5}, Jean-Marc Baste^{1, 2}

¹ Department of General and Thoracic Surgery, CHU Rouen, F-76000, Rouen, France;

² INSERM U1096, CHU Rouen, F-76000, Rouen, France;

³ ADIR Association, Bois Guillaume, Rouen

⁴ UPRES EA380 CHU Rouen, F-76000, Rouen, France; ;

⁵ Department of Anesthesiology and Critical Care, Rouen University Hospital, Rouen, France

Fairuz Boujibar: PT, MSc, Department of General and Thoracic Surgery, Pôle 3R, UNIROUEN, Inserm U1096, Rouen University Hospital, Normandie University, Rouen, France, CHU de Rouen, 1 rue de Germont, 76031 Rouen Cedex. Phone : +33751669077. Corresponding author. F.boujibar@gmail.com

Francis-Edouard Gravier : PT, MSc, ADIR Association -147 Avenue du Maréchal Juin 76031 Rouen Cedex Phone : 02 35 59 29 70 Fax : 02 35 59 29 71. Francis.gravier@gmail.com

Jean Selim: MD, Departement of Anesthesiology and Critical Care, Rouen University Hospital, 1 rue de Germont, 76031 Rouen Cedex. Phone : +33 2 32 88 87 04. Jean.selim@chu-rouen.fr

Jean-Marc Baste: MD, PhD, Department of General and Thoracic Surgery, Rouen University Hospital, 1 rue de Germont, 76031 Rouen Cedex. Phone : +33 2 32 88 87 04. Jean-Marc.Baste@chu-rouen.fr

Abbreviations

CPET: Cardiopulmonary exercise test

DLCO: Diffusing capacity of the lung for carbon monoxide

FEV1: Forced expiratory volume in one second

RATS: Robotic assisted thoracic surgery

VATS: Video assisted thoracic surgery

Word count: 1268

Preoperative assessment before lung resection could confirm patients' operability and reduce mortality and morbidity.

Over the past twenty years, surgical technology has improved continuously. Surgery approaches are less and less invasive and patients are operated by videoscopic or robotic assisted thoracic surgery (VATS or RATS) associated with the latest advances in terms of anesthesia and pain management. Current evidence shows fewer complications, shorter length of hospital stay and less postoperative pain (1) with these minimally invasive techniques. Preoperative time is now associated with patient optimization and prehabilitation programs, which have clearly improved postoperative outcomes. Patients' outcomes after thoracic surgery have changed, but not the way in which these patients are assessed preoperatively.

These last years, there has been a focus on preoperative spirometric evaluation. A cardiopulmonary exercise test (CPET) is recommended when the postoperative forced expiratory volume in one second (FEV1PPO) and/or diffusing capacity for carbon monoxide (DLCOPPO) are less than 30% of the predicted value or when the performance of the stair-climbing test or the incremental shuttle walk test is insufficient. Patients under the peak oxygen consumption ($\dot{V}O_{2peak}$) threshold value of 10 mL/kg/min are associated with a high risk of perioperative morbi-mortality, whereas those with a $\dot{V}O_{2peak}$ over 20 mL/kg/min are associated with a low risk of postoperative complications (2).

Benzo's meta-analysis, published in 2008, by establishing the perioperative predictive nature of the $\dot{V}O_{2peak}$ was central to the identification of these threshold values (3). However, all the patients included in this meta-analysis were operated by thoracotomy between 1985 and 2004. In consequence, current recommendations are based on patients who did not benefit from the more recent and less invasive surgical techniques above.

In reality, these recommendations are poorly followed, with only 0.5% of surgeons complying with ACCP guidelines, whereas 4.4% were 75% adherent and 45.8% were 50% adherent (4).

An update on pre-operative assessment is long awaited. Currently, very few studies are available on the preoperative assessment of patients operated only by minimally invasive surgery. First, we note a study published in 2017 (5) evaluating the predictive performances of the incremental shuttle walking test. Authors concluded that patients walking more than 400 meters had a very low incidence of complications and would not need CPET prior to lung resection. Second, Benattia and colleagues in 2016 (6) concluded that FEV1 but not DLCO was a significant predictor of pulmonary complications

after VATS. Conversely in Berry's et al study (9), preoperative pulmonary function tests (DLCO and FEV1) are predictors of pulmonary complications when lobectomy for lung cancer is performed through thoracotomy but not through thoracoscopy.

In a consensus statement, a panel of 50 experts representing institutions with considerable experience in performing VATS lobectomy procedures contraindicated VATS if FEV1 and/or DLCO values were less than 30% predicted (7). A recent study determined this threshold at 50% for RATS resection (8). This study is retrospective but represents the largest report to examine the predictive value of FEV1 and DLCO for patients who underwent robotic lobectomy.

A study published by Kouritas et al (10) shows that a wider lung parenchymal resection than preoperatively planned, may be performed by VATS even in patients with low lung function (ppoFEV1 and ppoDLCO under 40%) and functional status. Authors do not report any adverse outcomes in these patients when compared to patients with good lung function. 23/73 (31,5%) patients had a higher resection than planned (bilobectomy and pneumonectomy instead of lobectomy) and pulmonary morbidity between groups (planned versus non-planned resection) were similar ($p=0.88$). They question the stratification of preoperative risk based on lung function tests in the particular case of a minimally invasive approach.

Currently, we do not find any studies evaluating the predictive nature of VO₂peak in patients operated only by VATS or RATS.

To answer our initial question regarding the need for an update, we believe that more research on preoperative assessment methods in patients operated by minimally invasive surgery is necessary. Indeed, the current preoperative decision algorithm could benefit from an update. More tools could be developed to screen high-risk patients, even with minimally invasive techniques, in order to refer them to specific prehabilitation programs or non-surgical treatments.

Acknowledgements

We are grateful to Nikki Sabourin-Gibbs, Rouen University Hospital, for her help in editing the manuscript.

1. Bendixen M, Jørgensen OD, Kronborg C, Andersen C, Licht PB. Postoperative pain and quality of life after lobectomy via video-assisted thoracoscopic surgery or anterolateral thoracotomy for early stage lung cancer: a randomised controlled trial. *Lancet Oncol.* juin 2016;17(6):836-44.
2. Brunelli A, Kim AW, Berger KI, Addrizzo-Harris DJ. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest.* mai 2013;143(5 Suppl):e166S-e190S.
3. Benzo R, Kelley GA, Recchi L, Hofman A, Sciurba F. Complications of lung resection and exercise capacity: A meta-analysis. *Respiratory Medicine.* 1 août 2007;101(8):1790-7.
4. Clark JM, Marrufo AS, Kozower BD, Tancredi DJ, Nuño M, Cooke DT, et al. Cardiopulmonary Testing Before Lung Resection: What Are Thoracic Surgeons Doing? *Ann Thorac Surg.* 2019;108(4):1006-12.
5. Fennelly J, Potter L, Pompili C, Brunelli A. Performance in the shuttle walk test is associated with cardiopulmonary complications after lung resections. *J Thorac Dis.* mars 2017;9(3):789-95.
6. Benattia A, Debeaumont D, Guyader V, Tardif C, Peillon C, Cuvelier A, et al. Physiologic assessment before video thoracoscopic resection for lung cancer in patients with abnormal pulmonary function. *Journal of Thoracic Disease.* 9 mai 2016;8(6):1170-1178-1178.
7. Yan TD, Cao C, D'Amico TA, Demmy TL, He J, Hansen H, et al. Video-assisted thoracoscopic surgery lobectomy at 20 years: a consensus statement. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1 avr 2014;45(4):633-9.
8. Cao C, Louie BE, Melfi F, Veronesi G, Razzak R, Romano G, et al. Impact of pulmonary function on pulmonary complications after robotic-assisted thoracoscopic lobectomy. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1 févr 2020;57(2):338-42.
9. Berry MF, Villamizar-Ortiz NR, Tong BC, Burfeind WR, Harpole DH, D'Amico TA, et al. Pulmonary function tests do not predict pulmonary complications after thoracoscopic lobectomy. *Ann Thorac Surg.* avr 2010;89(4):1044-51; discussion 1051-1052.
10. Kouritas VK, Kefaloyannis E, Milton R, Chaudhuri N, Papagiannopoulos K, Brunelli A. Performance of wider parenchymal lung resection than preoperatively planned in patients with low preoperative lung function performance undergoing video-assisted thoracic surgery major lung resection. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2016;23(6):889-94.

À travers ces quelques lignes, cet éditorial met en évidence le paradoxe de l'évaluation des opérés thoraciques.

Les avancées de ces dernières années en termes d'anesthésiologie, de gestion de la douleur, de réhabilitation préopératoire, de techniques chirurgicales avec le développement des abords mini-invasifs et la chirurgie sub-lobaire ainsi que l'effet de réduction de volume chez les emphysémateux, ont permis d'optimiser l'opéré thoracique et de limiter les conséquences chirurgicales en termes de douleur, de durée de séjour et de morbidité postopératoire.

Cependant, l'évaluation préopératoire n'a pas suivi cette évolution, on évalue un patient opéré par thoracotomie comme un patient opéré par videoscopie, qu'il soit réhabilité ou non.

Ces paramètres ne font pas parti de l'algorithme décisionnel, notamment parce qu'il n'existe que très peu de littérature scientifique portant sur ces données.

Avant de pouvoir établir de nouvelles recommandations, il est nécessaire d'étudier les techniques d'évaluation préopératoires chez cette nouvelle génération d'opérés thoraciques, qui n'est pas tout à fait la même que celle décrite dans les études datant de quelques années.

Nous avons pour cela voulu étudier la prédiction des complications postopératoires uniquement chez les patients opérés d'une résection pulmonaire majeure par voie mini invasive. Nous avons pour cela privilégié l'utilisation de tests de terrain, facilement, réalisable en consultation et qui n'ont pas encore été décrit chez les opérés thoraciques : le test stepper de 6 minutes et le test de lever de chaise d'une minute.

TEST STEPPER DE 6 MINUTES (6MST)

Ce test consiste à réaliser le plus grand nombre de pas sur un stepper en 6 minutes, sans aucune autre stimulation que le décompte de chaque minute écoulée.

L'instruction donnée au patient lors de ce test est standardisée et correspond à celle de l'*American Thoracic Society* pour le test de marche de 6 minutes (42).

Contrairement au test de marche, c'est un test qui peut être réalisé sans contraintes spatiales, et dans un environnement plus sécurisant qu'un couloir.

C'est un test qui est encore peu étudié. Il a d'abord été évalué chez le patient souffrant de BPCO chez qui il a été démontré que le **6MST** était réalisable dans de bonnes conditions de sécurité, sensible et reproductible dans le cadre de l'évaluation de la tolérance à l'effort (57).

Toujours chez le BPCO, le nombre de pas est corrélé avec la distance parcourue au test de marche de 6 minutes ($r = 0,56$; $P, 0,0001$), la puissance maximale à l'effort ($r = 0,46$; $P, 0,0001$) et la VO_{2max} ($r = 0,39$; $P, 0,005$). Par ailleurs, c'est un test qui est sensible à la réhabilitation respiratoire, et qui est de plus en plus utilisé avant et après le programme pour en évaluer le bénéfice ($P = 0,001$) (58).

C'est un test qui a aussi été décrit chez les patients souffrant de syndrome interstitiel (59).

TEST DE LEVER DE CHAISE (STST)

Le test de lever chaise ou Sit to Stand test, est un test consistant à réaliser le plus grand nombre d'assis/debout, bras croisés sur les épaules depuis une chaise sans accoudoirs de hauteur standard (48 cm) durant 1 minute (60).

Comme pour le test stepper de 6 minutes, c'est un test qui est peu étudié.

Il a été évalué chez 409 patients souffrant de BPCO, le **STST** était un meilleur prédicteur de la mortalité à 2 ans (aire sous la courbe 0,78) que l'indice de masse corporelle (0,52), le VEMS (0,61), la dyspnée (0,63) et la force du poignet (*handgrip test*) (0,62).

Une variante de ce test existe sur une durée de 3 minutes, il a été standardisé et validé par Aguilaniu et son équipe (61) toujours chez le patient souffrant de BPCO. Lors de ce test, le patient a pour consigne de s'asseoir et de se lever sans l'aide des mains à la même fréquence que le technicien durant la première minute puis de le faire le plus rapidement possible les 2 minutes suivantes. L'équipe conclut que les réponses physiologiques mesurées à la fin du test de 3 minutes étaient similaires et interchangeables avec celles obtenues à la fin du test de marche de 6 minutes, alors que les scores de dyspnée et de fatigue de Borg étaient généralement plus élevés après le test de lever de chaise.

Concernant les opérés thoraciques, une étude porte sur le lien entre le test de lever de chaise de 3 minutes et la VO₂max préopératoire, plus de 49 levers de chaise correspondant à une VO₂max $\geq$ 15mL/min/kg (Se 0,75, Sp 0,81) (62). On ne retrouve pas d'étude évaluant le lien entre le test de lever de chaise et les complications postopératoires en chirurgie thoracique.

ÉTUDE N° 2 – INTÉRÊT DU TEST STEPPER ET DU TEST DE LEVER DE CHAISE DANS LA PRÉDICTION DES COMPLICATIONS POSTOPÉRATOIRES – PREOTEST

Contexte :

L'utilisation de tests de terrain se développe de plus en plus dans le cadre de l'évaluation préopératoire. On note que le test stepper de 6 minutes (*6-minute stepper test*) et le test de lever de chaise d'une minute (*Sit to Stand Test*) sont décrits dans de nombreuses pathologies respiratoires comme la BPCO ou bien la mucoviscidose, mais pas chez les opérés thoraciques. Nous avons donc décidé de mener une étude prospective entre novembre 2018 et novembre 2019, chez les patients opérés d'une résection pulmonaire majeure par chirurgie mini-invasive au CHU de Rouen.

Cette étude a été menée après l'accord du Comité de Protection des Personnes (CPP) X Ile de France et enregistrée au préalable sur <https://clinicaltrials.gov> (NCT03824977).

Ce travail a été soumis à publication et est en révision dans la revue *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, depuis le 6 juillet 2020.

The 6-Minute Stepper Test and the Sit To Stand Test to predict postoperative complications following major pulmonary resection by minimally invasive surgery

Fairuz Boujibar^{1, 5}, André Gillibert², Francis-Édouard Gravier^{3, 4}, Philippe Rinieri¹, François Montagne¹, Jean Selim^{5, 6}, Tristan Bonnevie^{3, 4}, Antoine Cuvelier^{4, 7}, Jean-Marc Baste^{1, 5}

¹Department of General and Thoracic Surgery, CHU Rouen, F-76000, Rouen, France;

²Department of Biostatistics, CHU Rouen, F-76000, Rouen, France

³ADIR Association, Bois Guillaume, Rouen

⁴UPRES EA380 CHU Rouen, F-76000, Rouen, France ;

⁵INSERM U1096, CHU Rouen, F-76000, Rouen, France ;

⁶Département of Anesthesiology and Critical Care, F-76000, Rouen, France

⁷Pulmonary & Respiratory Intensive Care Department, CHU Rouen, F-76000, Rouen, France

Fairuz Boujibar: PT, MSc, Department of General and Thoracic Surgery, Pôle 3R, UNIROUEN, Inserm U1096, Rouen University Hospital, Normandie University, Rouen, France, CHU de Rouen, 1 rue de Germont, 76031 Rouen Cedex. Phone: +33751669077.

Corresponding author. F.boujibar@gmail.com

COI statement: nothing to disclose

Word count :3255

Abstract

Background:

The guidelines of the European Respiratory Society and the American College of Chest Physicians recommend the use of preoperative low-technology exercise tests to predict postoperative outcomes after major lung surgery.

Six-Minute Stepper Test (6MST) and Sit To Stand test (STST) have never been evaluated in preoperative thoracic surgery. We hypothesized that performance at these tests would predict postoperative complications.

Methods:

This prospective study enrolled consecutive patients, aged more than 18 years, requiring major lung resection with Video Assisted Thoracic Surgery (VATS) or Robotic Assisted Thoracic Surgery (RATS). Patients had a preoperative functional evaluation, 6MST and STST. The number of steps, Heart rate change, Saturation and dyspnea at 6MST and lifts at STST were recorded.

Complications were noted up to 90 days postoperatively, according to Clavien-Dindo classification (grade >2).

Results:

Between November 2018 and November 2019, the data of 118 patients were analyzed, 20 (25.4%) in the RATS group and 88 (84.6%) in the VATS group. Mean age was 64.6 ± 9.1 years. The area under the Receiver Operating Curve of the number of steps at 6MST and the number of lifts at STST to predict a postoperative complication of grade ≥ 2 was AUC 0.82 (95% CI: 0.75; 0.90) and 0.85 (95% CI: 0.77; 0.93), respectively. The optimum cut-off was 140 steps and 19 lifts, respectively.

Conclusion:

The results of 6MST and STST were associated with postoperative morbidity and mortality. The preoperative use of these exercise tests in clinical practice appears to be particularly relevant to predict postoperative complications.

Abbreviations

6MST: 6-Minute Stepper Test

ACCP: American College of Chest Physicians

COPD: Chronic Obstructive Pulmonary Disease

CPET: Cardio-Pulmonary Exercise Test

DLCO: Diffusing capacity of the Lung for Carbon monoxide

FEV1: Forced Expiratory Volume in one second

HR: Heart Rate

ISWT: Incremental Shuttle Walking Test

SpO2: Pulsatile Oxygen Saturation

STROBE: The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology

STST: Sit to Stand Test

RATS: Robotic Assisted Thoracic Surgery

VATS: Video Assisted Thoracic Surgery

Acknowledgements:

The authors are grateful to Nikki Sabourin-Gibbs, Rouen University Hospital, for her help in editing the manuscript.

Central message:

This prospective cohort study provides quality of evidence that both tests can predict postoperative morbidity with an optimal cut-off of 140 steps for 6MST and 19 lifts for STST.

Perspective statement:

Can 6-minute stepper test (6MST) and Sit to stand test (STST) be used to predict postoperative complications in lung resection candidates operated by minimally invasive surgery?

Keywords:

lung resection; preoperative assessment; 6-minute stepper test; Sit To Stand Test; minimally invasive surgery; functional evaluation

The 6-Minute Stepper Test and the Sit To Stand Test to predict postoperative complications following major pulmonary resection by minimally invasive surgery

Introduction:

Lung cancer is currently the first cause of cancer mortality with more than 1.7 million deaths each year worldwide (1). For patients with non-small cell lung cancer (NSCLC) pulmonary resection remains the optimal therapeutic approach to treat stage I and II tumors (2).

Surgery leads to significant morbidity (3), especially in patients with impaired cardio-respiratory function. It is in this context that numerous preoperative assessments are carried out in order to determine the surgical options and to estimate the operative risk (4).

Currently the gold standard is the cardiopulmonary exercise test (CPET) (5) which allows the assessment of respiratory but also cardiovascular and muscular function during an effort.

Low technology exercise tests, such as the 6-Minute Stepper Test (6MST) and the Sit To Stand Test (STST) allow functional assessment, reproducing movements of daily life. Several studies have investigated the predictive performance, for postoperative complications, of the 6-minute walking test (6), the incremental shuttle walking test (ISWT) (7) and the stair-climbing test (8) before surgery. The first test requires a long corridor (of at least 30 meters), the second one requires studs as well as a soundtrack with the recording of the test protocol while the third requires stairs that are high enough.

Concerning STST and 6MST, these two tests are usually used in other pathologies as chronic obstructive pulmonary disease (COPD) (9) or cystic fibrosis (10). To date, no study has evaluated STST and 6MST in preoperative thoracic surgery in the modern era of minimally invasive surgery.

In practice these tests, by measuring the concentric and eccentric muscular force of the knees and hips, give indications of the physical profile of the patient, the degree of autonomy as well as of possible functional limitations (11).

The primary objective of this study was to analyze the predictive performance of the number of steps at 6MST, for complications of grade ≥ 2 . Secondary objectives were to analyze the predictive performances of dyspnea at the end of 6MST, the number of lifts at STST, and the

correlation between the number of steps at 6MST and VO₂peak for patients having had CPET, for complications of grade ≥ 2 .

Methods:

Population

This prospective study was conducted in the Department of Thoracic Surgery, Rouen University Hospital, France, between November 2018 and November 2019. Consecutive patients aged over 18 years old requiring major lung resection with video-assisted thoracic surgery (VATS) or robotic-assisted thoracic surgery (RATS) for clinically confirmed NSCLC were included. Exclusion criteria were partial or total amputation localized to the lower limb, weight greater than 100 kg (upper limit of the stepper device), orthopedic, vascular or neurological disorders leading to inability to perform tests, patient under tutorship or curatorship and pregnant women.

The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) guidelines were followed to report this study (12).

The study has been approved by the French research ethics committee CPP Ile de France X (ID RCB: 2018-A02694-51) and is registered at <https://clinicaltrials.gov> (NCT03824977).

Preoperative assessment

After a period of rest, patients performed 6MST and STST during their preoperative consultation, supervised by an experienced physiotherapist, in a quiet room to avoid any disturbance or external stimulation. Patients did 6MST first and then, STST, when their heart rate (HR) and SpO₂ had returned to the rest rate. In the case of prehabilitation, 6MST and STST were done one day before surgery rather than before prehabilitation.

The physiotherapist first simulated these tests; then patients were asked to reproduce them under his supervision, with no encouragement. Tests were carried out in the usual conditions of breathing in routine physical activity (ambient air or with oxygen therapy).

6-Minute Stepper Test (6MST)

6MST was done using a stepper (Stepper essential, Decathlon, France), with a walking height of 20 cm, placed in front of a wall or parallel bars, so patients could hold on if necessary.

Patients were instructed to make the maximum number of steps possible in 6 minutes and were given a time check at one-minute intervals”.

The instructions given were standardized and comparable to those of the 6-minute walking test (6MWT) (13). Heart rate (HR) and pulsatile oxygen saturation (SpO₂) were measured at one-minute intervals. Dyspnea was evaluated at the beginning and at the end of 6MST using the Borg scale (14). After 6 minutes, the number of steps was recorded, even if the patient stopped the test prematurely or paused during the test.

Sit To Stand Test (STST)

The STST was done using a chair measuring 47 cm in height. The patient was instructed to sit in the chair and then to do the maximum number of lifts possible from the chair, in 1 minute, with arms folded and without leaning against the chair (15).

Dyspnea was evaluated at the beginning and at the end of STST using the Borg scale. SpO₂, HR, and dyspnea were recorded at the beginning and at the end of STST. The number of complete lifts was recorded.

Description of surgical procedures

VATS resection was done using an anterior approach with three ports (16) and RATS resection was done using a complete three-port access approach (17) or a four-port technique (18).

Postoperative complications

Data on postoperative complications, and their treatments, were prospectively collected, on D30 during the postoperative consultation and on D90 by telephone contact with both the patient and the attending physician. The primary outcome was the presence of at least one Clavien-Dindo complication (19) of grade ≥ 2 occurring per-operatively or post-operatively up to D90.

Statistical analyses

The primary statistical analysis was the estimation, by De Long's 95% confidence interval (CI), of the area under (AUC) the Receiver Operating Curve (ROC) of the number of steps at 6MST for the prediction of a postoperative complication of grade ≥ 2 at D90 after surgery. No formal testing was planned, but an AUC above 0.75 would be considered, informally, as good while an AUC below 0.65 would be considered as poor. Patients without 6MST assessment were planned to be excluded from the primary analysis up to 10% of missing data and imputed if more than 10% of data were missing. None missed, and no imputation or exclusion was needed. The correlation between VO₂peak and number of steps at 6MST was estimated (planned secondary analysis) by a Pearson's correlation coefficient with its 95% CI.

The description of the sensitivity, specificity, positive (PPV) and negative predictive values (NPV) at thresholds defined by the deciles of the empirical distributions of the 6MST was planned. A definition of optimal thresholds was performed by accepting two false positives to avoid one false negative. Therefore, the threshold was chosen so that any small change of the threshold would make it less optimal. Formally, the specificity of the test was chosen so that the derived number $d(\text{False positive rate})/d(\text{True positive rate})$ be equal to 2. To obtain a derivable function, a binormal approximation of the ROC curve was performed, leading to one unique solution. The solution, expressed as the optimal specificity of the test, was converted to a threshold with the help of the non-parametric ROC curve. The threshold was then, rounded to make it easier to memorize. The threshold and predictive performances were computed on the same sample, leading to some uncorrected overfitting.

All analyses were performed with R software (version 3.6, The R Foundation for Statistical computing, Vienna, Austria).

Sample size

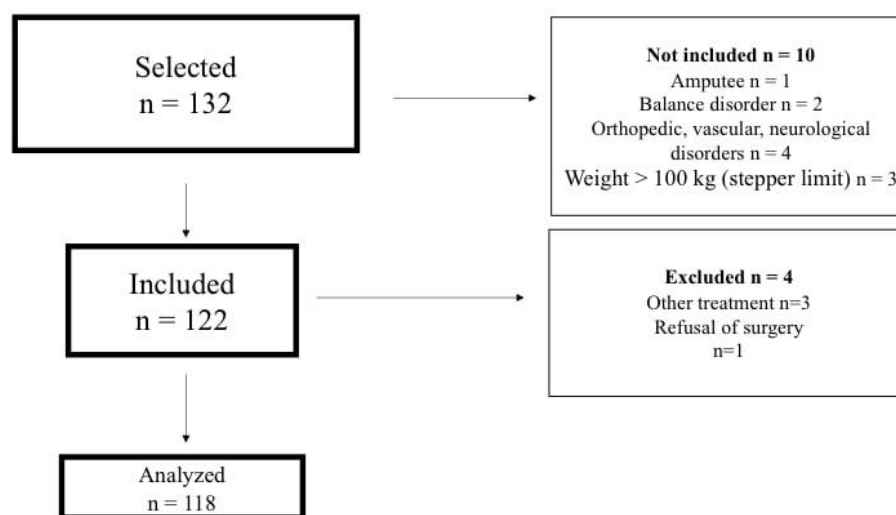
The primary analysis was not a statistical test but an estimation of an AUC. The sample size was computed to provide a two-sided 95% DeLong's CI with a total width (upper boundary minus lower boundary) of 20% assuming that the complication rate was 32% (20), the AUC was 0.75 and the distribution of the number of steps at 6MST can be expressed, after monotone normalizing transformation, as two shifted distributions with the same variance in the group with and the group without complications. Simulations showed that major deviations from the

last hypothesis had a minor impact on the sample size. The sample size required was estimated at 106.

Results:

Between November 2018 and November 2019, 132 patients were screened for inclusion. Among them, 10 (7%) were not able to do the tests, leaving 122 patients fulfilling all inclusion criteria. Three patients had late discovery of metastases and so, were not operated, and one patient refused to have surgery. Finally, the data of 118 patients were analyzed, as presented in *Figure 1*.

FIGURE 1: FLOW OF PATIENTS THROUGH THE STUDY



The characteristics of these patients are given in *Table 1*.

There were no missing data regarding postoperative complications, the number of steps at 6MST or the number of lifts at STST, including the variables heart rate (HR), SpO2, dyspnea before / after test.

The median length of stay in hospital, defined as the number of days between surgery and discharge, was 4 days (inter quartile range (IQR): 2 - 6).

Of the 118 patients for whom VATS, or RATS was planned, 12 (10.2%) were converted to thoracotomy and were analyzed for postoperative complications, as planned.

Postoperative complications of Clavien-Dindo grade ≥ 2 (Table 2) (primary outcome) occurred in 32 patients (27.1%): 24 (75.0%) during their hospital stay, 6 (18.8%) between discharge and postoperative D30, and 2 (6.2%) between postoperative D30 and postoperative D90. One patient died at postoperative D90.

Table 1: General characteristics of the 118 Study Patients

Variables	Total: 118 patients n (%) or mean $\pm$ SD
Age (years), mean $\pm$ SD	64.6 $\pm$ 9.1
Sex	
Female	50 (42.4)
Male	68 (57.6)
ASA score	
1	23 (19.5)
2	68 (57.6)
3	27 (22.9)
Body mass index, kg/m ²	
<18.5	5 (4.2)
18.5-24.9	60 (50.8)
25.0-29.9	31 (26.3)
≥ 30	22 (18.6)
FEV1 (%), mean $\pm$ SD (n=109)	89.8 $\pm$ 20.9
DLCO (%), mean $\pm$ SD (n=92)	72.8 $\pm$ 16.9
VO2peak (mL/min/kg), mean $\pm$ SD (n=20)	16.0 $\pm$ 3.7
Tobacco use	
Smoker	34 (28.8)
Former	64 (54.2)
Never	20 (16.9)
Prehabilitation Program, n (%)	43 (36.4)
Postoperative length of stay (days), median (IQR)	4 (2 - 6)
Resection	
Segmentectomy	26 (22.0)
Lobectomy	86 (72.9)
Bilobectomy	3 (2.5)
Pneumonectomy	3 (2.5)
Surgical approach	
VATS	88 (74.6)
RATS	30 (25.4)

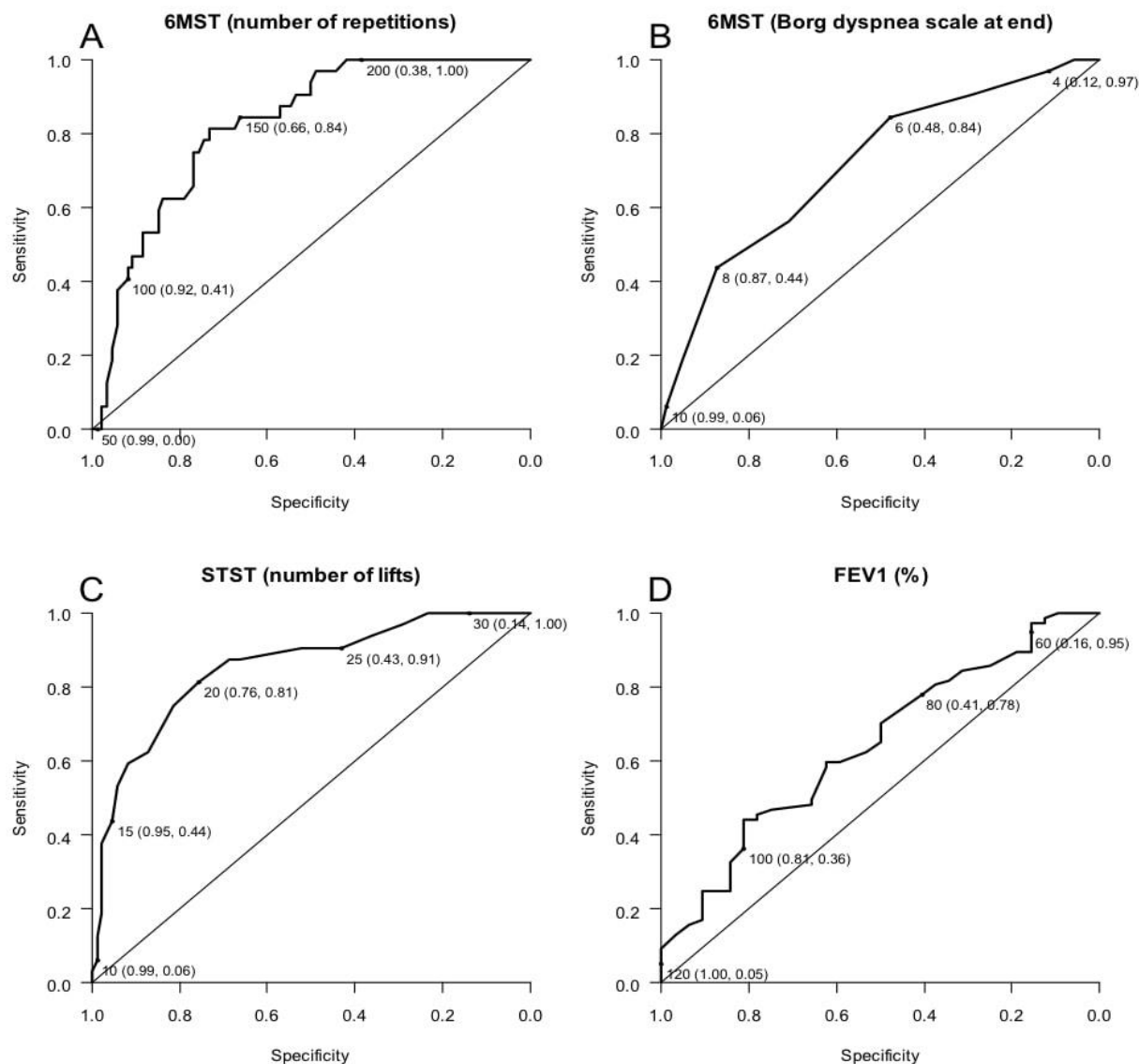
ASA: Physical Status Classification, FEV1: Forced Expiratory Volume in one second, DLCO: Diffusing capacity of the Lung for Carbon monoxide, VO2peak, VATS: Video Assisted Thoracic Surgery, RATS: Robotic Assisted Thoracic Surgery

6MST results:

The median number of steps during 6MST was 156 (min=14, 1st decile=92, Q1=117.2, Q3=202.8, 9th decile=231, max=420, mean=161.3, SD=62.8). Other parameters of 6MST are shown in *Table 3*.

The area under ROC (*Figure 2A*) of the number of steps at 6MST for the prediction of a postoperative complication of grade ≥ 2 was AUC 0.82 (95% CI: 0.75 ; 0.90).

Figure 2: ROC curves of the number of steps at 6MST (panel A), Borg dyspnea scale at the end of 6MST (panel B), number of lifts at STST (panel C) and FEV1 (panel D) to predict a postoperative complication of grade ≥ 2 with presentation of the thresholds (sensitivity, specificity).



Predictive performances at all decile thresholds are presented in *Table 4*. The optimal threshold computed from the 2:1 false positive/true positive ratio was 141 steps and was rounded to 140 steps. Its slightly overfitted positive predictive value (PPV) was estimated at 25/48 (52.1%),

negative predictive value (NPV) at 63/70 (90%), sensitivity at 25/32 (78.1%), specificity at 63/86 (73.3%) and predictive odds ratio at 9.56 (95% CI: 3.45 to 29.92).

The correlation between the Borg dyspnea scale after test and the number of steps was low and negative with a Pearson correlation coefficient estimated at -0.26 (95% CI: -0.40 ; -0.12). A total of 5/118 (4.2%) patients had dyspnea before the test, four of whom had a postoperative complication of grade ≥ 2 according to Clavien Dindo scale.

The mean $\pm$ SD increase in HR during 6MST was 24.5 ± 10.6 and the Pearson's correlation coefficient between increase in HR and number of steps was estimated at 0.18 (95% CI: 0.00 ; 0.33).

STST results:

The median number of lifts during STST was 23 (min=6, 1st decile=14, Q1=18, Q3=27, 9th decile=30.3, max=41, mean=22.3, SD=6.3). Other parameters of STST are shown in *Table 3*. The area under ROC (*Figure 2C*) of the number of lifts at STST for the prediction of a postoperative complication of grade ≥ 2 was estimated at 0.85 (95% CI: 0.77 ; 0.93). It was non-significantly higher (*post hoc* analysis) than the AUC of the number of steps at 6MST with a difference estimated at $+0.031$ (95% CI: -0.033 to $+0.094$, $p=0.35$). The number of steps at 6MST and the number of lifts at STST (*post hoc* analysis) were correlated ($R=0.79$, 95% CI: 0.73 to 0.84).

The optimal threshold was estimated at 19 steps with PPV estimated at 20/31 (64.5%), NPV at 75/87 (86.2%), sensitivity at 20/32 (62.5%), specificity at 75/86 (87.2%) and predictive odds ratio at 11.04 (95% CI: 3.96 to 33.02). Other thresholds are presented in *Table 4*.

Secondary analysis (dyspnea at the end of 6MST)

The area under ROC (*Figure 2B*) of the Borg dyspnea scale at the end of 6MST for the prediction of a postoperative complication of grade ≥ 2 was estimated at 0.72 (95% CI: 0.61 ; 0.82). It tended to be lower than that of the number of steps at 6MST (*post hoc* analysis) with a non-significant difference estimated at -0.11 (95% CI: -0.23 ; $+0.02$, $p=0.10$).

Comparison STST/6MST (post hoc analysis):

Although the AUC of the number of lifts at STST was slightly higher (AUC = 0.853) than that of the number of the steps at 6MST (AUC = 0.822), it did not differ significantly with an estimated difference of +0.031 (95% CI: -0.112; +0.173, p=0.35).

Pearson's correlation coefficient between the number of lifts at STST and the number of steps at 6MST was estimated at 0.79 (95% CI : 0.73 ; 0.84).

Comparison FEV1/6MST:

FEV1 was measured in 109 (92.4%) patients. In a complete observation analysis, the AUC (*Figure 2D*) of FEV1 to predict complications was estimated at 0.64 (95 % CI: 0.53 to -0.76), significantly lower than that of the number of steps at 6MST with a difference estimated at (-0.19, 95% CI: -0.32 to -0.06) p=0.005.

Correlation between 6MST and VO2peak:

Pearson's correlation coefficient between 6MST and VO2peak was estimated at 0.05 (95% CI: -0.57 to +0.55). The ordinary least squares linear regression equation (planned analysis) explaining VO2peak at 6MST was $(\text{VO2peak}) = 15.587 \text{ mL/min/kg} + 0.0028 \text{ mL/min/kg} \times (\text{number of steps at 6MST})$. The residual standard deviation was estimated at 3.77. The standard errors of the intercept and slope were respectively 2.05 and 0.0137.

Comparison VO2peak/6MST:

VO2peak was only measured in 20 (16.9%) patients. Among them, 10/20 (50%) had a complication of grade ≥ 2 versus 22/98 (22.4%) in those in whom it was not measured (p=0.02). Moreover, the mean number of steps at 6MST was significantly lower in patients in whom VO2peak was measured (135.9 ± 63.0) than in those in whom it was not (166.4 ± 61.8).

In the sample of patients having a VO2peak measure, the AUC for prediction of a post-operative complication of grade ≥ 2 was estimated at 0.49 (95% CI: 0.23 to 0.75) which tended to be lower than that of the number of steps at 6MST (*post hoc analysis*) with an estimated difference at -0.270 (95% CI : -0.556 à +0.016) p=0.064.

Table 2: Description of complications of all grades occurring in the 90 days after surgery. The most severe complications were described for patients having more than one complication.

Complications	Clavien-Dindo grade							Total	
	1	2	Number of patients		3A	3B	4A		4B
Infectious complications									
Pneumonia	0	4	1	0	0	0	0	0	5
Pleuresia	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Parietal abscess	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Other infection	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Pleuro-Pulmonary complications									
Air leak	10	1	0	0	0	0	0	0	11
Atelectasis	1	1	2	0	0	0	0	0	4
Respiratory distress	0	2	0	0	1	1	0	0	4
Pneumothorax	0	0	3	1	0	0	0	0	4
Subcateneous emphysema	0	0	2	1	0	0	0	0	3
Pleural effusion	1	0	1	1	0	0	0	0	3
Pulmonary embolism	0	0	0	1	0	1	0	0	2
Other complications									
Cardiac rhythm disorder	1	2	1	0	0	0	0	0	4
Recurrent laryngeal nerve or phrenic nerve paralysis	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Death	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	16	12	11	4	2	2	1		48
Total	(13.6%)	(10.2%)	(9.3%)	(3.4%)	(1.7%)	(1.7%)	(0.8%)		(40.7%)

Table 3: Description of the results of 6MST and STST

	median (IQR) mean $\pm$ SD
6MST	
Number of steps, median (q1 - q3)	156 (117.2 - 202.8)
Rest cardiac frequency (cycles/min), mean $\pm$ SD	78.3 $\pm$ 10.5
Effort cardiac frequency (cycles/min), mean $\pm$ SD	102.8 $\pm$ 15.2
Increase in cardiac frequency (cycles/min), mean $\pm$ SD	24.5 $\pm$ 10.6
Rest SpO2 (%), mean $\pm$ SD	97.14 $\pm$ 1.62
Effort SpO2 (%), mean $\pm$ SD	95.05 $\pm$ 2.79
Decrease in SpO2 (%), mean $\pm$ SD	-2.09 $\pm$ 1.83
Rest Borg dyspnea, /10 (/10), mean $\pm$ SD	0.04 $\pm$ 0.20
Effort Borg dyspnea (/10), mean $\pm$ SD	5.92 $\pm$ 1.87
STST	
Number of lifts, median (q1 - q3)	23 (18 - 27)
Rest cardiac frequency (cycles/min), mean $\pm$ SD	78.9 $\pm$ 10.1
Effort cardiac frequency (cycles/min), mean $\pm$ SD	100.8 $\pm$ 14.0
Increase in cardiac frequency (cycles/min), mean $\pm$ SD	21.9 $\pm$ 10.0
Rest SpO2 (%), mean $\pm$ SD	97.14 $\pm$ 1.65
Effort SpO2 (%), mean $\pm$ SD	95.48 $\pm$ 2.82
Decrease in SpO2 (%), mean $\pm$ SD	-1.65 $\pm$ 1.88
Rest Borg dyspnea, /10 (/10), mean $\pm$ SD	0.03 $\pm$ 0.18
Effort Borg dyspnea (/10), mean $\pm$ SD	4.91 $\pm$ 1.82
6MST: 6-Minute Stepper Test, SpO2: Pulsatile Oxygen Saturation, STST: Sit To Stand Test	

Table 4: Predictive performances of the number of steps at 6MST and the number of lifts at STST for a complication of grade ≥ 2 at different thresholds

Decile	Threshold	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV	Predictive OR
Number of steps at 6MST						
1	92.0	0.22	0.95	0.64	0.77	5.74
2	107.0	0.47	0.91	0.65	0.82	8.60
3	122.1	0.62	0.81	0.56	0.85	7.29
4	136.8	0.78	0.74	0.53	0.90	10.39
5	156.0	0.84	0.64	0.47	0.92	9.58
6	171.6	0.91	0.51	0.41	0.94	10.13
7	187.9	1	0.42	0.39	1	∞
8	209.0	1	0.3	0.35	1	∞
9	231.0	1	0.19	0.31	1	∞
Number of lifts at STST						
1	14	0.25	0.98	0.80	0.78	14.00
2	17	0.53	0.94	0.77	0.84	18.36
3	19	0.62	0.87	0.65	0.86	11.36
4	20.8	0.81	0.76	0.55	0.92	13.41
5	23	0.88	0.66	0.49	0.93	13.76
6	24	0.91	0.52	0.41	0.94	10.61
7	26	0.91	0.43	0.37	0.92	7.30
8	28	0.97	0.29	0.34	0.96	12.70
9	30.30	1.00	0.14	0.30	1.00	∞

PPV: positive predictive value, NPV: negative predictive value, OR: odds ratio, STST: Sit To Stand Test, 6MST: 6-Minute Stepper Test

Discussion

We found that the number of steps at 6MST was strongly associated with postoperative morbidity. 6MST and STST are cheap, widely reproducible and require minimal personnel and equipment. They are easily achievable during the preoperative consultation at a time when the surgeon needs to determine operability. These tests can be carried out in the consultation room, without having to go to the corridors or the staircase, thus ensuring optimal safety. They are accessible to most patients, only 7% of the cohort initially assessed could not perform these tests for functional reasons, which would also have prevented the completion of the other field tests currently recommended. Although no incident was noted during their performance, there are rare but severe risks related to high intensity exercise testing.

Risk stratification is very important in surgical candidates and assessment of exercise tolerance is an integral part of preoperative evaluation.

STST induces similar cardiorespiratory stress to that of CPET (21), and it is a stronger predictor of 2 year mortality (AUC 0.78) than FEV1 (AUC 0.61) for COPD patients (22). STST and 6MST have two main advantages: they are dynamic exercises and are global functional tests; consequently, rather than assessing a very specific physiologic function, they assess frailty; cardiac, pulmonary, neurologic, orthopedic and rheumatologic disorders may alter these tests. For the moment, there is no reason to favor 6MST over STST or vice versa from a predictive performance point of view. STST had a higher AUC than 6MST but this difference was not significant ($p=0.35$). We can just note the greater availability of equipment for STST than for 6MST which requires a stepper device.

6MST values are less reproducible because they depend on the stepper brand, its resistance etc. By comparing our results to those of COPD patients, the mean number of lifts at STST was 18.9 ± 8.8 (22), quite close to ours (22.3 ± 6.3). For 6MST, the mean number of steps was 186.8 ± 59.4 (23) close to our value of 161.3 ± 62.8 .

The main strength of this study is a carefully developed prospective protocol that was successfully implemented, as illustrated by the completeness of data collection and no dropouts.

We directly studied the relationship between these tests and the risk of complications. These complications were collected over a long period (90 days) and graded according to Clavien-Dindo scale (19) for more precision.

To our knowledge this is the first prospective study assessing the relationship between 6MST and postoperative complications, and STST and postoperative complications. The results of other low-technology tests, as stair climbing test (24) or ISWT (7), have been shown to predict postoperative complications.

ISWT and stair climbing test are even recommended in preoperative evaluation before thoracic surgery if CPET is unavailable (25). However, these guidelines are based on patients operated by thoracotomy.

The evolution of surgical techniques in recent years has allowed a decrease in postoperative morbidity (26), however we do not yet find preoperative risk assessment guidelines based only on patients operated by minimally invasive techniques. As part of this work, we included only patients operated by these minimally invasive techniques.

Currently the recommendation for CPET assessment is based on spirometry results (FEV1 / DLCO) (5). One might wonder if low-technology tests would be an interesting indicator in the prescription of this evaluation. In fact, FEV1 and DLCO only assess lung capacity but not a patient's maladjustment to exercise. Thus, a patient without COPD but with heart failure and/or sedentary behavior may have good spirometric parameters but altered STST or 6MST. Indeed, 6MST may be a better predictor than FEV1 as suggested in our analysis. Furthermore, we note that although the mean FEV1 was relatively high in our study ($89.8 \pm 20.9\%$) this does not suggest an absence of risk of complications. The complication rate in this study corresponds to that found in the literature (27).

In our study, VO2peak was weakly correlated with 6MST and postoperative complications. A part of that observation is explained by the selection bias of patients who had VO2peak test. Only high-risk patients have this examination, thus VO2peak was uniformly low, masking actual correlations. Moreover, the sample size was very small, making interpretation of any result very tough. Nevertheless, other low-technology exercise tests such as ISWT and 6-minute walk test showed, respectively, moderate and poor correlations with CPET VO2peak (26-28) while being correlated with postoperative outcomes (29).

Limitations

Exercise testing showed random fluctuations according to the day it was performed. Repeating tests to average these fluctuations might have improved their performance. Our study was designed to assess the predictive performance of 6MST and STST but not to compare their performances to VO₂peak (current gold standard). Our *post hoc* comparison of 6MST with VO₂peak is too biased (selection bias) to be conclusive.

This prospective study was conducted in a single center limiting its external validity. Although postoperative complications were defined by the Clavien-Dindo classification, they were highly heterogeneous, and it is hard to know which complications were predicted by these tests. Our sample size was not large enough to define a multi-dimensional postoperative complication predictor, taking into account all examinations and clinical variables that could be available preoperatively. Therefore, we only assessed each predictor separately.

Future multicenter evaluation and comparison of 6MST and STST with VO₂peak would strengthen these results.

Conclusion

In summary, 6MST and STST are useful tools to assess candidates for lung surgery. These tests could help to stratify the postoperative risk of morbidity.

A patient achieving fewer than 19 lifts at STST or fewer than 140 steps at 6MST is a patient at risk of major complications. Further trials are needed to evaluate these low-technology tests in combination with other assessments and clinical variables in order to improve their predictive performance.

1. Cancer today [Internet]. [cité 23 avr 2020]. Disponible sur: <http://gco.iarc.fr/today/home>
2. Howington JA, Blum MG, Chang AC, Balekian AA, Murthy SC. Treatment of stage I and II non-small cell lung cancer: Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*. mai 2013;143(5 Suppl):e278S-e313S.
3. Bernard A, Falcoz P-E, Thomas PA, Rivera C, Bouchet L, Baste JM, et al. Comparison of Epithor clinical national database and medico-administrative database to identify the influence of case-mix on the estimation of hospital outliers. *PLoS ONE*. 2019;14(7):e0219672.
4. Charloux A, Brunelli A, Bolliger C. Lung function evaluation before surgery in lung cancer patients: how are recent advances put into practice? A survey among members of the European Society of Thoracic Surgeons (ESTS) and of the Thoracic Oncology Section of the European Respiratory Society (ERS). *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2009;9:925-31.
5. Brunelli A, Charloux A, Bolliger CT, Rocco G, Sculier J-P, Varela G, et al. The European Respiratory Society and European Society of Thoracic Surgeons clinical guidelines for evaluating fitness for radical treatment (surgery and chemoradiotherapy) in patients with lung cancer. *Eur J Cardiothorac Surg*. juill 2009;36(1):181-4.
6. Sathyaprasad SL, Thomas M, Philip FA, Krishna KJ. Performance in 6-min walk test in prediction of post-operative pulmonary complication in major oncosurgeries: A prospective observational study. *Indian J Anaesth*. janv 2020;64(1):55-61.
7. Fennelly J, Potter L, Pompili C, Brunelli A. Performance in the shuttle walk test is associated with cardiopulmonary complications after lung resections. *J Thorac Dis*. mars 2017;9(3):789-95.
8. Boujibar F, Gillibert A, Gravier FE, Gillot T, Bonnevie T, Cuvelier A, et al. Performance at stair-climbing test is associated with postoperative complications after lung resection: a systematic review and meta-analysis. *Thorax* [Internet]. 8 juill 2020 [cité 5 août 2020]; Disponible sur: <https://thorax.bmj.com/content/early/2020/07/09/thoraxjnl-2019-214019>
9. Gephine S, Bergeron S, Tremblay-Labrecque P-F, Mucci P, Saey D, Maltais F. Cardiorespiratory Response during the 1-min Sit-to-Stand Test in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Med Sci Sports Exerc*. 17 janv 2020;
10. Radtke T, Puhan MA, Hebestreit H, Kriemler S. The 1-min sit-to-stand test--A simple functional capacity test in cystic fibrosis? *J Cyst Fibros*. mars 2016;15(2):223-6.
11. Bohannon RW, Crouch R. 1-Minute Sit-to-Stand Test: SYSTEMATIC REVIEW OF PROCEDURES, PERFORMANCE, AND CLINIMETRIC PROPERTIES. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2019;39(1):2-8.
12. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP, et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *Bull World Health Organ*. nov 2007;85(11):867-72.
13. Grosbois JM, Riquier C, Chehere B, Coquart J, Béhal H, Bart F, et al. Six-minute stepper test: a valid clinical exercise tolerance test for COPD patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2016;11:657-63.
14. Mador MJ, Rodis A, Magalang UJ. Reproducibility of Borg scale measurements of dyspnea during exercise in patients with COPD. *Chest*. juin 1995;107(6):1590-7.
15. Crook S, Puhan MA, Frei A, STAND-UP and RIMTCORE study groups. The validation of the sit-to-stand test for COPD patients. *Eur Respir J*. 2017;50(3).
16. Hansen HJ, Petersen RH, Christensen M. Video-assisted thoracoscopic surgery (VATS) lobectomy using a standardized anterior approach. *Surg Endosc*. avr 2011;25(4):1263-9.
17. Ninan M, Dylewski MR. Total port-access robot-assisted pulmonary lobectomy without utility thoracotomy. *Eur J Cardiothorac Surg*. août 2010;38(2):231-2.
18. Cerfolio RJ, Watson C, Minnich DJ, Calloway S, Wei B. One Hundred Planned Robotic Segmentectomies: Early Results, Technical Details, and Preferred Port Placement. *Ann Thorac Surg*. mars 2016;101(3):1089-95; Discussion 1095-1096.
19. Dindo D, Demartines N, Clavien P-A. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg*. août 2004;240(2):205-13.

20. Boujibar F, Bonnevie T, Debeaumont D, Bubenheim M, Cuvellier A, Peillon C, et al. Impact of prehabilitation on morbidity and mortality after pulmonary lobectomy by minimally invasive surgery: a cohort study. *J Thorac Dis.* avr 2018;10(4):2240-8.
21. Géphine S, Bergeron S, Saey D, Mucci P, Maltais F. Évaluation des capacités fonctionnelles dans la BPCO : le test de lever de chaise d'une minute un exercice maximal ? *Revue des Maladies Respiratoires.* janv 2019;36:A9.
22. Puhan MA, Siebeling L, Zoller M, Muggensturm P, ter Riet G. Simple functional performance tests and mortality in COPD. *Eur Respir J.* oct 2013;42(4):956-63.
23. Bonnevie T, Gravier F-E, Leboullenger M, Médrial C, Viacroze C, Cuvelier A, et al. Six-minute Stepper Test to Set Pulmonary Rehabilitation Intensity in Patients with COPD - A Retrospective Study. *COPD.* juin 2017;14(3):293-7.
24. Olsen GN, Bolton JW, Weiman DS, Hornung CA. Stair climbing as an exercise test to predict the postoperative complications of lung resection. Two years' experience. *Chest.* mars 1991;99(3):587-90.
25. Brunelli A, Kim AW, Berger KI, Addrizzo-Harris DJ. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest.* mai 2013;143(5 Suppl):e166S-e190S.
26. 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.
27. Li P, Lai Y, Zhou K, Che G. [Analysis of Postoperative Complications and Risk Factors of Patients with Lung Cancer through Clavien-Dindo Classification]. *Zhongguo Fei Ai Za Zhi.* 20 avr 2017;20(4):264-71.
28. Granger CL, Denehy L, Parry SM, Martin J, Dimitriadis T, Sorohan M, et al. Which field walking test should be used to assess functional exercise capacity in lung cancer? An observational study. *BMC Pulm Med.* 12 août 2015;15:89.
29. Saad IAB, Botega NJ, Toro IFC. Predictors of quality-of-life improvement following pulmonary resection due to lung cancer. *Sao Paulo Med J.* 4 janv 2007;125(1):46-9.

Additional data

Multivariate model (post hoc analysis)

The AUC of each variable for prediction of a post-operative complication of grade ≥ 2 is shown (univariate analysis) in *Table S1*.

Table S1: Univariate area under ROC curves (AUC) of each variable included in the multivariate model.

Variables	Correlation with complications	AUC
Age, years	positive	0.53 (95% CI: 0.41 to 0.65)
ASA	positive	0.65 (95% CI: 0.55 to 0.76)
6MST		
Effort Borg dyspnea	positive	0.72 (95% CI: 0.61 to 0.82)
Number of steps	negative	0.82 (95% CI: 0.75 to 0.90)
Rest SpO2	negative	0.67 (95% CI: 0.57 to 0.77)
Decrease in SpO2	positive	0.79 (95% CI: 0.69 to 0.88)
Rest cardiac frequency	positive	0.58 (95% CI: 0.45 to 0.70)
Increase in cardiac frequency	negative	0.53 (95% CI: 0.41 to 0.66)

After multiplication of coefficients by 1000 to make them easier to interpret, the score equation was $1.1 \times \text{Age (years)} + 200 \times \text{ASA} + 98 \times (\text{effort dyspnea}) - 5.7 \times (\text{number of steps}) + 21 \times (\text{Rest SpO2 in \%}) + 230 \times (\text{Decrease in SpO2}) + 14 \times (\text{Rest cardiac frequency}) - 0.91 \times (\text{Increase in cardiac frequency})$. A higher score was associated with a higher risk of complications. Its AUC to predict a complication of grade ≥ 2 after correction for overfitting was estimated at 0.844 (95% CI: 0.766 to 0.922) and was not significantly higher than the AUC of the number of steps at 6MST with a difference estimated at +0.021 (95% CI: -0.054 to +0.097, $p=0.58$).

Discussion:

The multivariate model, as we hypothesized, did not show a major increase in predictive performance. The paradoxically positive effect of the rest SpO2 on the risk score may be explained by compensation of the effect of the variable associated with the difference in SpO2 and by the random fluctuations on this non-statistically significant coefficient. LASSO regression would have avoided this problem but would have made overfitting correction harder.

Conclusions et implications de l'étude :

A travers cette étude nous avons pu déterminer le caractère prédictif de complications du test stepper de 6 minutes ainsi que du test de lever de chaise, avec un seuil optimal estimé à 141 steps et à 20 levers respectivement.

Nous notons par ailleurs que dans cette cohorte, le test stepper est un meilleur prédicteur de complications que le VEMS. Cela peut s'expliquer par le fait qu'un patient ne souffrant pas de BPCO, mais avec un trouble cardiaque ou un comportement sédentaire peut avoir de bons paramètres spirométriques mais une capacité à l'effort altérée, que le test stepper ou de lever de chaise pourraient identifier. Cela accentue l'idée que l'évaluation à l'effort doit être réalisée chez tous les futurs opérés, sans critères de VEMS ou de DLCO ; l'EFX étant difficilement accessible pour tous, les tests de terrains semblent une bonne alternative en première intention. De plus, le VEMS moyen de cette cohorte est relativement élevé (89,8 %) mais cela ne suggère pas une incidence plus faible de complications. Le taux de complications dans cette étude correspondant aux descriptions retrouvées dans la littérature.

Le déconditionnement cardio-respiratoire et périphérique a une place aussi importante que la fonction respiratoire.

Ces deux tests ont montré leur pertinence et sont facilement réalisables dans le lieu où le patient effectue sa consultation préopératoire (pneumologique, chirurgicale, anesthésiste...). Le test stepper de 6 minutes nécessitant néanmoins un stepper contrairement au test de lever de chaise qui ne nécessite qu'une chaise, présente dans toutes les situations.

C'est la première description de ces deux tests en chirurgie thoracique, les résultats obtenus sont encourageant mais nécessiteraient une validité externe.

Chapitre 2

Réhabilitation préopératoire

DÉFINITION

Depuis le début des années 2000, la réhabilitation respiratoire est la pierre angulaire du traitement des patients souffrants de BPCO (63). En 2013 les sociétés européennes et américaines de pneumologies se sont accordées pour définir la réhabilitation respiratoire comme étant « une intervention globale et individualisée, reposant sur une évaluation approfondie du patient, incluant, sans y être limitée, le réentraînement à l'effort, l'éducation, les changements de comportement visant à améliorer la santé globale, physique et psychologique des personnes atteintes de maladie respiratoire chronique et à promouvoir leur adhésion à long terme à des comportements adaptés à leur état de santé » (64). Cette définition a été traduite en français par le groupe Alvéole de la Société de Pneumologie de Langue Française (SPLF)

La réhabilitation respiratoire est largement décrite, étudiée et recommandée chez le patient souffrant de BPCO (65), pour lequel elle possède une recommandation de grade A.

C'est un programme multidisciplinaire de plusieurs semaines, centré sur le patient et individualisé. Elle peut être réalisée en centre de réadaptation, chez un kinésithérapeute libéral ou même à domicile.

MISE EN PLACE

L'EFX décrite précédemment permet de définir le seuil de réentraînement à l'effort, au premier seuil ventilatoire : le SV1. Il correspond au seuil d'adaptation ventilatoire, c'est un bon indicateur de l'endurance maximale aérobie, il survient généralement à 55% de la $\dot{V}O_{2max}$. Le SV1 correspond graphiquement à la zone où la ventilation minute augmente plus vite que la $\dot{V}O_2$ ou à la rupture de la pente $\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$ (31). Il représente une intensité d'exercice correspondant à la limite de l'essoufflement lors d'un effort.

Les résultats de l'EFX vont permettre de créer un programme de réhabilitation individualisé.

La durée optimale ainsi que l'intensité d'un programme de réhabilitation n'est pas clairement définie, on l'estime à 3 à 5 semaines avec 3 à 5 séances par semaine.

Le bénéfice de la réhabilitation semble néanmoins proportionnel à sa durée.

COMPOSANTES

Le programme de réhabilitation respiratoire s'articule autour de plusieurs composantes :

- Travail en endurance

Il sollicite le métabolisme aérobie et a pour but l'amélioration des capacités fonctionnelles à l'effort. Il permet de lutter contre les effets systémiques des maladies respiratoires chroniques en agissant sur les fonctions cardio-vasculaires et musculaires.

Ce type d'entraînement tend à augmenter les capacités oxydatives du muscle, particulièrement pour les fibres de type 1 (66).

Il est préconisé d'effectuer un renforcement en endurance sur cycloergomètre ou tapis de course, 3 à 5 fois par semaine durant 20 à 60 minutes (67).

L'intensité de réentraînement est à 60% de la puissance maximale, ce seuil est cependant à ajuster à la tolérance du patient.

Deux types de réentraînement sont décrits : le travail continu (« *continuous training* ») ou fractionné (« *interval training* »). L'exercice continu s'effectue à puissance constante, jusqu'à atteindre la fréquence cardiaque cible définie au SV1. L'exercice fractionné, alterne des pics d'activité à haute intensité et phases de récupération active à intensité faible ou modérée. C'est une alternative proposée aux patients ne pouvant maintenir une activité prolongée à leur seuil de réentraînement, il offre une meilleure tolérance à l'exercice et permet ainsi d'atteindre une puissance de réentraînement plus élevée (68).

Dans les deux cas, au cours du programme, il est tenté d'imposer un incrément progressif de la charge de travail au fur et à mesure des séances. Les bénéfices semblent équivalents quel que soit le type de réentraînement privilégié (69).

- Renforcement musculaire

Pour réaliser un travail de renforcement musculaire, il est nécessaire de déterminer le 1RM (ou « maximum sur une répétition ») du patient, il correspond à la charge que l'on ne peut porter, tirer ou soulever qu'une seule fois. Il est déterminé avec le patient après un échauffement préalable. Le travail consiste alors en 3 séries de 12 répétitions de mouvements, ciblés sur chaque groupe musculaire, d'une charge correspondant à 70% de l'1RM (70), aussi bien au niveau des membres supérieurs qu'inférieurs.

Il n'a pas été montré de supériorité du renforcement musculaire comparé au travail en endurance dans le bénéfice observé à l'issue du programme (38).

La combinaison semble plus complète et permet une amélioration significative de la dyspnée et de la force musculaire, comparé à ces deux techniques réalisées de manière isolée (18). Leur association fait partie des recommandations internationales (19).

- Renforcement des muscles inspiratoires

Le réentraînement inspiratoire (ou *inspiratory muscle training*, **IMT**) s'effectue à l'aide d'une valve inspiratoire ne se déclenchant que pour un niveau prédéterminé de pression. Elle est réglée au seuil de 30 à 40% de la pression inspiratoire maximale (P_Imax) du patient, préalablement mesurée.

Ce type de réentraînement n'est préconisé que dans le cas où le patient présenterait une dyspnée invalidante ou une diminution objective de la force des muscles inspiratoires.

L'impact de ce réentraînement préopératoire sur les résultats postopératoires a été évalué dans une étude contrôlée randomisée en chirurgie cardiaque, publiée dans le *JAMA* par Hulzebos et al, qui a randomisé 279 patients en 2 groupes : 2 semaines d'IMT préopératoire *versus* soins habituels. Ils rapportent une réduction des complications postopératoires (71) dans le groupe IMT.

C'est l'étude la plus solide à ce jour sur l'utilisation de l'IMT en préopératoire.

- Éducation thérapeutique

Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), l'éducation thérapeutique vise à « aider les patients à acquérir ou maintenir les compétences dont ils ont besoin pour gérer au mieux leur vie avec une maladie chronique » (72).

Elle a une place intégrante et permanente dans la prise en charge du patient, notamment chez les patients souffrant de BPCO, d'asthme ou de mucoviscidose.

Dans le cadre du préopératoire de chirurgie thoracique, il ne s'agit pas de la gestion d'une pathologie chronique, le terme « d'éducation thérapeutique » n'est donc pas approprié.

Il s'agit plutôt d'une préparation, d'un « coaching » du patient qui préparerait son intervention chirurgicale comme un sportif préparerait une compétition sportive.

On parle alors « d'éducation à la santé ». Il est essentiel durant ce temps d'éducation d'aborder avec le patient les modalités de sa pathologie, les traitements prévus, la réhabilitation et les changements de comportement à adopter. Il est opportun de lui enseigner la toux protégée ainsi que l'auto-drainage bronchique, afin qu'il puisse être un acteur majeur de sa gestion postopératoire. Ce type d'éducation nécessite une adhésion pleine et active du patient, afin qu'elle puisse être menée entièrement et à bien.

Elle peut être réalisée par les différents acteurs intervenant lors de la réhabilitation respiratoire.

- Sevrage tabagique

La morbidité postopératoire est un problème majeur et le tabagisme est un facteur de risque très nettement identifié (73). Le tabagisme a un effet délétère sur le système cardio-respiratoire, il favorise l'encombrement bronchique et le risque de pneumopathies, mais également sur le processus de cicatrisation postopératoire.

De nombreuses études établissent le lien entre activité tabagique et complications postopératoires, mais plusieurs études contradictoires sont apparues concernant le délai optimal de sevrage préopératoire, rendant les instructions peu claires.

Selon l'étude de Vaporciyan et al, le moment de l'arrêt du tabac est un facteur important dans le développement de complications respiratoires postopératoires. Les patients qui arrêtaient de fumer moins d'un mois avant l'opération étaient plus susceptibles de développer des complications ($p=0,013$) (74). Par la suite une étude de l'équipe de Barrera concluait qu'il n'existait pas de différence en terme de complications chez les patients ayant une activité tabagique plus de 2 mois ou moins de 2 mois avant la chirurgie (75).

En effectuant un état de la littérature sur ce sujet, Zaman et al concluent qu'il existe une preuve non négligeable que plus longtemps le patient est sevré moins il aura de complications, qu'il est nécessaire de proposer le sevrage à tout moment, peu importe le délai chirurgical (73). L'intervention pour chirurgie de cancer est souvent vécue par le patient comme un choc permettant la remise en cause de certains comportements dont l'intoxication tabagique.

- Suivi nutritionnel

La dénutrition et la perte de masse musculaire est fréquente chez les patients souffrant de cancer et/ou de BPCO comme c'est le cas des opérés thoraciques. Ce sont des facteurs de risque de complications (76,77) mais surtout des facteurs de risque modifiables qu'il est essentiel de dépister et de traiter.

Des compléments nutritionnels sont préconisés dans ce cas (78) même s'il n'existe pas encore de preuve scientifique établie en chirurgie thoracique quant à leur impact sur la survenue de complications, contrairement à la chirurgie abdominale (79).

- Contre-indications à la réhabilitation respiratoire

Les contre-indications sont principalement les contre-indications cardio-vasculaires et respiratoires à l'exercice, elles doivent être systématiquement recherchées avant de débiter un programme de réhabilitation respiratoire (80).

Les contre-indications absolues :

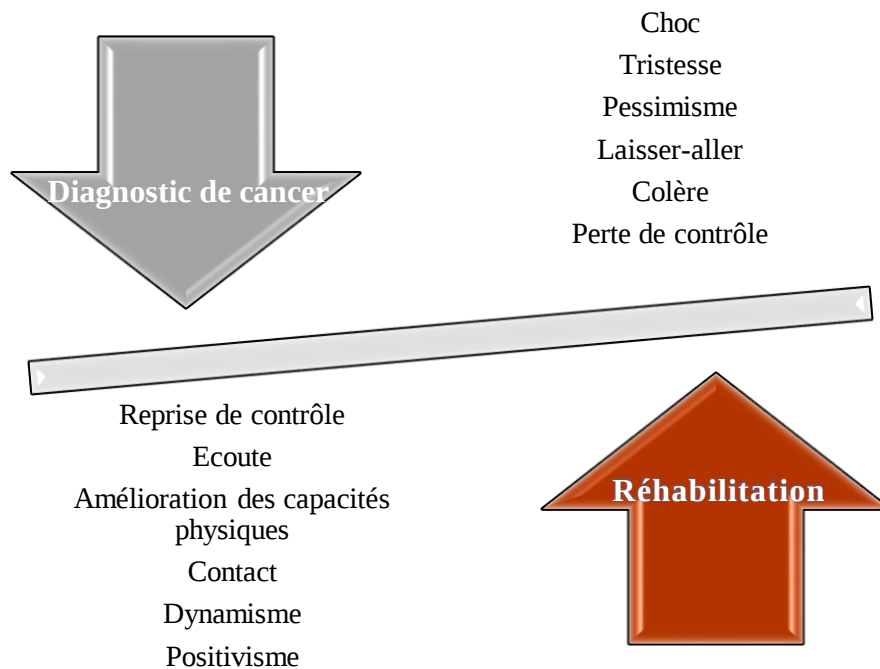
- Angor instable
- Rétrécissement aortique serré
- Infarctus du myocarde récent
- Insuffisance cardiaque instable
- Maladie thromboembolique évolutive
- Myocardite, endocardite, péricardite
- Anévrisme ventriculaire
- Thrombus intraventriculaire
- Troubles du rythme non contrôlés
- Instabilité respiratoire (acidose respiratoire non compensée)
- Affection intercurrente fébrile
- Une affection (neuromusculaire, orthopédique, psychiatrique...) empêchant la compréhension ou la réalisation de l'entraînement

Les contre-indications relatives :

- Hypertension artérielle primitive ou systémique non contrôlée
- Cardiomyopathie obstructive
- Trouble de conduction auriculoventriculaire
- Manque de motivation ou d'observance

EN PRÉOPÉRATOIRE

En préopératoire de résection pulmonaire, l'intérêt de la réhabilitation est de prévenir les complications postopératoires, de diminuer la mortalité postopératoire et la durée de séjour hospitalier ; en améliorant les aptitudes cardio-respiratoires et musculaires du patient, la qualité de vie péri-opératoire et la perception de la maladie.



L'objectif étant de débiter ce programme le plus précocement possible afin d'optimiser ses bénéfices. Il est pour cela proposé 3 à 5 séances de réhabilitation respiratoire par semaine, jusqu'à la date opératoire.

La mise en place de ce programme se heurte à une offre de soins disparate, à une méconnaissance professionnelle des lieux d'accueil, à la nécessité d'intégrer ce circuit de soins

dans un délai suffisant avant la chirurgie (minimum 3 semaines), ou bien au refus du patient (déni, manque d'information, dépression, colère...).

Pour permettre la bonne mise en place de ce parcours qui conditionne la vie péri-thérapeutique, il est essentiel de le coordonner et d'identifier un « coordonnateur du parcours préopératoire », relai entre les pneumologues, oncologues, chirurgiens thoraciques, anesthésistes, physiologistes, kinésithérapeutes, addictologues, centres de réadaptation et le patient.

Cet acteur doit pouvoir informer le patient et être attentif à sa bonne compréhension à chaque étape de la prise en charge, identifier les intervenants d'aval, coordonner la gestion du parcours et veiller à la bonne transmission des informations.

La coordination de cette organisation peut être faite par n'importe quel professionnel appartenant au réseau de soins péri-opératoires.

Ce profil de coordonnateur est d'ailleurs présent dans les recommandations RAAC (récupération améliorée après chirurgie) de la Haute autorité de santé (81).

CANDIDATS A LA RÉHABILITATION

L'intérêt de la préhabilitation est de plus en plus acquise, cependant la population tirant bénéfice de ce traitement est encore floue.

Certains préconisent de la proposer aux patients diagnostiqués BPCO (82,83), chez qui l'intérêt de ce programme n'est plus à démontrer (Recommandation grade A : HAS). Les patients sont aussi orientés vers une préhabilitation sur des critères de VO₂max (84), en cas de chimiothérapie préopératoire (85) ou bien chez tous les futurs opérés thoraciques sans distinction (86).

Lorsque les patients sont préhabilités sur des critères de VEMS ou de VO₂max, on retrouve un bénéfice du programme sur la survenue de complications postopératoires. Dans le cadre de la préhabilitation chez les patients traités par chimiothérapie préopératoire, on observe une amélioration de la capacité vitale, du VEMS et de la capacité vitale forcée, ce bénéfice est accentué chez les patients présentant un VEMS initial inférieur à 80 %. Dans le cadre de cette étude, il n'y a pas eu d'évaluation quant à l'impact sur la morbidité postopératoire.

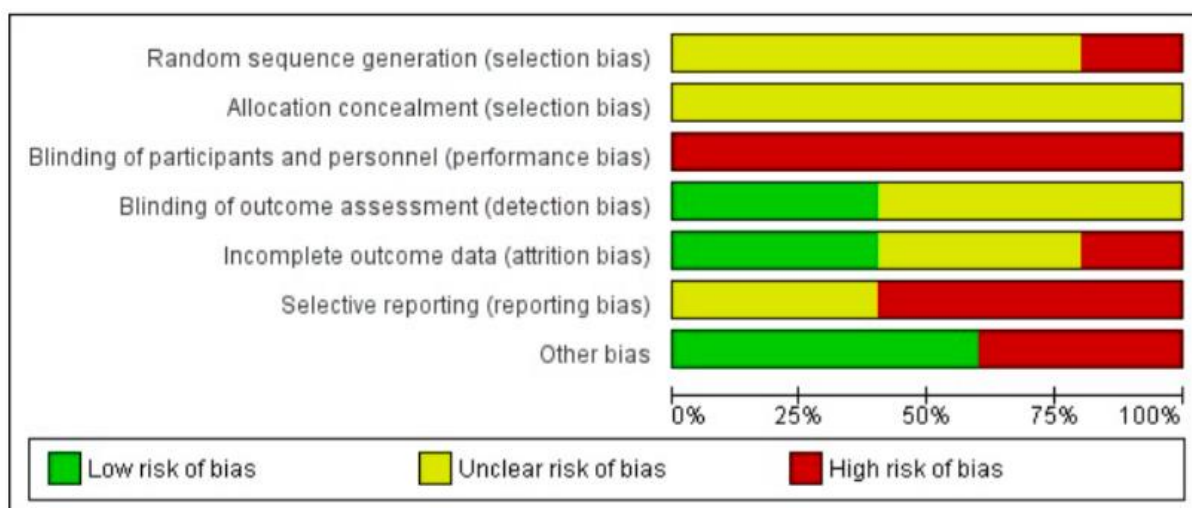
Lorsque la réhabilitation est proposée à tous, on note une amélioration des paramètres aérobie, mais pas de bénéfice en termes de survenue de complications postopératoires.

Il y a très peu de recherche sur les critères de prescriptions de réhabilitation, c'est un sujet qui tend à être approfondi, on observe cependant que la préhabilitation semble surtout profiter aux patients présentant une altération cardio-respiratoire préopératoire.

LITTÉRATURE

L'étude précédemment citée est la plus grande étude contrôlée randomisée portant sur l'intérêt de la réhabilitation préopératoire (86), incluant 151 patients, elle conclut à l'amélioration des capacités aérobie à la fin de ce programme, sans montrer de différence de bénéfice quant à la morbi-mortalité postopératoire.

Une récente méta-analyse publiée dans la Cochrane par Cavalheri et son équipe (87) évalue les bénéfices de la préhabilitation. Ils concluent que c'est un programme permettant de réduire le risque de développer une complication pulmonaire postopératoire, de diminuer la durée de séjour hospitalier, d'améliorer la capacité à l'exercice. Ils relèvent cependant une disparité entre les études, de qualité méthodologique moyenne, du risque de biais et de la petite taille des échantillons.



Graphique représentant le risque de biais selon les auteurs. Analyse de chaque article inclus dans la méta-analyse, représenté sous forme de pourcentages.

Issu du Cochrane Database Syst Rev. 2017 Jun; 2017(6): CD012020.

Depuis la publication de ce travail, nous ne retrouvons pas d'études contrôlées randomisées d'effectif important afin de compléter les conclusions des auteurs.

Cette méta-analyse porte sur des études incluant des patients opérés uniquement par thoracotomie (88,89) ou bien par VATS et thoracotomie (83,90,91).

On ne retrouve pas d'étude portant sur la réhabilitation associée à de la chirurgie mini-invasive uniquement.

Par ailleurs, toutes évaluent le lien entre réhabilitation et nombre de complications postopératoires, aucune ne s'intéresse à l'impact de la complication postopératoire sur le patient en la classifiant selon sa gravité.

Pour cela, l'échelle de Clavien-Dindo est la plus décrite en chirurgie (92). Elle est composée de 5 grades, le nivellement est effectué en fonction du retentissement que présente la complication et du traitement prodigué.

Grade	Définition
I	Tout événement postopératoire indésirable ne nécessitant pas de traitement médical, chirurgical, endoscopique ou radiologique autre que des antiémétiques, antipyrétiques, antalgiques, diurétiques, électrolytes et de la kinésithérapie.
II	Complication nécessitant un traitement médical autre que ceux autorisés dans le grade I.
III	Complication nécessitant un traitement chirurgical, endoscopique ou radiologique - a- Sans anesthésie générale - b- Sous anesthésie général
IV	Complication engageant le pronostic vital et nécessitant des soins intensifs - a- Défaillance d'un organe - b- Défaillance multi-viscérale
V	Décès

ÉTUDE N°3 – INTÉRÊT D'UNE RÉHABILITATION PRÉOPÉRATOIRE CHEZ DES PATIENTS OPÉRÉS PAR CHIRURGIE MINI INVASIVE

Contexte :

Dans cette étude de cohorte rétrospective, nous avons voulu évaluer le lien entre réhabilitation préopératoire et gravité de la complication postopératoire selon Clavien-Dindo, chez les opérés par chirurgie mini-invasive exclusivement.

Nous nous intéressons pour cela aux patients considérés à risque opératoire selon les recommandations de l'ERS/ESTS ($VO_{2max} < 20 \text{ mL/min/kg}$), et opérés par chirurgie mini-invasive.

Nous avons comparé les suites opératoires des patients réhabilités ou non entre 2014 et 2016, au CHU de Rouen.

Cette étude a été publiée en Février 2018 dans la revue *Journal of Thoracic Disease*.

Impact of prehabilitation on morbidity and mortality after pulmonary lobectomy by minimally invasive surgery: a cohort study

Fairuz Boujibar¹, Tristan Bonnevie^{2,3}, David Debeaumont⁴, Michael Bubenheim⁵, Antoine Cuvellier^{2,6}, Christophe Peillon⁷, Francis-Edouard Gravier³, Jean-Marc Baste^{1,8}

¹Normandie Univ, UNIROUEN, INSERM U1096, ²Research Group on Ventilatory Handicap (GRHV), ³ADIR Association, Rouen Cedex,

⁴Department of Respiratory and Sports Physiology, ⁵Department of Biostatistics, ⁶Department of Respiratory Intensive Care, ⁷Department of thoracic surgery, ⁸Department of thoracic surgery, Rouen University Hospital, Rouen, France

Contributions: (I) Conception and design: All authors; (II) Administrative support: F Boujibar, JM Baste, FE Gravier, T Bonnevie; (III) Provision of study materials or patients: C Peillon, JM Baste, D Debeaumont, FE Gravier, T Bonnevie; (IV) Collection and assembly of data: F Boujibar; (V) Data analysis and interpretation: F Boujibar, M Bubenheim; (VI) Manuscript writing: All authors; (VII) Final approval of manuscript: All authors.

Correspondence to: Fairuz Boujibar, PT, MSc. Normandie Univ, UNIROUEN, INSERM U1096. Pôle 3R, Rouen University Hospital, Rouen, France. Email: Fairuz.boujibar@chu-rouen.fr.

Background: Thoracic surgery is currently the optimal treatment for non-small cell lung cancer (NSCLC). However, it may be responsible for numerous postoperative complications and is often used in patients with multi co morbidities. In recent years, the optimization of a patient's physical capacity before surgery has been the subject of several studies. The objective of this study was to determine whether participation in a prehabilitation program would improve outcomes after surgery and lower morbidity according to the Clavien-Dindo classification.

Methods: This retrospective cohort study was performed between 1st January 2014 and 31st January 2016 at Rouen University Hospital. All adult patients with NSCLC (IIIa or <) who had pulmonary lobectomy by minimally invasive surgery and cardiopulmonary exercise testing [CPET, (VO₂max ≤20 mL/min/kg)] were included.

Results: The cohort included 38 patients. Two groups were formed: one group with prehabilitation (n=19) and one group without prehabilitation (n=19). Four patients were not included leaving 34 patients for the final analysis. Most patients with a Clavien-Dindo grade of ≤2 had received prehabilitation compared to patients who had not received prehabilitation, respectively 17/19 vs. 8/15; P=0.0252. Patients who had received prehabilitation had fewer postoperative complications than patients who had not received prehabilitation, respectively 8/19 vs. 12/15; P=0.0382.

Conclusions: We have shown that prehabilitation has a positive impact on the occurrence and severity of postoperative complications after pulmonary lobectomy by minimally invasive surgery. Further studies conducted in larger populations are warranted to confirm these results.

Keywords: Rehabilitation; thoracic surgery; physiotherapy; postoperative complications

Submitted Nov 18, 2017. Accepted for publication Feb 09, 2018.

doi: 10.21037/jtd.2018.03.161

View this article at: <http://dx.doi.org/10.21037/jtd.2018.03.161>

Introduction

While lung cancer is only 4th among tumors, it has the worst prognosis with nearly 1.69 million deaths each year (1). For patients with non-small cell lung cancer (NSCLC), surgery allows 40% survival at 5 years compared with 17% in its absence (2). However, in subjects with an operable lesion, the question of surgical tolerance is raised. Major lung resection is associated with an incidence of postoperative complications of 13% to 28% and mortality varying between 3% and 6% (3). The risk of complications increases 6-fold in those using tobacco (4). Moreover, operated patients often present numerous comorbidities, as respiratory, vascular and/or cardiac disorders. In this context, the prehabilitation of a patient before surgery including the optimization of a patient's physical capacities has become meaningful. It is known that parameters such as VO_2max or FEV1 are predictive of postoperative complications and are improved by aerobic training (5-7). In recent years, numerous studies have investigated the relevance of pulmonary rehabilitation, mostly in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD), and subsequent improvement in quality of life, decreased dyspnea and lower risk of hospitalization (8). To a lesser extent, work is being carried out on the value of a prehabilitation program in preparation for pulmonary surgery with a view to improving physical fitness and limiting postoperative respiratory disability (9). The review published by Nagarajan *et al.* concluded that prehabilitation (PR) for pulmonary surgery improved exercise functional capacity and limited postoperative lung capacity reduction (10). However, conclusions concerning the impact on morbidity and mortality were uncertain, justifying the conduct of controlled studies. A recent meta-analysis reported a decrease in complications, especially respiratory (11). However, this decrease was diverse. Currently, there are no published data on the severity of postoperative complications after pulmonary lobectomy in patients with or without respiratory prehabilitation before surgery. The objective of this study was to determine whether participation in a prehabilitation program would improve outcomes after surgery and lead to lower morbidity according to the Clavien-Dindo classification. Secondary objectives were the impact of prehabilitation on the number of postoperative complications and whether it allowed a reduction in the length of hospital stay (LOS).

Methods

This was a retrospective cohort study carried out at Rouen

University Hospital, France between January 1st, 2014 and January 31st, 2016. We analyzed the clinical and surgical data of all patients who had cardiopulmonary exercise testing (CPET), as part of their preoperative evaluation for pulmonary lobectomy.

We also collected the following information: presence of COPD, presence of peripheral arterial obstructive disease (PAOD), values of forced expiratory volume in one second (FEV1) using pulmonary function test, and Tiffeneau-Pinelli index. A follow-up visit was performed at day 30 after surgery. All procedures performed in this study were in accordance with the ethical standards of the institutional and national research committee (E2017-32).

Eligibility

Inclusion criteria were patients aged ≥ 18 years old with NSCLC, which was operable, staged I to IIIa, and with $\text{VO}_2\text{max} \leq 20$ mL/min/kg on CPET, according to the recommendations of the ERS (12). Exclusion criteria were missing or incomplete medical records, preoperative death, non-surgical treatment, thoracotomy conversion or resection other than lobectomy.

Preoperative assessment

Preoperative assessment including CPET was performed to determine whether patients were operable (12). CPET was performed according to guidelines on an electromagnetic cycle ergometer with an incremental protocol (13). Following a 3-minute warm-up period, incremental ramp exercise (5–20 W/min) was maintained until exhaustion. A face mask, pneumotach, and gas analyzer were used to measure oxygen consumption (VO_2) and carbon dioxide production (VCO_2) breath by breath. Ventilatory threshold was manually determined.

After CPET, patients were either operated directly (non prehabilitation group or NPR) or were prehabilitated (PR group) and then operated. Respiratory prehabilitation was carried out by two physiotherapists specialized in this practice

Prehabilitation program

The prehabilitation program consisted of exercise re-training, muscular strengthening of the lower and upper limbs, therapeutic education and help with smoking cessation. It was organized in 3 to 5 sessions per week, until the operating date. Each session lasted about 90

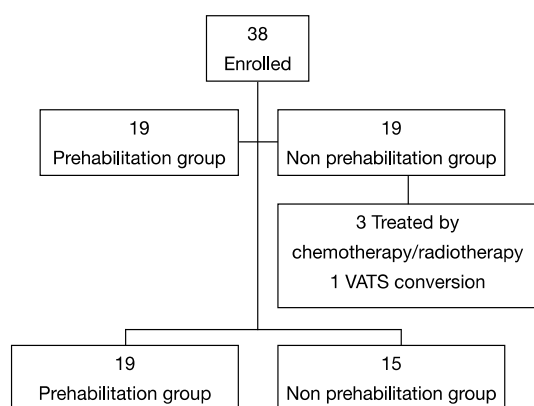


Figure 1 Flow chart. VATS, video assisted thoracic surgery.

minutes. Each session included a 45 minutes endurance activity, performed on a cycle ergometer and tailored to the ventilatory threshold (VT1) of each participant. It was performed in continuous training or interval training (14) with a possible gradual increment of workload. Prehabilitation also included muscular strengthening on the cycle ergometer at the rate of 3×12 movements at 70% of the 1RM (15), equivalent to the maximum load achievable once for the given movement. In addition, an incremental reinforcement of the inspiratory muscles by resistive valve (Threshold IMT, Respironics) was systematically performed at 30% maximum inspiratory pressure (MIP).

There is no evidence that any one component of the training schedule results in the benefits observed (16). The optimal preoperative exercise schedule remains unknown. A combination of strength exercises and endurance exercise seems more complete and allows a significant improvement in strength, dyspnoea and quality of life compared to these two parameters performed in isolation (17). A combination of these two techniques is also advised in international recommendations (14,16).

Surgery by video assisted thoracic surgery (VATS) or robotic assisted thoracic surgery (RATS)

Pulmonary lobectomy was performed by minimally invasive surgery using either VATS or RATS. Minimally invasive surgery limits the functional and painful impact of surgery and promotes early recovery (18). Haut du formulaire

Postoperative events

The primary endpoint was to investigate the severity of

complications according to Clavien-Dindo classification (19). Potential complications included: acute respiratory failure, atelectasis, bronchospasm, pulmonary embolism, acute edema of the lung, rhythm disorder, myocardial infarction/angina, stroke, bronchopulmonary fistula, prolonged air leak, pneumonia, postoperative hemorrhage, pneumothorax, emphysema, infection of the thoracic lining (20). For each complication, we recorded the functional outcome as well as the treatment provided in order to grade morbidity. The same complication may have a different grade depending on the treatment used. Regarding secondary objectives, we recorded the LOS corresponding to the delay between hospital admission the day before surgery and hospital discharge after surgery. We also recorded postoperative complications occurring between the day of surgery and the follow-up visit at day 30.

Statistical analysis

Patient's characteristics were described by frequencies and percentages for categorical parameters and as medians and 25th–75th percentiles for continuous parameters. Patient's baseline characteristics were compared between groups (PR/NPR group) using the Wilcoxon-Mann-Whitney test for at least ordinal variables and Fisher's exact test, as appropriate, for categorical variables.

No multivariable analysis was carried out because the univariable comparisons of both groups did not provide any evidence that they differed before the end of surgery.

As this study was exploratory, no correction for multiple testing was carried out, and a P value less than 0.05 was considered to be statistically significant.

Results

Demographics and clinical data

The cohort included 38 patients, 3 of whom received non-surgical treatment and one of whom had a thoracoscopy, which was converted to thoracotomy (Figure 1). Finally, 34 patients were completely followed up and analyzed. Two groups were formed: one group with prehabilitation (n=19) and one group without prehabilitation (n=15). Patients were followed from the date of the preoperative CPET to the postoperative visit at day 30.

The median age of patients at the time of surgery was 66 [58–72] years. Men accounted for 73% of the cohort (n=25). The presence of COPD-type comorbidities, hypertension,

hypercholesterolemia, lower limb arterial disease and diabetes was observed in both groups. The median BMI was 25.9 [23.4–30]. The median VO_2max was 15.4 [13.8–17.1] mL/min/kg.

There was no baseline difference between the two groups (Table 1).

Parameters of prehabilitation and surgery

The median number of prehabilitation sessions was 17 [14–20]. The median number of days between CPET and surgery was 44 [29–46]. There was no significant difference between the two groups (Table 2). Patients were predominantly operated by VATS (n=28).

Effect of prehabilitation on the severity of postoperative complications

The majority of patients with a Clavien-Dindo grade of 2 or less had received prehabilitation compared to patients who had not received prehabilitation, respectively 17/19 *vs.* 8/15; with a statistically significant difference in favor of the prehabilitation group ($P=0.0252$) (Table 3).

Relationship between prehabilitation and number of postoperative complications

We also observed that the absence of postoperative complications was predominant in the prehabilitation group (11/19 *vs.* 3/15, $P=0.0382$).

Regarding the number of postoperative complications, patients who had received prehabilitation had fewer complications than patients who had not received prehabilitation, respectively 0-1 *vs.* 0-3 (Table 3).

Effect of prehabilitation on LOS

A median duration of hospitalization of 5 [4–8] days was observed in patients who had received prehabilitation compared with 7 [5–8] days in patients who had not received prehabilitation. The difference observed was not statistically significant ($P=0.083$).

Optimal number of prehabilitation sessions

Within the prehabilitation group, we compared two sub groups: patients who had more than 17 prehabilitation sessions (n=10) and patients who had fewer than 17

sessions (n=9).

There were no significant differences between these two sub groups in terms of length of stay ($P=0.644$), and severity of complications ($P=0.4737$) (Table 4).

Discussion

In this study, we have shown that prehabilitation has an impact on the occurrence and severity of postoperative complications after pulmonary lobectomy by minimally invasive surgery. Furthermore, our results support the positive effect of prehabilitation on postoperative morbidity and mortality, in agreement with other works (11,21).

We found a median difference of two days in LOS between groups, but this was not statistically significant. Our results are not in line with those of previous studies which reported a correlation between prehabilitation and LOS (22,23). This may be related to the small size of our sample. Compared to other studies which included mostly invasive thoracotomy surgeries, the patients in our study benefited from minimally invasive surgery which may already be a contributing factor to reduced LOS and possibly reduced cost of hospitalization.

The originality of our study was its focus on the severity of postoperative complications and functional outcomes on patients. Indeed, a single severe complication requiring a stay in intensive care unit or surgical recovery will be more deleterious for the patient than the addition of two complications requiring analgesic, antiemetic or respiratory physiotherapy treatment. We are not aware of any other study associating prehabilitation and severity of complications, according to the Clavien-Dindo classification. Moreover, the vast majority of prehabilitation studies performed to date included populations with COPD preparing for pulmonary resection surgery (24-27), a context which is not relevant to all patients at operative risk (12). Only two studies included populations of all thoracic surgery patients without an underlying chronic disease criterion and authors concluded an increase in VO_2max (28) and the distance traveled to 6 minutes walking test (29). This present work has the benefit of including and following up a larger population of patients at risk regardless of their medical history. The other point highlighted in our study was the feasibility of performing preoperative pulmonary rehabilitation. Some argue that prehabilitation takes time and may delay the date of surgery. However, we did not observe any significant difference in the time between CPET and surgery between prehabilitated

Table 1 Patients' characteristics according to prehabilitation group

Variable	All	Prehabilitation		P value
		No	Yes	
Patients (n) ^a	34	15	19	
Age (years) ^b	66 [58–72]	69 [56–73]	65 [59–71]	0.6143
Gender (n) ^a				0.4620
Male	25 (73.5%)	10 (66.6%)	15 (78.9%)	
Female	9 (26.4%)	5 (33.4%)	4 (21.1%)	
Tobacco (n) ^a	33 (97%)	15 (100%)	18 (95%)	
Pack-years (n) ^b	40 [30–52]	40 [30–52]	43 [30–56]	0.7304
BMI (kg/m ²) ^b	25.9 [23.4–30]	25.0 [22.5–30]	26.6 [23.7–30.4]	0.8351
COPD (n) ^a				0.7379
No	15	6 (40%)	9 (47.3%)	
Yes	19	9 (60%)	10 (52.7%)	
High blood pressure (n) ^a				0.4888
No	15	8 (53.3%)	7 (36.8%)	
Yes	19	7 (46.7%)	12 (63.2%)	
PAOD (n) ^a				1
No	27	12 (80%)	15 (78.9%)	
Yes	7	3 (20%)	4 (21.1%)	
Hypercholesterolemia (n) ^a				1
No	29	13 (86.7%)	16 (84.2%)	
Yes	5	2 (13.3)	3 (15.8%)	
Diabetes (n) ^a				1
No	27	12 (80%)	15 (78.9%)	
Yes	7	3 (20%)	4 (21.1%)	
VO ₂ max (mL/min/kg) ^b	15.4 [13.8–17.1]	15.8 [14.6–18.4]	14.8 [13.2–16.5]	0.1313
FEV1 (%) ^b	61 [58–67]	61 [58–71]	61 [54–67]	0.9307
FEV1/FVC (%) ^b	66 [59–70]	66 [59–70]	67 [59–71]	0.9584
Anesthesia score risk (n) ^a				0.1319
2	7 (20.6%)	3 (20%)	4 (21.1%)	
3	26 (76.5%)	11 (73.3%)	15 (78.9%)	
4	1 (2.9%)	1 (6.7%)	–	

a, data expressed as n or n (%); b, data expressed as median (Q1–Q3); BMI, body mass index; COPD, chronic obstructive pulmonary disease; PAOD, peripheral arterial obstructive disease; FEV1, forced expiratory volume in one second; FEV1/FVC, Tiffeneau-Pinelli index.

Table 2 Parameters of prehabilitation and surgery

Variables	All	Prehabilitation		P value
		No	Yes	
Patients	19	0	19	
Prehabilitation sessions ^a	–	–	17 [14–20]	
Days between end of prehabilitation and surgery ^a	–	–	6 [4–21]	
Patients	34	15	19	0.5098
Days between CPET and surgery ^a	44 [29–76]	37 [23–76]	52 [30–76]	
Lobectomy				0.9597
RLL	7	3	4	
LLL	5	2	3	
RUL	11	6	5	
LUL	11	4	7	
VATS or RATS resection				0.6722
VATS	28	13	15	
RATS	6	2	4	

Data expressed as n; a, data expressed as median (Q1–Q3). RUL, right upper lobectomy; RLL, right lower lobectomy; LUL, left upper lobectomy; LLL, left lower lobectomy; VATS, video assisted thoracic surgery; RATS, robotic assisted thoracic surgery; CPET, cardiopulmonary exercise testing.

patients and non-prehabilitated patients. It is noteworthy that preoperative assessment before lobectomy takes approximately the same time as prehabilitation. There are many studies in the literature on the value of prehabilitation and it is clearly recommended to facilitate postoperative recovery (30). After prehabilitation, an increase of VO_2max was observed in all our patients. For one patient, VO_2max rose from 9.2 to 12.8 mL/min/kg after 18 rehabilitation sessions and the patient went from inoperable to operable status.

Few studies have addressed the question of whether we should perform prehabilitation alone, prehabilitation combined with postoperative rehabilitation or just postoperative rehabilitation. Existing studies found a 12% to 20% decrease in preoperative VO_2max after lung resection, depending on the type of surgery (lobectomy or pneumonectomy) (28,31). A study conducted in patients followed both before and after surgery, found an initial increase in VO_2max after prehabilitation, then 50 days on average after the procedure a decrease to the pre-surgery level (28). The preoperative benefit was not preserved after surgery, thus necessitating further rehabilitation. Postoperative rehabilitation increase the exercise capacity

of people following lung resection (32). In addition, this work was concerned only with minimally invasive surgery associated with prehabilitation with the objective of limiting outcomes generated by this surgery.

However, all major studies on this subject included patients who underwent thoracotomy and only one study included patients with prehabilitation associated with VATS (33).

VATS is a surgical technique which is increasingly used but studies on VATS and prehabilitation are lacking. Published studies were mainly conducted in patients who underwent thoracotomy, but the functional outcomes of thoracotomy are different to those of VATS (18).

We were not able to determine the optimal number of prehabilitation sessions, due to the size of our sample. Nevertheless, the current recommendations agree on around 12 to 30 sessions (14).

Patients with NSCLC sometimes start chemotherapy or radiotherapy before surgery. According to a systematic review published by Pouwels *et al.*, there is a heterogeneity of rehabilitation programs in the literature (34). We relied on a standardized program based on international recommendations, even for patients undergoing chemo-

Table 3 Hospital stay and post-operative complications according to prehabilitation group

Variable	All	Prehabilitation		P value
		No	Yes	
Patients	34	15	19	
Length of stay (days) ^a	6 [5–8]	7 [5–8]	5 [4–8]	0.0838
Occurrence of complications				0.0382
No	14	3	11	
Yes	20	12	8	
Among complications				
Atelectasis	6	3	3	
Empyema	5	5	–	
Pneumonia	5	5	–	
Acute respiratory disease	4	2	2	
Number of complications				0.0030
0	14	3	11	
1	13	5	8	
2	6	6	–	
3	1	1	–	
Clavien-Dindo classification				0.0291
0	14	3	11	
I	7	3	4	
II	4	2	2	
IIIa	5	5	–	
IIIb	1	–	1	
IV	3	2	1	
Clavien-Dindo classification ≤2				0.0252
Yes	25	8	17	
No	9	7	2	

Data expressed as n; a data expressed as median (Q1–Q3).

radiotherapy (16).

Authors reported that physical training improves the quality of life of cancer patients and decreases anxiety and disability related to sedentary lifestyles (35). Other authors found that rehabilitation is feasible, safe and can even prevent deterioration of the general condition in lung cancer patients (20). The intensity, repetitiveness and frequency of sessions must be adjusted to the fatigability of the patient and his/her many appointments.

Table 4 Hospital stay and complications by number of prehabilitation sessions

Variable	Prehabilitation with more than 17 sessions		P value
	No	Yes	
Number of patients	9	10	
Length of stay (days) ^a	5 [5–6]	5 [4–8]	0.644
Number of complications			1
0	–	–	
1	5	6	
2	4	4	
3	–	–	
Clavien Dindo scale			0.7771
0	5	6	
I	3	1	
II	1	1	
IIIa	–	–	
IIIb	–	1	
IV	–	1	
Clavien-Dindo >2			0.4737
No	9	8	
Yes	–	2	

Data expressed as n; a data expressed as median (Q1–Q3).

Rehabilitation is often given in shorter and less intensive sessions over a longer period of time. Benzo *et al.* show that ten preoperative sessions using a customized protocol with non-standard components as exercise based on self-efficacy, inspiratory muscle training and slow breathing can reduce the length of stay (5).

Limitations

Our study has several limitations. First, we have no data on the prescription of preoperative respiratory rehabilitation. Indeed, numerous criteria are commonly used in the implementation of a rehabilitation program: initial delay, patient availability, geographic distance, associated therapeutics etc. As this type of program is not yet common practice, patients with similar characteristics may or may not have benefited from prehabilitation. Second, it would have been preferable to obtain a value of VO₂max and FEV1 post-

rehabilitation in order to confirm whether those patients improved by prehabilitation were those who best supported surgery. Third, the follow-up visit scheduled 30 days after surgery did not allow us to record postoperative complications occurring after day 30 and up to 6 months following surgery (36). It should also be noted that there are no unified protocols for analgesia, and that this may constitute a bias. Finally, this remains a retrospective cohort study conducted in a single center and with a small sample size. A larger scale study is needed to confirm the results.

Conclusions

The results of this study suggest that prehabilitation has an impact on the occurrence and severity of postoperative complications. Prehabilitation is easy to perform and easily adapted to each patient's functional abilities. Prehabilitation should be considered systematically in patients with NSCLC to reduce operative risks and limit the functional impact of lung resection surgery.

Acknowledgements

The authors are grateful to Nikki Sabourin-Gibbs, Rouen University Hospital, for her help in editing the manuscript.

Footnote

Conflicts of Interest: Dr. Baste and Prof. Peillon are consultants for Medtronic and Intuitive surgery.

Ethical Statement: All procedures performed in this study were in accordance with the ethical standards of the institutional and national research committee: Cerni E2017-32.

References

1. Collaborators GBDRE. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet* 2016;388:1659–724.
2. de Leyn P, Decker G. Surgical treatment of non-small cell lung cancer. *Rev Mal Respir* 2004;21:971–82.
3. Bach PB, Cramer LD, Schrag D, et al. The influence of hospital volume on survival after resection for lung cancer. *N Engl J Med* 2001;345:181–8.
4. Smetana GW, Lawrence VA, Cornell JE, et al. Preoperative pulmonary risk stratification for noncardiothoracic surgery: systematic review for the American College of Physicians. *Ann Intern Med* 2006;144:581–95.
5. Benzo R, Wigle D, Novotny P, et al. Preoperative pulmonary rehabilitation before lung cancer resection: results from two randomized studies. *Lung Cancer* 2011;74:441–5.
6. Benattia A, Debeaumont D, Guyader V, et al. Physiologic assessment before video thoracoscopic resection for lung cancer in patients with abnormal pulmonary function. *J Thorac Dis* 2016;8:1170–8.
7. Pehlivan E, Turna A, Gurses A, et al. The effects of preoperative short-term intense physical therapy in lung cancer patients: a randomized controlled trial. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2011;17:461–8.
8. Bolton CE, Bevan-Smith EF, Blakey JD, et al. British Thoracic Society guideline on pulmonary rehabilitation in adults. *Thorax* 2013;68:ii1–30.
9. Divisi D, Di Francesco C, Di Leonardo G, et al. Preoperative pulmonary rehabilitation in patients with lung cancer and chronic obstructive pulmonary disease. *Eur J Cardiothorac Surg* 2013;43:293–6.
10. Nagarajan K, Bennett A, Agostini P, et al. Is preoperative physiotherapy/pulmonary rehabilitation beneficial in lung resection patients? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2011;13:300–2.
11. Sebio Garcia R, Yanez Brage MI, Gimenez Moolhuyzen E, et al. Functional and postoperative outcomes after preoperative exercise training in patients with lung cancer: a systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2016;23:486–97.
12. Brunelli A, Charloux A, Bolliger CT, et al. ERS/ESTS clinical guidelines on fitness for radical therapy in lung cancer patients (surgery and chemo-radiotherapy). *Eur Respir J* 2009;34:17–41.
13. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;167:211–77.
14. Societe de Pneumologie de Langue F. Recommendations of the French Language Society of Pneumology on the management of COPD (update 2009). *Presse Med* 2010;39:895–8.
15. Marino DM, Marrara KT, Ike D, et al. Study of peripheral muscle strength and severity indexes in individuals with chronic obstructive pulmonary disease. *Physiother Res Int* 2010;15:135–43.
16. Cavalheri V, Granger C. Preoperative exercise training

- for patients with non-small cell lung cancer. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;6:CD012020.
17. Ortega F, Toral J, Cejudo P, et al. Comparison of effects of strength and endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:669-74.
 18. Agostini P, Lugg ST, Adams K, et al. Postoperative pulmonary complications and rehabilitation requirements following lobectomy: a propensity score matched study of patients undergoing video-assisted thoracoscopic surgery versus thoracotomy. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2017;24:931-7.
 19. Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg* 2004;240:205-13.
 20. Stephan F. Complications postopératoires de la chirurgie pulmonaire. *Reanimation* 2002;40-8.
 21. Morano MT, Araujo AS, Nascimento FB, et al. Preoperative pulmonary rehabilitation versus chest physical therapy in patients undergoing lung cancer resection: a pilot randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2013;94:53-8.
 22. Bradley A, Marshall A, Stonehewer L, et al. Pulmonary rehabilitation programme for patients undergoing curative lung cancer surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2013;44:e266-71.
 23. Gao K, Yu PM, Su JH, et al. Cardiopulmonary exercise testing screening and pre-operative pulmonary rehabilitation reduce postoperative complications and improve fast-track recovery after lung cancer surgery: A study for 342 cases. *Thorac Cancer* 2015;6:443-9.
 24. Bagan P, Oltean V, Ben Abdesselam A, et al. Pulmonary rehabilitation and non-invasive ventilation before lung surgery in very high-risk patients. *Rev Mal Respir* 2013;30:414-9.
 25. Stefanelli F, Meoli I, Cobuccio R, et al. High-intensity training and cardiopulmonary exercise testing in patients with chronic obstructive pulmonary disease and non-small-cell lung cancer undergoing lobectomy. *Eur J Cardiothorac Surg* 2013;44:e260-5.
 26. Sekine Y, Chiyo M, Iwata T, et al. Perioperative rehabilitation and physiotherapy for lung cancer patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg* 2005;53:237-43.
 27. Mujovic N, Mujovic N, Subotic D, et al. Preoperative pulmonary rehabilitation in patients with non-small cell lung cancer and chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Med Sci* 2014;10:68-75.
 28. Jones LW, Peddle CJ, Eves ND, et al. Effects of presurgical exercise training on cardiorespiratory fitness among patients undergoing thoracic surgery for malignant lung lesions. *Cancer* 2007;110:590-8.
 29. Cesario A, Ferri L, Galetta D, et al. Pre-operative pulmonary rehabilitation and surgery for lung cancer. *Lung Cancer* 2007;57:118-9.
 30. Granger CL, McDonald CF, Berney S, et al. Exercise intervention to improve exercise capacity and health related quality of life for patients with Non-small cell lung cancer: a systematic review. *Lung Cancer* 2011;72:139-53.
 31. Wang JS, Abboud RT, Wang LM. Effect of lung resection on exercise capacity and on carbon monoxide diffusing capacity during exercise. *Chest* 2006;129:863-72.
 32. Cavalheri V, Tahirah F, Nonoyama M, et al. Exercise training undertaken by people within 12 months of lung resection for non-small cell lung cancer. *Cochrane Database Syst Rev* 2013:CD009955.
 33. Sebio R, Yanez-Brage MI, Gimenez-Moolhuyzen E, et al. Impact of a pre-operative pulmonary rehabilitation program on functional performance in patients undergoing video-assisted thoracic surgery for lung cancer. *Arch Bronconeumol* 2016;52:231-2.
 34. Pouwels S, Fiddelaers J, Teijink JA, et al. Preoperative exercise therapy in lung surgery patients: A systematic review. *Respir Med* 2015;109:1495-504.
 35. Bade BC, Thomas DD, Scott JB, et al. Increasing physical activity and exercise in lung cancer: reviewing safety, benefits, and application. *J Thorac Oncol* 2015;10:861-71.
 36. Jayle C, Corbi P. Complications of pulmonary resection. *Rev Mal Respir* 2007;24:967-82.

Cite this article as: Boujibar F, Bonnevie T, Debeaumont D, Bubenheim M, Cuvellier A, Peillon C, Gravier EF, Baste JM. Impact of prehabilitation on morbidity and mortality after pulmonary lobectomy by minimally invasive surgery: a cohort study. *J Thorac Dis* 2018. doi: 10.21037/jtd.2018.03.161

Conclusions et implications de l'étude :

Nous observons dans cette étude que les patients bénéficiant d'une réhabilitation préopératoire ont des complications moins nombreuses et moins sévères que ceux qui n'en bénéficient pas, selon la classification de Clavien-Dindo.

C'est la première étude évaluant l'impact de la préhabilitation dans le retentissement de la morbidité postopératoire. Bien souvent, les complications sont dénombrées alors qu'une seule complication entraînant un séjour en réanimation ou une reprise chirurgicale aura plus de retentissement que plusieurs complications se traitant par des antiémétiques, de la kinésithérapie respiratoires et/ou des antalgiques.

Nous remarquons que la chirurgie mini-invasive associée à la réhabilitation permet des suites opératoires plus simples.

Ces résultats sont à confirmer dans le cadre d'un travail prospectif, randomisé et multicentrique avec un effectif plus important.

Chapitre 3

Perspectives de réhabilitation à partir des tests de terrain

ÉTUDE N°4 – TESTS DE TERRAIN DANS LA MISE EN PLACE D'UNE PRÉHABILITATION

Contexte

L'EFX préopératoire est d'une importance majeure, elle permet de nous orienter sur l'opérabilité grâce à la VO₂max et permet aussi d'obtenir la puissance de réentraînement à l'effort au premier seuil ventilatoire, ainsi que la fréquence cardiaque cible de réentraînement.

Nous avons vu à travers ce travail l'intérêt des tests de terrain dans la capacité de prédiction des complications, un nombre de pas à un test pourrait nous orienter sur une décision d'opérabilité comme nous oriente actuellement la VO₂max.

De là, se pose la question de savoir si les tests de terrains sont suffisamment complets et permettent également de prédire l'équation de réentraînement à l'effort.

Pour tenter de répondre à cette question, nous avons décidé de mener une étude ancillaire à l'étude PREOTEST, afin de déterminer les paramètres de réentraînement à l'effort à l'aide du test stepper de 6 minutes et du test de lever de chaise.

L'article de cette étude n'a pas encore été soumis à publication, car l'étude principale est encore en révision. Il sera donc ajusté et soumis après publication de l'étude n°2 PREOTEST.

Sit to stand test and six-minute stepper test to set prehabilitation in lung resection candidates operated by minimally invasive surgery

Fairuz Boujibar, Tristan Bonnevie, Francis-Édouard Gravier, Antoine Cuvelier, Jean-Marc Baste

Abstract

Introduction

Prehabilitation improves outcomes in lung resection candidates. Optimal assessment includes cardiopulmonary exercise testing (CPET), but consultations and time before surgery are limited.

Field tests could be used to individualize prehabilitation instead of CPET. The six-minute stepper test (6MST) and Sit to Stand Test (STST) are easy to perform.

The aim of this study was to assess the feasibility of using the 6MST and the STST to set prehabilitation intensity for lung resection candidates.

Methods

The following relationships were analyzed: HR at the ventilatory threshold (HR_{vt}) from CPET; step count at the end of the 6MST, number of repetitions at the STST and power at the Ventilatory threshold (W_{vt}) for both tests.

This prospective study included patients before lung resection referred for prehabilitation who underwent CPET and the 6MST and the STST.

Results

Thirty-seven patients were included. The predictive equations to derive Power_{vt} from step count during 6MST and STST was: $0.1317 \times \text{number of steps} + 40.93$ ($r=0.408$, $p=0.0148$), $1.280 \times \text{number of repetitions} + 35.23$ ($r=0.382$, $p=0.0195$) respectively.

The main results of this study were that HR_{vt} was moderately correlated with the HR at the end of the STST and that power_{vt} was moderately correlated with the performance achieved during the STST and the 6MST.

Conclusion

Based on this small sample size, predicted prehabilitation intensity using field tests are not considered equivalent to that directly measured from the CPET. Further prospective studies are needed to confirm these results.

INTRODUCTION

Lung resection is actually the best strategy to treat people with stage I and II non-small cell lung cancer (NSCLC). This approach is associated with the best long term survival (1). However thoracic surgery leads to significant morbidity (2) and therefore, an optimal management of those people referred for lung resection is essential. It includes the assessment of the risk of postoperative complications, the management of modifiable risk factors (3) as well as the improvement of the cardio-respiratory fitness when necessary. The latter may be achievable through prehabilitation, which have been shown to reduce the number of postoperative complications (4) as well as the length of hospital stay (5). Prehabilitation often includes an individualized program, essentially based on aerobic exercise training, peripheral muscle strengthening and respiratory muscle training (5).

Actually, the gold standard to assess the cardio-respiratory fitness and to determine the risk associated with surgery is the cardiopulmonary exercise testing (CPET) (6). This test is worth of interest in clinical practice because it also allows to accurately prescribe prehabilitation for those people who would have been deemed not eligible to surgery or at high risk of postoperative complications. However, a formal CPET is not always available nor readily accessible for most people within the tight timeframe associated with surgery (7). Indeed, lung cancer surgery cannot be postponed for a long period and only a CPET carried out very quickly allows for a three to five weeks prehabilitation program (Gravier FE, JTD).

In order to facilitate the assessment of lung resection candidates, low technology exercise tests have been proposed to replace the CPET. For exemple, the stair climbing test (8), the 6-minute stepper test (6MST) and the sit to stand test (STST) (cf PROETEST) are able to accurately predict the risk of postoperative complications. Although these tests have previously been used to prescribe aerobic exercise training in people with chronic obstructive pulmonary disease (9), their ability to also prescribe aerobic exercise training (and so to start prehabilitation) has not been studied yet in this population. This approach would allow to easily and simultaneously assess the risk of postoperative complications and to rapidly set prehabilitation for those people considered too frail to be directly referred to surgery.

Therefore, the aim of this study was to assess the feasibility of using the 6MST and the STS to set prehabilitation intensity for lung resection candidates.

METHODS

This prospective study was conducted in the Department of Thoracic Surgery, Rouen University Hospital, France. Consecutive subjects aged over 18 years old requiring major lung resection by video-assisted thoracic surgery (VATS) or robotic-assisted thoracic surgery (RATS) for a NSCLC (diagnosed or being diagnosed), who performed both a CPET and field tests as part of their preoperative assessment were screened. The exclusion criteria were partial or total amputation localized to the lower limb, orthopedic, vascular or neurological disorders leading to inability to perform tests, patient under tutorship or curatorship and pregnant woman. The study was approved by the French research ethics committee CPP Ile de France X. It was registered at <https://clinicaltrials.gov> (NCT03824977).

Preoperative assessment and feasibility of using field tests to set prehabilitation intensity

During their preoperative assessment, subjects performed field tests (6MST and STST) and a CPET. The formers were first performed during the preoperative surgical consultation while the latter was subsequently performed in the Department of Physiology, Rouen university hospital, within the same week. In order to assess the feasibility of using the 6MST and the STST to set prehabilitation intensity, the heart rate recorded at the end of the tests as well as the performance achieved, were used to develop predictive equations of the HR at the ventilatory threshold (HR_{vt}) during the CPET as well as the corresponding workload (W_{vt}), respectively. The second step was to evaluate the error that would occur when using these predictive equations to prescribe exercise intensity compared to that from the CPET.

6-minute stepper test (6MST) and sit to stand test (STST)

Both tests were performed in a quiet room to avoid any nuisance or external stimulation. The subject started with the 6MST and then, once the HR and SpO₂ returned to baseline values, the STST was performed. The physiotherapist first simulated these tests; then the subject was asked to reproduce them under his supervision, with no encouragement. They were carried out under the usual conditions of breathing on physical activity routine (ambient air or under oxygen therapy).

The 6MST was performed using a stepper (Stepper essential, Decathlon, France), with a standardized walking height of 20 cm as previously described (10). It was placed in front of a wall so that subjects could hold when necessary.

The instructions given were standardized and comparable to those from the 6-minute walking test (6MWT) (58). The heart rate (HR) and pulsatile oxygen saturation (SpO₂) were measured every minute. At the end of the test, the number of steps was recorded, even if the patient stopped the test prematurely or paused during the test.

The subjects sited on a 47 cm high chair, arms folded and was told to get up completely and to sit without leaning against the chair, as many times as possible in one minute (11).

Before and after the test, the SpO₂, HR were recorded. The number of completed chair lifts was assessed.

CPET

CPET was performed on an ergocycle (Ergoline 200® Sensor Medics, Anaheim, USA).

The subject was monitored continuously (Biox 3700® pulse oximeter Ohmeda, Louisville, United States) and a pneumotachograph connected to a face mask (Hans Rudolph Inc, Kansas city, United States) allowed the measurement of gas exchanges (oxygen consumption (VO₂)) and carbon dioxide production (VCO₂)).

The patient then performed a stepwise incremental test: after a warm-up period of 3 min, the power was gradually increased in one-minute steps, at the clinician's discretion and according to the patient's tolerance for 10 min. The imposed pedaling frequency was 60 revolutions per minute. Patients were encouraged to exercise until exhaustion. The ventilatory threshold was manually derived as the average of 4 methods: first break in the minute ventilation curve, raise in the minute ventilation to oxygen consumption ratio without modification of the minute ventilation to carbon dioxide production ratio, raise in the end-tidal expired carbon dioxide gas and the Beaver's method (12).

Statistical Analysis

Continuous data were expressed medians (25th–75th percentile). Normality of the distributions was assessed using the Shapiro–Wilk test. The relationship between the HR at the end of the 6MST or at the end of the STS and HR_{vt} as well as step count or the performance at the STS and W_{vt} were determined using Pearson test. In the case of significant relationship, single linear regressions were performed to derive predictive equations. The clinical validity of the prescriptions was assessed comparing both prescriptions using a paired t-test as well as with the mean absolute difference (MAD) (95%). The prescriptions were a priori assumed to be clinically equivalent from a pragmatic point of view if the difference between prescriptions

were not significantly different and if the 95% CI of the MAD lied within +/-10bpm for HRvt and +/- 14watts for Wvt. A p-value<0.05 was considered statistically significant. Prism 5 software was used for all analyses.

RESULTS

Among the 151 subjects referred to surgery between November 2018 and February 2020 who performed field tests, 37 patients met the inclusion criteria and were included. Additionally, 2 subjects had a weight above the limit of the stepper, so that they only performed the STST.

Female (n) ^a	17
Age (years) ^b	67 (65-68)
BMI ^b	25,7 (22,8-30,3)
Resection (n) ^a	Segmentectomy : 7 Lobectomy : 24 Bilobectomy : 4 Pneumonectomy :2
Surgical approach (n) ^a	VATS : 27 RATS : 10
VEMS (%) ^b	65 (59-80)
DLCO (%) ^b	62,5 (54,75-78)
VO2max (kg/L/min) ^b	15,8 (13,4-18,5)
Power-vt (W) ^b	60 (45-75)
HR-vt ^b	93 (82-108)
6MST (steps) ^b	109 (92-187)
STST (repetitions) ^b	18 (14-23)

TABLE 1: GENERAL CHARACTERISTICS OF THE 37 STUDY PATIENTS

^aValues expressed as numbers (%).

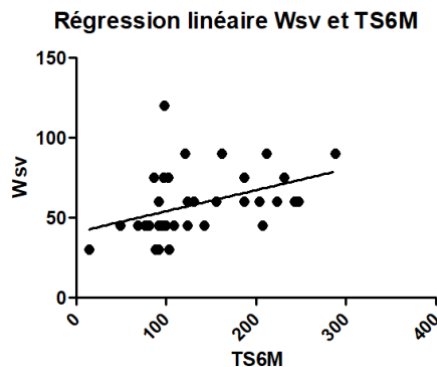
^b Values expressed as medians (25th–75th percentile).

BMI: body mass index; FEV1: forced expiratory volume in one second; FCV: forced vital capacity; Power-vt: Power at the ventilatory threshold; HR-vt : Heart rate at the ventilatory threshold ; 6MST: 6-minute stepper test; STST: Sit to stand test

Correlation and linear regression between Power-vt and step count achieved during the 6MST:

The measurement was performed in the 35 subjects who performed the test.

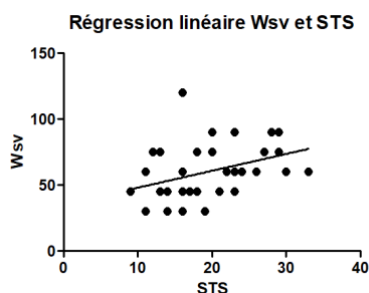
There was a moderate relationship between Power-vt and steps count achieved during 6MST, $r=0.408$, $p=0.0148$. The predictive equations to derive Power-vt from step count was: $0.1317 \times \text{number of steps} + 40.93$



Correlation and linear regression between Power-vt and the number of repetitions achieved during the STST:

The measurement was performed in the 37 subjects who performed the test.

There was a moderate relationship between Power-vt and number of repetitions achieved during STST, $r=0.382$, $p=0.0195$. The predictive equations to derive Power-vt from step count was: $1.280 \times \text{number of repetitions} + 35.23$

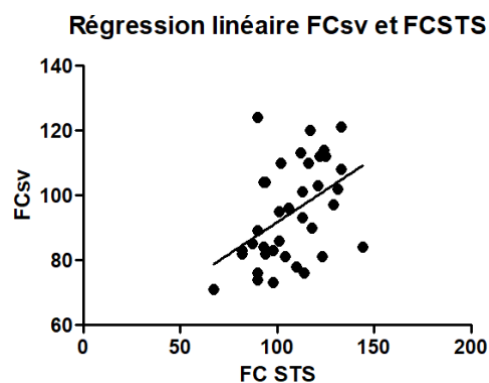


Correlation between HR-vt and HR at the end of the 6MST:

There was no significant relationship between HR at the end of the 6MST and HR-vt ($r=0.257$, $p=0.1353$). Therefore, no linear regression was undertaken.

Correlation and linear regression between HR-vt and HR at the end of the STST:

There was a moderate relationship between HR-vt and HR at the end of the STST $r=0.453$, $p=0.0048$. The predictive equation was : $0.3962 \times \text{HREnd STST (bpm)} + 52.11$



Reliability of the prescription from the predictive equations found from the STST and the 6MST :

Power-vt measured from the CPET (W)	Power-vt estimated from the 6MST (W)	p-value	Power-vt estimated from the STS (W)	p- value
60(21)	59(8)	0.992	60(8)	0.986
	MedianAD = 11 (95% CI : 8-22)		MAD = 15 (95% CI : 11- 29)	

TABLE 2. RELIABILITY BETWEEN THE MEASURED POWER-VT AND THE ESTIMATED POWER-VT.

POWER-VT: POWER AT THE VENTILATORY THRESHOLD, POWER-END6MST: POWER AT THE END OF THE 6-MINUTE STEPPER TEST, POWER-ENDSTST: POWER AT THE END OF THE SIT TO STAND TEST, MAD: MEAN ABSOLUTE DIFFERENCE, MEDIAN AD: MEDIAN ABSOLUTE DIFFERENCE. THE MEDIAN AD WAS USED INSTEAD OF MEANAD IF THE TEST WAS NON PARAMETRIC

HR-vt measured from CPET (bpm)	HR-endSTST estimated from STST	p-value
95(15)	94(7)	P=0,666
	MAD: 10 bpm (95% CI : 8-14).	

TABLE 3. RELIABILITY BETWEEN THE MEASURED HEART RATE AT THE VENTILATORY THRESHOLD AND THE ESTIMATED HEAR RATE AT THE VENTILATORY THRESHOLD.

HR-VT: HEART RATE AT THE VENTILATORY THRESHOLD, HR-ENDSTST: HEART RATE AT THE END OF THE SIT TO STAND TEST, MAD: MEAN ABSOLUTE DIFFERENCE

DISCUSSION

The main results of this study conducted in people assessed preoperatively for NSCLC were that HR-vt was moderately correlated with the HR at the end of the STST and that power-vt was moderately correlated with the performance achieved during the STST and the 6MST. However, the use of these tests to set prehabilitation intensity would result in clinically relevant errors as assessed by the mean absolute difference between the actually measured and the estimated intensities relative to a prespecified margin of equivalence.

Relationship between CPET and field tests

The present findings extend those from previous studies which also found moderate relationship between HR-vt and HR during the 6MST (13) in people with COPD. This is not surprising since COPD a very prevalent comorbidity among people referred for NSCLC surgery. However, rather than using a continuous monitoring of HR throughout the 6MST to calculate the mean HR of the three first or last minutes of the test, as did Bonnevie et al, HR was punctually assessed each minute and the HR at the last minute of the test was used to predict HR-vt. This approach better reflects daily practice and would make it easier to use the 6MST to set prehabilitation intensity in routine care (i.e does not necessitate any data processing).

Implication for clinical practice and research

The results of this study revealed that using field tests to set prehabilitation intensity would result in errors that would be too important to be used in clinical practice because the MAD 95% CI exceeded the prespecified margin of equivalence. However, it is likely that so wide 95% CI are the results of the small sample size of this study and does not exclude the equivalence of prescription when assessed in a larger sample of people referred for NSCLC surgery. At this stage, our data only provide a first step of evidence that using field tests to prescribe prehabilitation intensity might be possible but future adequately powered study are now warranted to refine these estimates.

Strength and limit:

The main limit of this study was the small sample size of people who performed both a CPET and field tests. Therefore, we must acknowledge a possible selection bias because the whole initial cohort was not referred for CPET (cf Pretest). Indeed, in our clinical practice, the use

of CPET is not standardized but related to the assessment of the surgeon or the pulmonologist. Despite the small sample size, we were able to identify significant relationships and predictive equations between the variables used to prescribe prehabilitation intensity from the CPET and those from field tests. However, the validation of the equations was not validated in an independent cross-validation group, which is necessary to assess their external validity.

CONCLUSION

Heart rate at the end of both the 6MST and the STST are significantly related to the HR used to prescribe prehabilitation intensity from the CPET in NSCLC surgery candidates. The corresponding workload is also significantly related with the performance achieved during the STST. However, based on this small sample size, predicted prehabilitation intensity using field tests cannot be considered equivalent to that directly measured from the CPET. Based on this proof of concept study, adequately powered studies are warranted to determine and validate predictive equations in order to rapidly and readily refer to prehabilitation people considered too frail to directly undergo surgery.

1. Loewen GM, Watson D, Kohman L, Herndon JE, Shennib H, Kernstine K, et al. Preoperative Exercise Vo2 Measurement for Lung Resection Candidates: Results of Cancer and Leukemia Group B Protocol 9238. *Journal of Thoracic Oncology*. juill 2007;2(7):619-25.
2. Bernard A, Falcoz P-E, Thomas PA, Rivera C, Bouchet L, Baste JM, et al. Comparison of Epithor clinical national database and medico-administrative database to identify the influence of case-mix on the estimation of hospital outliers. *PLoS ONE*. 2019;14(7):e0219672.
3. Brunelli A. Risk assessment for pulmonary resection. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2010;22(1):2-13.
4. Boujibar F, Bonnevie T, Debeaumont D, Bubenheim M, Cuvelier A, Peillon C, et al. Impact of prehabilitation on morbidity and mortality after pulmonary lobectomy by minimally invasive surgery: a cohort study. *J Thorac Dis*. avr 2018;10(4):2240-8.
5. Cavalheri V, Granger C. Preoperative exercise training for patients with non-small cell lung cancer. *Cochrane Database Syst Rev*. 07 2017;6:CD012020.
6. Brunelli A, Charloux A, Bolliger CT, Rocco G, Sculier J-P, Varela G, et al. The European Respiratory Society and European Society of Thoracic Surgeons clinical guidelines for evaluating fitness for radical treatment (surgery and chemoradiotherapy) in patients with lung cancer. *Eur J Cardiothorac Surg*. juill 2009;36(1):181-4.
7. Clark JM, Marrufo AS, Kozower BD, Tancredi DJ, Nuño M, Cooke DT, et al. Cardiopulmonary Testing Before Lung Resection: What Are Thoracic Surgeons Doing? *Ann Thorac Surg*. 2019;108(4):1006-12.
8. Boujibar F, Gillibert A, Gravier FE, Gillot T, Bonnevie T, Cuvelier A, et al. Performance at stair-climbing test is associated with postoperative complications after lung resection: a systematic review and meta-analysis. *Thorax* [Internet]. 8 juill 2020 [cité 5 août 2020]; Disponible sur: <https://thorax.bmj.com/content/early/2020/07/09/thoraxjnl-2019-214019>
9. Bonnevie T, Gravier F-E, Leboullenger M, Médrinal C, Viacroze C, Cuvelier A, et al. Six-minute Stepper Test to Set Pulmonary Rehabilitation Intensity in Patients with COPD - A Retrospective Study. *COPD*. juin 2017;14(3):293-7.
10. Grosbois JM, Riquier C, Chehere B, Coquart J, Béhal H, Bart F, et al. Six-minute stepper test: a valid clinical exercise tolerance test for COPD patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2016;11:657-63.
11. Crook S, Puhan MA, Frei A, STAND-UP and RIMTCORE study groups. The validation of the sit-to-stand test for COPD patients. *Eur Respir J*. 2017;50(3).
12. American Thoracic Society, American College of Chest Physicians. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 15 janv 2003;167(2):211-77.
13. Bonnevie T, Allingham M, Prieur G, Combret Y, Debeaumont D, Patout M, et al. The six-minute stepper test is related to muscle strength but cannot substitute for the one repetition maximum to prescribe strength training in patients with COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2019;14:767-74.

Conclusions et implications de l'étude :

Le parcours préopératoire en chirurgie thoracique est à la fois rapide et riche en évaluations. Les bénéfices de la préhabilitation sont nombreux et il est essentiel que les patients puissent en bénéficier rapidement. Nous avons essayé de déterminer si le test stepper de 6 minutes et le test de lever de chaise pouvaient facilement définir les paramètres de réentraînement. Nous observons que la fréquence cardiaque à la fin du test de lever de chaise ainsi que le nombre de levers sont liés de façon modérée à la fréquence cardiaque et à la puissance au seuil ventilatoire. Pour le test stepper de 6 minutes, seul le nombre de pas est lié à la puissance au seuil ventilatoire. La validation des équations pour prescrire le réentraînement n'est pas confirmée car les valeurs prédites sont à la limite des marges d'équivalences. Par ailleurs, les équations n'ont pas été validées dans un groupe de patients indépendants ce qui constitue une limite de notre étude. Les résultats sont intéressants et mettent en évidence une nouvelle aire de recherche, une étude de plus grande importance est indispensable pour valider ces résultats.

Conclusion générale

Les candidats à une chirurgie thoracique sont une population complexe et hétérogène, en cours de diagnostic de cancer pulmonaire avec toutes les caractéristiques qui peuvent y être associées : peur, anxiété, dénutrition, tabagisme, atteinte cardio-respiratoire...

Nous avons actuellement des outils à proposer afin de permettre au patient d'être optimisé : « le patient augmenté ». Ceci dans le but d'améliorer les suites opératoires et d'inclure plus de patients dans le bras du traitement chirurgical.

La réhabilitation préopératoire dans son aspect multidimensionnel et pluri professionnel permet une prise en charge globale.

Nous avons pu voir que la préhabilitation permet de diminuer le nombre et la gravité des complications postopératoires, chez des patients présentant une limitation à l'effort ($VO_2\text{max} < 20\text{mL/min/kg}$). Nous nous sommes intéressés aux opérés par chirurgie mini-invasive uniquement, car c'est une population qui tend à être de plus en plus importante avec le développement de la chirurgie moderne, mais chez qui la réhabilitation n'est pas encore suffisamment étudiée. Nous avons longtemps tenu pour acquis les résultats obtenus pour la chirurgie par thoracotomie valable également pour les résections par voie mini-invasive. Ces deux techniques opératoires ont cependant un retentissement fonctionnel différent entraînant des suites opératoires plus favorables aux opérés par vidéo et par robot. En plus de la technique opératoire, il s'agit probablement d'une combinaison d'une meilleure sélection et préparation des patients, du développement de la chirurgie sub-lobaire, d'une meilleure gestion anesthésiologie périopératoire qui conduisent à de meilleurs résultats.

Nous avons discuté de ce sujet à travers un éditorial, faisant la liaison entre les évolutions chirurgicales et anesthésiques, mais des recommandations se basant sur des études n'incluant pas ces nouveaux aspects. Cette idée est d'ailleurs reprise par consensus par la société

britannique d'anesthésie, qui déclare qu'à mesure que les pratiques chirurgicales évoluent, les seuils de risques opératoires sont susceptibles de changer aussi (93).

Le parcours préopératoire est ponctué de nombreuses évaluations et consultations médicales. Il est nécessaire de l'encadrer et de le coordonner, avec des partenaires entraînés et réactif à la prise en charge du futur opéré d'un cancer pulmonaire. Le dépistage ou le diagnostic d'un trouble cardio-respiratoire ou d'un déconditionnement à l'effort doit se faire de manière précoce, dès que la question de la chirurgie commence à être abordée, afin de pouvoir débiter la réhabilitation au moins 3 semaines avant l'intervention.

L'EFX est le « gold standard » dans l'évaluation cardio-respiratoire. L'objectif de cet examen est triple, il permet de définir la VO₂max est donc de définir l'opérabilité et le risque opératoire, il permet de réaliser un électrocardiogramme d'effort pour écarter toute contre-indication cardiaque au réentraînement à l'effort et enfin, il permet de prescrire une intensité d'exercice pour l'entraînement en endurance (souvent au seuil ventilatoire). C'est un examen qui est peu prescrit malgré qu'il soit très complet. D'abord, parce qu'il n'est pas facilement disponible contrairement aux EFR, mais aussi parce que malgré les diverses recommandations internationales, peu de chirurgiens adoptent les seuils de VEMSppo et de DLCOppo, qu'ils trouvent trop élevés. 0.5% des chirurgiens se conforment à 100% à ces recommandations, 4.4 % y adhèrent à 75 % et 45.8 % y adhèrent à 50 % (94).

Dans la première partie de ce travail, nous avons tenté d'objectiver l'intérêt des tests de terrain comme alternative à l'EFX.

Nous avons évalué si une hauteur de montée d'escaliers en mètres pouvait prédire les complications à l'instar de la VO₂max. Notre méta-analyse indique alors que la hauteur est prédictive de complications, et que le seuil estimé de risque de complications est évalué à 10 mètres.

Nous avons également mené un travail prospectif toujours dans le but d'évaluer le lien entre tests et complications postopératoires, nous avons pour cela étudié le test de lever de chaise et le test stepper de 6 minutes. Ce sont des tests déjà décrit chez le patient souffrant de BPCO, mais pas en chirurgie thoracique. On retrouve que ces tests sont prédictifs avec un seuil de 141 pas pour le test stepper et de 20 levers pour le test de lever de chaise. Nous estimons que sous ce seuil le patient est à risque opératoire. Cette évaluation est facilement réalisable lors d'un rendez-vous de consultation avec un acteur de la prise en charge préopératoire (pneumologue, chirurgien thoracique, anesthésiste, médecin généraliste, cardiologue, kinésithérapeute...). Nous avons réalisé ce travail chez tous les futurs opérés sans critères de résultats de VEMS et de DLCO. Nous avons pu voir qu'en moyenne ces paramètres ne sont pas effondrés chez les opérés thoraciques, qu'un patient avec des résultats supérieurs à 80% de la théorique ne sera pas évalué à l'effort selon les algorithmes décisionnels alors qu'il peut présenter un déconditionnement à l'effort majeur. Le test de terrain est un outil à associer à l'évaluation respiratoire systématiquement afin d'obtenir un aperçu plus large de l'aptitude cardio-respiratoire et ne pas se limiter aux éventuels troubles respiratoires de repos. Dans cette optique, peut-être que les futures prescriptions d'EFX et les seuils d'opérabilités pourraient être déterminés à partir de tests de terrain.

Un éditorial publié dans la revue Thorax (95) suite à la publication de notre méta-analyse (Annexe 4) rejoint cette approche et conclut à ce que la clinique et la recherche doivent continuer à adapter les recommandations aux évolutions cliniques rapides (chirurgie mini-invasive, développement de la segmentectomie...). L'auteur conclut également que peu importe la bonne valeur prédictive d'un test, s'il n'est pas bon marché, facile à réaliser et reproductible, il sera peu utilisé.

Nous avons en dernière partie de ce travail essayé de déterminer la corrélation entre les résultats obtenus aux tests de terrain et les paramètres de l'EFX, afin de pouvoir déterminer l'équation

de réentraînement à l'effort et ainsi débiter une préhabilitation plus précocement. Les résultats sont encourageant mais sont obtenus dans le cadre d'une étude ancillaire, l'objectif est de les étudier à plus large échelle et de valider l'équation dans un échantillon indépendant.

Ce travail a permis d'apporter de nouvelles strates à la recherche sur l'évaluation et la réhabilitation préopératoire des opérés thoraciques, notamment par voie mini-invasive. L'évaluation et la réhabilitation influent sur l'opérabilité et la guérison, il est indispensable d'avoir toutes les informations et les outils pour informer le patient et lui proposer le meilleur parcours de soins.

Bibliographie

1. Le cancer du poumon - Les cancers les plus fréquents [Internet]. [cité 6 août 2020]. Disponible sur: <https://www.e-cancer.fr/Professionnels-de-sante/Les-chiffres-du-cancer-en-France/Epidemiologie-des-cancers/Les-cancers-les-plus-frequents/Cancer-du-poumon>
2. HAS. Guide du parcours de soins - Tumeur maligne, affection du tissu lymphatique ou hématopoïétique, cancers broncho-pulmonaires [Internet]. [cité 11 août 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-10/guide_k_bronchopulmonaires_finalweb__091013.pdf
3. Torre LA, Siegel RL, Jemal A. Lung Cancer Statistics. *Adv Exp Med Biol*. 2016;893:1-19.
4. Henley SJ, Gallaway S, Singh SD, O'Neil ME, Buchanan Lunsford N, Momin B, et al. Lung Cancer Among Women in the United States. *J Womens Health (Larchmt)*. 2018;27(11):1307-16.
5. Mountain CF. Revisions in the International System for Staging Lung Cancer. *Chest*. juin 1997;111(6):1710-7.
6. Kalemkerian GP, Schneider BJ. Advances in Small Cell Lung Cancer. *Hematol Oncol Clin North Am*. 2017;31(1):143-56.
7. Cancer bronchique à petites cellules - Référentiel national de RCP - Ref : RECOKBRAPETCEL15 [Internet]. [cité 12 août 2020]. Disponible sur: <https://www.e-cancer.fr/Expertises-et-publications/Catalogue-des-publications/Cancer-bronchique-a-petites-cellules-Referentiel-national-de-RCP>
8. Loewen GM, Watson D, Kohman L, Herndon JE, Shennib H, Kernstine K, et al. Preoperative Exercise Vo2 Measurement for Lung Resection Candidates: Results of Cancer and Leukemia Group B Protocol 9238. *Journal of Thoracic Oncology*. juill 2007;2(7):619-25.
9. Powell HA, Tata LJ, Baldwin DR, Stanley RA, Khakwani A, Hubbard RB. Early mortality after surgical resection for lung cancer: an analysis of the English National Lung cancer audit. *Thorax*. sept 2013;68(9):826-34.
10. Pagès P-B, Cottenet J, Mariet A-S, Bernard A, Quantin C. In-hospital mortality following lung cancer resection: nationwide administrative database. *Eur Respir J*. 2016;47(6):1809-17.
11. Agostini P, Cieslik H, Rathinam S, Bishay E, Kalkat MS, Rajesh PB, et al. Postoperative pulmonary complications following thoracic surgery: are there any modifiable risk factors? *Thorax*. sept 2010;65(9):815-8.
12. Bluman LG, Mosca L, Newman N, Simon DG. Preoperative smoking habits and postoperative pulmonary complications. *Chest*. avr 1998;113(4):883-9.
13. Boss EF, Mehta N, Nagarajan N, Links A, Benke JR, Berger Z, et al. Shared decision-making and choice for elective surgical care: A systematic review. *Otolaryngol Head Neck Surg*. mars 2016;154(3):405-20.
14. Baser S, Shannon VR, Eapen GA, Jimenez CA, Onn A, Keus L, et al. Pulmonary dysfunction as a major cause of inoperability among patients with non-small-cell lung cancer. *Clin Lung Cancer*. mars 2006;7(5):344-9.
15. Fernandez FG, Kosinski AS, Burfeind W, Park B, DeCamp MM, Seder C, et al. The Society of Thoracic Surgeons Lung Cancer Resection Risk Model: Higher Quality Data and Superior Outcomes. *Ann Thorac Surg*. août 2016;102(2):370-7.
16. Thomas DC, Blasberg JD, Arnold BN, Rosen JE, Salazar MC, Detterbeck FC, et al. Validating the Thoracic Revised Cardiac Risk Index Following Lung Resection. *Ann Thorac Surg*. août 2017;104(2):389-94.
17. Brunelli A, Ferguson MK, Salati M, Vigneswaran WT, Jimenez MF, Varela G. Thoracic Revised Cardiac Risk Index Is Associated With Prognosis After Resection for Stage

I Lung Cancer. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1 juill 2015;100(1):195-200.

18. Brunelli A, Kim AW, Berger KI, Addrizzo-Harris DJ. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*. mai 2013;143(5 Suppl):e166S-e190S.

19. Falcoz PE, Conti M, Brouchet L, Chocron S, Puyraveau M, Mercier M, et al. The Thoracic Surgery Scoring System (Thoracoscore): risk model for in-hospital death in 15,183 patients requiring thoracic surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. févr 2007;133(2):325-32.

20. Die Loucou J, Pagès P-B, Falcoz P-E, Thomas P-A, Rivera C, Brouchet L, et al. Validation and update of the thoracic surgery scoring system (Thoracoscore) risk model. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1 août 2020;58(2):350-6.

21. Chamogeorgakis T, Toumpoulis I, Tomos P, Ieromonachos C, Angouras D, Georgiannakis E, et al. External validation of the modified Thoracoscore in a new thoracic surgery program: prediction of in-hospital mortality. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. sept 2009;9(3):463-6.

22. Sharkey A, Ariyaratnam P, Anikin V, Belcher E, Kendall S, Lim E, et al. Thoracoscore and European Society Objective Score Fail to Predict Mortality in the UK. *World J Oncol*. févr 2015;6(1):270-5.

23. Hlatky MA, Boineau RE, Higginbotham MB, Lee KL, Mark DB, Califf RM, et al. A brief self-administered questionnaire to determine functional capacity (the Duke Activity Status Index). *Am J Cardiol*. 15 sept 1989;64(10):651-4.

24. Poldermans D, Bax JJ, Boersma E, De Hert S, Eeckhout E, Fowkes G, et al. Guidelines for pre-operative cardiac risk assessment and perioperative cardiac management in non-cardiac surgery: the Task Force for Preoperative Cardiac Risk Assessment and Perioperative Cardiac Management in Non-cardiac Surgery of the European Society of Cardiology (ESC) and endorsed by the European Society of Anaesthesiology (ESA). *Eur J Anaesthesiol*. févr 2010;27(2):92-137.

25. Brunelli A, Charloux A, Bolliger CT, Rocco G, Sculier J-P, Varela G, et al. The European Respiratory Society and European Society of Thoracic Surgeons clinical guidelines for evaluating fitness for radical treatment (surgery and chemoradiotherapy) in patients with lung cancer. *Eur J Cardiothorac Surg*. juill 2009;36(1):181-4.

26. Kearney DJ, Lee TH, Reilly JJ, DeCamp MM, Sugarbaker DJ. Assessment of operative risk in patients undergoing lung resection. Importance of predicted pulmonary function. *Chest*. mars 1994;105(3):753-9.

27. Berry MF, Villamizar-Ortiz NR, Tong BC, Burfeind WR, Harpole DH, D'Amico TA, et al. Pulmonary function tests do not predict pulmonary complications after thoracoscopic lobectomy. *Ann Thorac Surg*. avr 2010;89(4):1044-51; discussion 1051-1052.

28. Zhang R, Lee SM, Wigfield C, Vigneswaran WT, Ferguson MK. Lung function predicts pulmonary complications regardless of the surgical approach. *Ann Thorac Surg*. mai 2015;99(5):1761-7.

29. Cao C, Louie BE, Melfi F, Veronesi G, Razzak R, Romano G, et al. Impact of pulmonary function on pulmonary complications after robotic-assisted thoracoscopic lobectomy. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1 févr 2020;57(2):338-42.

30. Bernard A, Falcoz P-E, Thomas PA, Rivera C, Brouchet L, Baste JM, et al. Comparison of Epithor clinical national database and medico-administrative database to identify the influence of case-mix on the estimation of hospital outliers. *PLoS ONE*. 2019;14(7):e0219672.

31. American Thoracic Society, American College of Chest Physicians. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 15 janv 2003;167(2):211-77.

32. Benzo R, Kelley GA, Recchi L, Hofman A, Sciurba F. Complications of lung resection and exercise capacity: A meta-analysis. *Respiratory Medicine*. 1 août 2007;101(8):1790-7.
33. Bolliger CT, Jordan P, Solèr M, Stulz P, Grädel E, Skarvan K, et al. Exercise capacity as a predictor of postoperative complications in lung resection candidates. *Am J Respir Crit Care Med*. mai 1995;151(5):1472-80.
34. Bayram AS, Candan T, Gebitekin C. Preoperative maximal exercise oxygen consumption test predicts postoperative pulmonary morbidity following major lung resection. *Respirology*. juill 2007;12(4):505-10.
35. Brunelli A, Belardinelli R, Refai M, Salati M, Socci L, Pompili C, et al. Peak oxygen consumption during cardiopulmonary exercise test improves risk stratification in candidates to major lung resection. *Chest*. mai 2009;135(5):1260-7.
36. Licker M, Schnyder J-M, Frey J-G, Diaper J, Cartier V, Inan C, et al. Impact of aerobic exercise capacity and procedure-related factors in lung cancer surgery. *Eur Respir J*. mai 2011;37(5):1189-98.
37. Colice GL, Shafazand S, Griffin JP, Keenan R, Bolliger CT, American College of Chest Physicians. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: ACCP evidenced-based clinical practice guidelines (2nd edition). *Chest*. sept 2007;132(3 Suppl):161S-77S.
38. Torchio R, Guglielmo M, Giardino R, Ardisson F, Ciacco C, Gulotta C, et al. Exercise ventilatory inefficiency and mortality in patients with chronic obstructive pulmonary disease undergoing surgery for non-small-cell lung cancer. *Eur J Cardiothorac Surg*. juill 2010;38(1):14-9.
39. Gravier F-E, Bonnevie T, Boujibar F, Médrinal C, Prieur G, Combret Y, et al. Effect of prehabilitation on ventilatory efficiency in non-small cell lung cancer patients: A cohort study. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2019;157(6):2504-2512.e1.
40. Brunelli A, Belardinelli R, Pompili C, Xiumé F, Refai M, Salati M, et al. Minute ventilation-to-carbon dioxide output (VE/VCO₂) slope is the strongest predictor of respiratory complications and death after pulmonary resection. *Ann Thorac Surg*. juin 2012;93(6):1802-6.
41. Party BTSS of CS of GBIW. Guidelines on the selection of patients with lung cancer for surgery. *Thorax*. 1 févr 2001;56(2):89-108.
42. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*. 1 juill 2002;166(1):111-7.
43. Bagg LR. The 12-min walking distance; its use in the pre-operative assessment of patients with bronchial carcinoma before lung resection. *Respiration*. 1984;46(4):342-5.
44. Markos J, Mullan BP, Hillman DR, Musk AW, Antico VF, Lovegrove FT, et al. Preoperative assessment as a predictor of mortality and morbidity after lung resection. *Am Rev Respir Dis*. avr 1989;139(4):902-10.
45. Marjanski T, Wnuk D, Bosakowski D, Szmuda T, Sawicka W, Rzyman W. Patients who do not reach a distance of 500 m during the 6-min walk test have an increased risk of postoperative complications and prolonged hospital stay after lobectomy. *Eur J Cardiothorac Surg*. mai 2015;47(5):e213-219.
46. Wesolowski S, Orłowski TM, Kram M. The 6-min walk test in the functional evaluation of patients with lung cancer qualified for lobectomy. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 1 avr 2020;30(4):559-64.
47. Lee H, Kim HK, Kang D, Kong S, Lee JK, Lee G, et al. Prognostic Value of 6-Min Walk Test to Predict Postoperative Cardiopulmonary Complications in Patients With Non-small Cell Lung Cancer. *Chest*. juin 2020;157(6):1665-73.

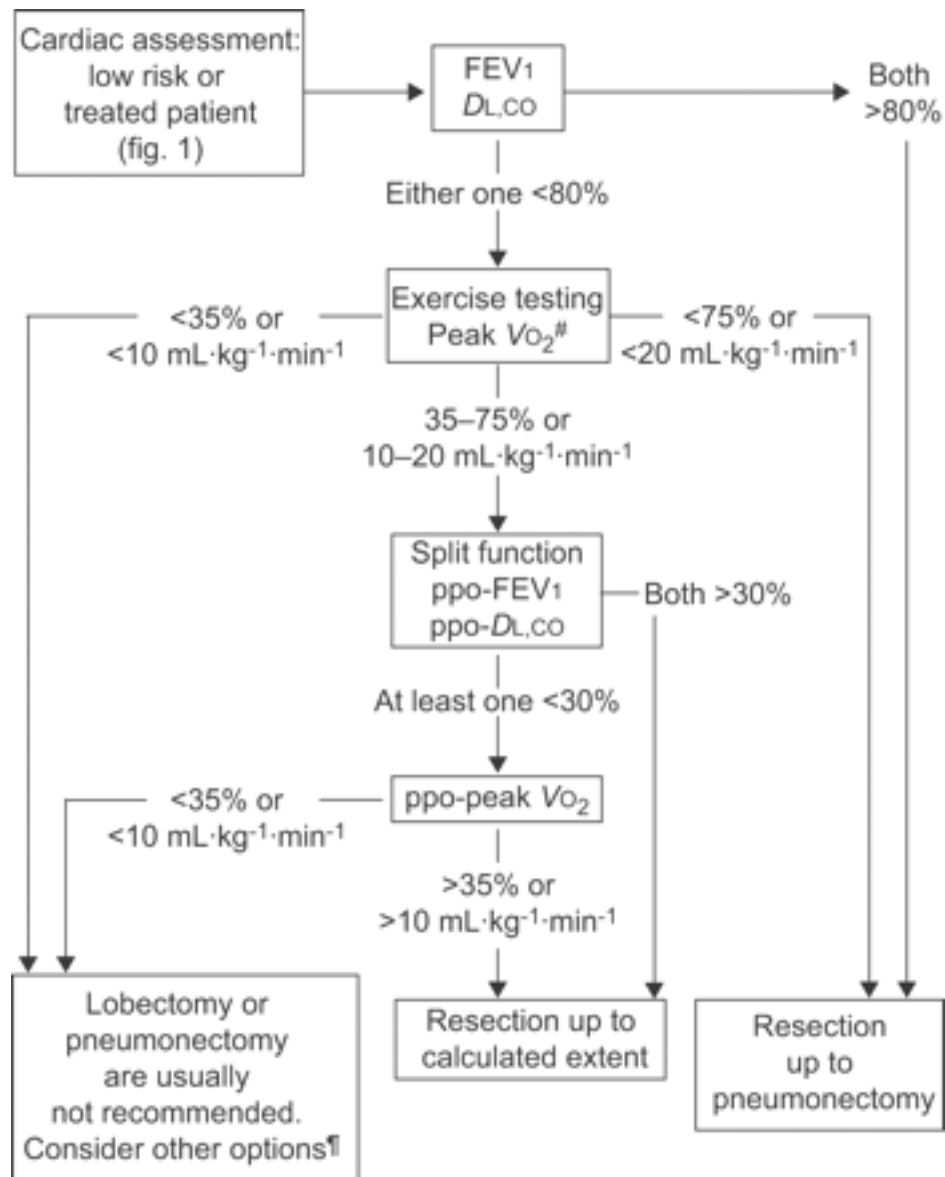
48. Singh SJ, Morgan MD, Scott S, Walters D, Hardman AE. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax*. déc 1992;47(12):1019-24.
49. Win T, Jackson A, Groves AM, Sharples LD, Charman SC, Laroche CM. Comparison of shuttle walk with measured peak oxygen consumption in patients with operable lung cancer. *Thorax*. janv 2006;61(1):57-60.
50. Fennelly J, Potter L, Pompili C, Brunelli A. Performance in the shuttle walk test is associated with cardiopulmonary complications after lung resections. *J Thorac Dis*. mars 2017;9(3):789-95.
51. Van Nostrand D, Kjelsberg MO, Humphrey EW. Preresectional evaluation of risk from pneumonectomy. *Surg Gynecol Obstet*. août 1968;127(2):306-12.
52. Ambrozin ARP, Cataneo DC, Arruda KA, Cataneo AJM. Time in the stair-climbing test as a predictor of thoracotomy postoperative complications. *J Thorac Cardiovasc Surg*. avr 2013;145(4):1093-7.
53. Nikolić I, Majerić-Kogler V, Plavec D, Maloca I, Slobodnjak Z. Stairs climbing test with pulse oximetry as predictor of early postoperative complications in functionally impaired patients with lung cancer and elective lung surgery: prospective trial of consecutive series of patients. *Croat Med J*. févr 2008;49(1):50-7.
54. Holden DA, Rice TW, Stelmach K, Meeker DP. Exercise testing, 6-min walk, and stair climb in the evaluation of patients at high risk for pulmonary resection. *Chest*. déc 1992;102(6):1774-9.
55. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Ann Intern Med*. 18 août 2009;151(4):264-9, W64.
56. Brunelli A, Xiumé F, Refai M, Salati M, Nunzio LD, Pompili C, et al. Peak Oxygen Consumption Measured during the Stair-Climbing Test in Lung Resection Candidates. *RES*. 2010;80(3):207-11.
57. Borel B, Fabre C, Saison S, Bart F, Grosbois J-M. An original field evaluation test for chronic obstructive pulmonary disease population: the six-minute stepper test. *Clin Rehabil*. janv 2010;24(1):82-93.
58. Grosbois JM, Riquier C, Chehere B, Coquart J, Béhal H, Bart F, et al. Six-minute stepper test: a valid clinical exercise tolerance test for COPD patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2016;11:657-63.
59. Delourme J, Stervinou-Wemeau L, Salleron J, Grosbois JM, Wallaert B. Six-minute stepper test to assess effort intolerance in interstitial lung diseases. *Sarcoidosis Vasc Diffuse Lung Dis*. oct 2012;29(2):107-12.
60. Bohannon RW, Crouch R. 1-Minute Sit-to-Stand Test: SYSTEMATIC REVIEW OF PROCEDURES, PERFORMANCE, AND CLINIMETRIC PROPERTIES. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2019;39(1):2-8.
61. Aguilaniu B, Roth H, Gonzalez-Bermejo J, Jondot M, Maitre J, Denis F, et al. A simple semipaced 3-minute chair rise test for routine exercise tolerance testing in COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2014;9:1009-19.
62. Azzi M, Debeaumont D, Bonnevie T, Aguilaniu B, Cerasuolo D, Boujibar F, et al. Evaluation of the 3-minute chair rise test as part of preoperative evaluation for patients with non-small cell lung cancer. *Thorac Cancer*. 8 juill 2020;
63. Spruit MA, Pitta F, McAuley E, ZuWallack RL, Nici L. Pulmonary Rehabilitation and Physical Activity in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 15 oct 2015;192(8):924-33.
64. Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, ZuWallack R, Nici L, Rochester C, et al. An Official American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement: Key Concepts and

- Advances in Pulmonary Rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med*. 15 oct 2013;188(8):e13-64.
65. McCarthy B, Casey D, Devane D, Murphy K, Murphy E, Lacasse Y. Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [Internet]. 2015 [cité 6 juill 2020];(2). Disponible sur: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD003793.pub3/full?highlight=Abstract=rehabilit%7Crehabilitation%7Ccopd>
 66. Hughes DC, Ellefsen S, Baar K. Adaptations to Endurance and Strength Training. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 01 2018;8(6).
 67. Garvey C, Bayles MP, Hamm LF, Hill K, Holland A, Limberg TM, et al. Pulmonary Rehabilitation Exercise Prescription in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Review of Selected Guidelines: AN OFFICIAL STATEMENT FROM THE AMERICAN ASSOCIATION OF CARDIOVASCULAR AND PULMONARY REHABILITATION. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. avr 2016;36(2):75-83.
 68. Nici L, Donner C, Wouters E, Zuwallack R, Ambrosino N, Bourbeau J, et al. American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med*. 15 juin 2006;173(12):1390-413.
 69. Puhan MA, Büsching G, Schünemann HJ, VanOort E, Zaugg C, Frey M. Interval versus continuous high-intensity exercise in chronic obstructive pulmonary disease: a randomized trial. *Ann Intern Med*. 5 déc 2006;145(11):816-25.
 70. Marino DM, Marrara KT, Ike D, De Oliveira AD, Jamami M, Di Lorenzo VAP. Study of peripheral muscle strength and severity indexes in individuals with chronic obstructive pulmonary disease. *Physiother Res Int*. sept 2010;15(3):135-43.
 71. Hulzebos EHJ, Helders PJM, Favié NJ, De Bie RA, Brutel de la Riviere A, Van Meeteren NLU. Preoperative intensive inspiratory muscle training to prevent postoperative pulmonary complications in high-risk patients undergoing CABG surgery: a randomized clinical trial. *JAMA*. 18 oct 2006;296(15):1851-7.
 72. Europe WHORO for. Therapeutic patient education : continuing education programmes for health care providers in the field of prevention of chronic diseases : report of a WHO working group. 1998 [cité 15 août 2020]; Disponible sur: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/108151>
 73. Zaman M, Bilal H, Mahmood S, Tang A. Does getting smokers to stop smoking before lung resections reduce their risk? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. mars 2012;14(3):320-3.
 74. Vaporciyan AA, Merriman KW, Ece F, Roth JA, Smythe WR, Swisher SG, et al. Incidence of major pulmonary morbidity after pneumonectomy: association with timing of smoking cessation. *Ann Thorac Surg*. févr 2002;73(2):420-5; discussion 425-426.
 75. Barrera R, Shi W, Amar D, Thaler HT, Gabovich N, Bains MS, et al. Smoking and timing of cessation: impact on pulmonary complications after thoracotomy. *Chest*. juin 2005;127(6):1977-83.
 76. Thomas PA, Berbis J, Falcoz P-E, Le Pimpec-Barthes F, Bernard A, Jougon J, et al. National perioperative outcomes of pulmonary lobectomy for cancer: the influence of nutritional status. *Eur J Cardiothorac Surg*. avr 2014;45(4):652-9; discussion 659.
 77. Nakagawa T, Toyazaki T, Chiba N, Ueda Y, Gotoh M. Prognostic value of body mass index and change in body weight in postoperative outcomes of lung cancer surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2016;23(4):560-6.
 78. Batchelor TJP, Rasburn NJ, Abdelnour-Berchtold E, Brunelli A, Cerfolio RJ, Gonzalez M, et al. Guidelines for enhanced recovery after lung surgery: recommendations of the Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society and the European Society of Thoracic Surgeons (ESTS). *Eur J Cardiothorac Surg*. 1 janv 2019;55(1):91-115.

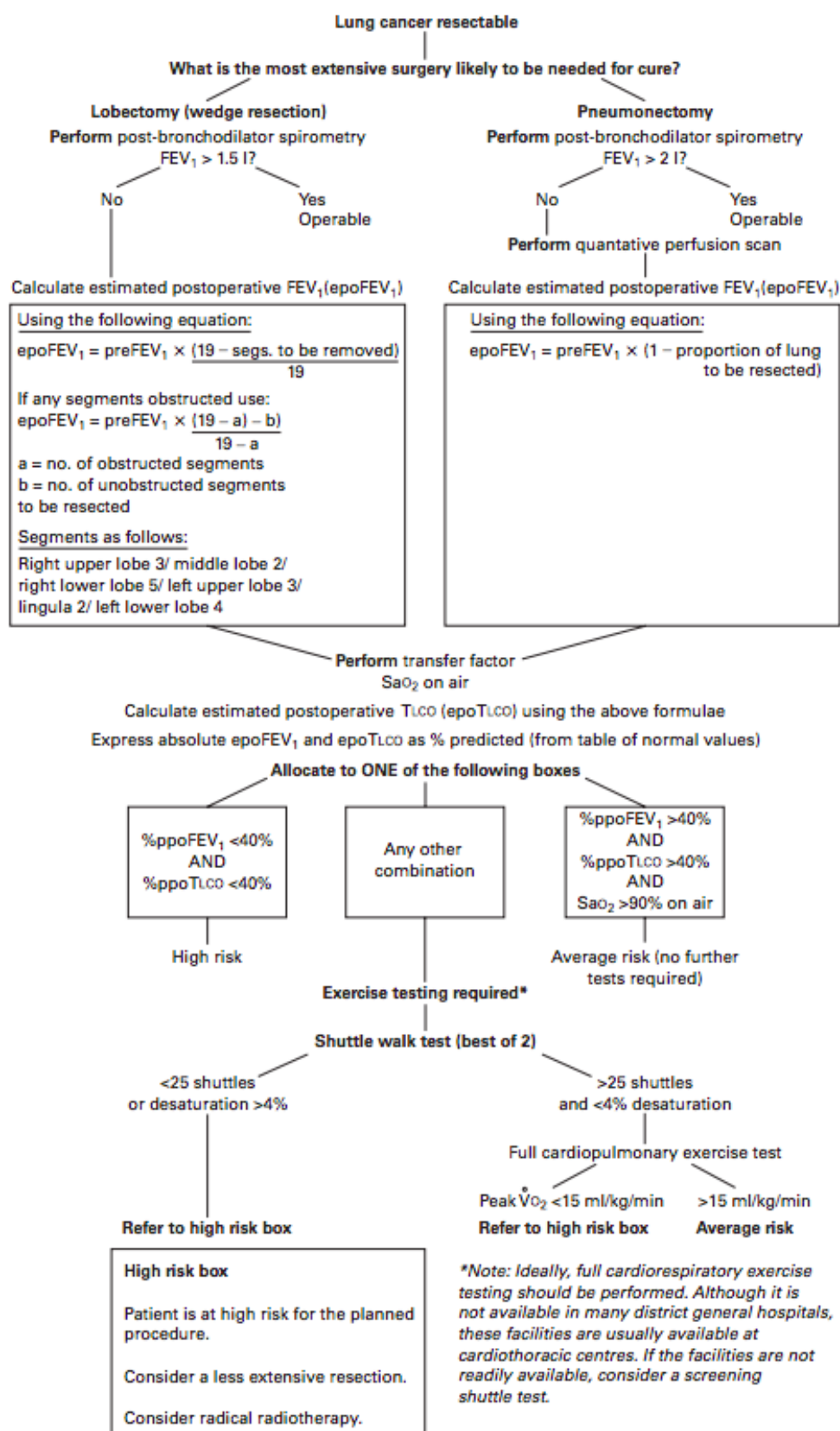
79. Burden S, Todd C, Hill J, Lal S. Pre-operative nutrition support in patients undergoing gastrointestinal surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. 14 nov 2012;11:CD008879.
80. Réhabilitation du patient atteint de BPCO. :34.
81. Sophie B. Haute Autorité de santé. 2016;73.
82. Sekine Y, Chiyo M, Iwata T, Yasufuku K, Furukawa S, Amada Y, et al. Perioperative rehabilitation and physiotherapy for lung cancer patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg*. mai 2005;53(5):237-43.
83. Benzo R, Wigle D, Novotny P, Wetzstein M, Nichols F, Shen RK, et al. Preoperative Pulmonary Rehabilitation before Lung Cancer Resection: Results from two Randomized Studies. *Lung Cancer*. déc 2011;74(3):441-5.
84. Bobbio A, Chetta A, Ampollini L, Primomo GL, Internullo E, Carbognani P, et al. Preoperative pulmonary rehabilitation in patients undergoing lung resection for non-small cell lung cancer. *Eur J Cardiothorac Surg*. janv 2008;33(1):95-8.
85. Tarumi S, Yokomise H, Gotoh M, Kasai Y, Matsuura N, Chang SS, et al. Pulmonary rehabilitation during induction chemoradiotherapy for lung cancer improves pulmonary function. *J Thorac Cardiovasc Surg*. févr 2015;149(2):569-73.
86. Licker M, Karenovics W, Diaper J, Frésard I, Triponez F, Ellenberger C, et al. Short-Term Preoperative High-Intensity Interval Training in Patients Awaiting Lung Cancer Surgery: A Randomized Controlled Trial. *J Thorac Oncol*. 2017;12(2):323-33.
87. Cavalheri V, Granger C. Preoperative exercise training for patients with non-small cell lung cancer. *Cochrane Database Syst Rev*. 07 2017;6:CD012020.
88. Pehlivan E, Turna A, Gurses A, Gurses HN. The effects of preoperative short-term intense physical therapy in lung cancer patients: a randomized controlled trial. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2011;17(5):461-8.
89. Stefanelli F, Meoli I, Cobuccio R, Curcio C, Amore D, Casazza D, et al. High-intensity training and cardiopulmonary exercise testing in patients with chronic obstructive pulmonary disease and non-small-cell lung cancer undergoing lobectomy. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1 oct 2013;44(4):e260-5.
90. Lai Y, Su J, Qiu P, Wang M, Zhou K, Tang Y, et al. Systematic short-term pulmonary rehabilitation before lung cancer lobectomy: a randomized trial. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 01 2017;25(3):476-83.
91. Morano MT, Araújo AS, Nascimento FB, Silva GF da, Mesquita R, Pinto JS, et al. Preoperative Pulmonary Rehabilitation Versus Chest Physical Therapy in Patients Undergoing Lung Cancer Resection: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1 janv 2013;94(1):53-8.
92. Dindo D, Demartines N, Clavien P-A. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg*. août 2004;240(2):205-13.
93. Levett DZH, Jack S, Swart M, Carlisle J, Wilson J, Snowden C, et al. Perioperative cardiopulmonary exercise testing (CPET): consensus clinical guidelines on indications, organization, conduct, and physiological interpretation. *Br J Anaesth*. mars 2018;120(3):484-500.
94. Clark JM, Marrufo AS, Kozower BD, Tancredi DJ, Nuño M, Cooke DT, et al. Cardiopulmonary Testing Before Lung Resection: What Are Thoracic Surgeons Doing? *Ann Thorac Surg*. 2019;108(4):1006-12.
95. Rodriguez M. Stair-climbing test: beyond the height. *Thorax [Internet]*. 8 juill 2020 [cité 11 août 2020]; Disponible sur: <https://thorax.bmj.com/content/early/2020/07/09/thoraxjnl-2020-214966>

Annexes

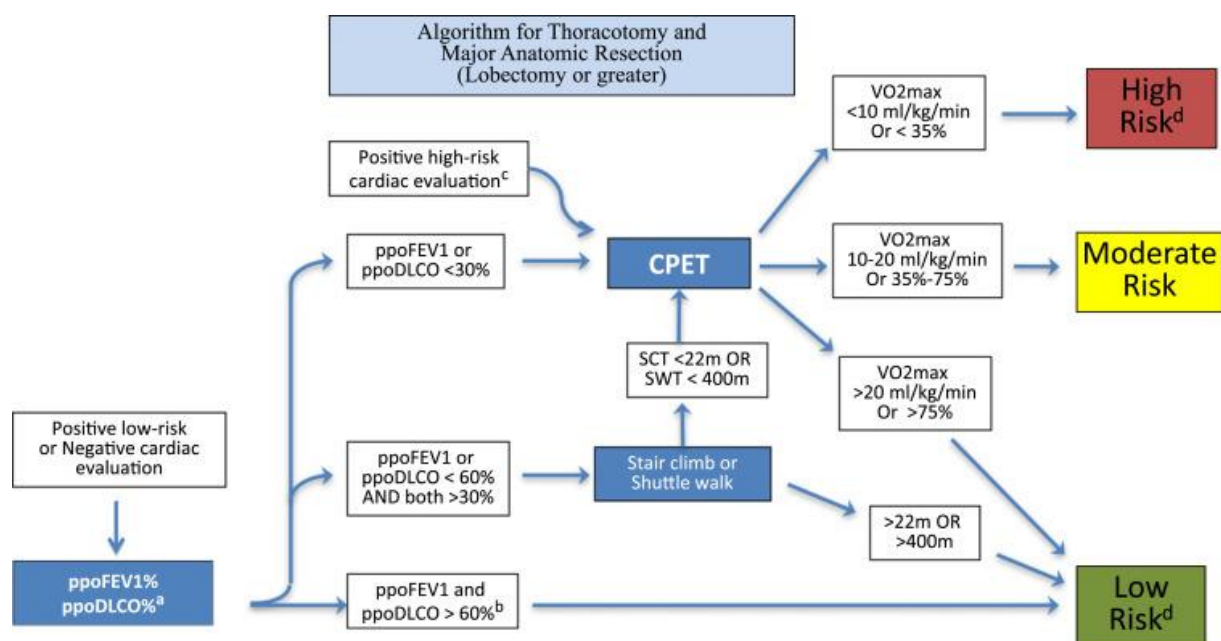
Annexe 1 : Algorithme décisionnel des recommandations de l'ERS/ESTS



Annexe 2 : Algorithme décisionnel des recommandations britanniques



Annexe 3 : Algorithme décisionnel des recommandations américaines



- Patient Factors: Comorbidities, age
- Structural Aspects: center (volume, specialization)
- Process factors: Management of complications
- Surgical access: Thoracotomy vs. minimally invasive

Stair-climbing test: beyond the height

Maria Rodriguez

Patient selection has contributed significantly to improve the incidence of postoperative complications after anatomical lung resection. Stair-climbing test is one of the low technology alternatives available, sometimes underused, to improve this selection. In the current issue, Boujibar and colleagues¹ present the first systematic review and meta-analysis assessing stair-climbing test as a tool to predict postoperative complications after lung resection and to determine which patients require further high-technology cardiopulmonary evaluation.

Boujibar and colleagues describe the first systematic review and meta-analysis, which addresses the role of the stair-climbing test in predicting the incidence of postoperative complications after major lung resection.¹ The authors conclude that achieved height during the stair-climbing test is a useful screening tool to decide whether a patient, due for thoracic surgery, needs further high-technology cardiopulmonary evaluation or can proceed directly to the operation. Despite the great heterogeneity of the six studies included in the meta-analysis, the authors were able to pool data regarding the altitude performance in metres to draw their conclusion. They conclude that the height achieved during the test, not the symptoms experienced nor the time invested, is the best predictor value of postoperative complications.¹ Although the stair-climbing test is a cheap, well-validated preoperative assessment tool and its results (climbing time, power and achieved height)^{2,3} have been correlated with maximal oxygen uptake during exercise (VO_2max), it is considerably underused.

As a follower of the American College of Chest Physicians (ACCP) guidelines on preoperative evaluation for lung resection,⁴ I have performed multiple symptom-limited stair-climbing tests. I have encountered recurring problems such as a lack of standardisation^{3,5} and a lack of a safe, controlled environment to perform the test—where complications can be managed, should they arise.⁶ Specifically, these limitations include different height of the steps; number of

floors climbed; difficulty finding an appropriate staircase to perform the test; and need to treat any emergencies along the stairs. This has led other authors to modify the test,³ to develop low-technology tests performed in fully equipped laboratories⁶ or (what is worse) to skip any cardiopulmonary evaluation prior to surgery.⁷

Given this heterogeneity, both in clinical practice and clinical research, the robust analysis conducted by the authors is welcome. In addition, as the authors point out in their manuscript, thoracic surgeons are constantly improving surgical technique and developing less invasive approaches. These improvements have been shown to decrease the morbidity and mortality after lung resection and to improve long-term survival, even in patients with limited pulmonary reserve.⁸ However, to attribute these achievements only to the evolution of technology and surgical approaches would be unwise. It is likely to be a combination of improved preoperative patient selection, intraoperative techniques and postoperative care which leads to better outcomes.

The clinical and research community must continue to adapt guidelines in line with rapidly evolving clinical practice, where minimally invasive approaches are preferred, more sublobar resections are performed and limits are pushed to operate on patients traditionally considered inoperable.⁸ Practice standardisation and identification of patients at increased risk of morbidity and mortality after lung resection are among the main objectives of the ACCP guidelines. Their implementation, however, still leaves room for improvement.⁷ The same thoughts could be applied to the tests included in these guidelines. It does not matter how good their predictive value is, if they are not reproducible, cost-effective, easy to perform, safe for the patients and available to the clinicians, they will not be widely adopted.

The results of Boujibar and colleagues¹ could have been affected by a number of confounding factors such as the different types of resections analysed, the lack of definition of the complications studied and the heterogeneous follow-up. However, their findings may help to refine stair-climbing test performance. The reduction of the climbed altitude threshold to 10 m from the 22 m recommended in the ACCP guidelines⁴ may ease the definitive

implementation of stair-climbing test as a screening tool. This will allow better selection of those moderate-risk to high-risk surgical candidates that need further cardiopulmonary evaluation prior to anatomical lung resection.

Contributors MR contributed entirely to all aspects related to the current manuscript.

Funding The authors have not declared a specific grant for this research from any funding agency in the public, commercial or not-for-profit sectors.

Competing interests None declared.

Patient consent for publication Not required.

Provenance and peer review Commissioned; externally peer reviewed.

© Author(s) (or their employer(s)) 2020. No commercial re-use. See rights and permissions. Published by BMJ.



To cite Rodriguez M. *Thorax* Epub ahead of print: [please include Day Month Year]. doi:10.1136/thoraxjnl-2020-214966

Accepted 15 May 2020



► <http://dx.doi.org/10.1136/thoraxjnl-2019-214019>

Thorax 2020;0:1.
doi:10.1136/thoraxjnl-2020-214966

REFERENCES

- 1 Boujibar F, Gillibert A, Gravier F, et al. Performance at stair-climbing test is associated with postoperative complications after lung resection: a systematic review and meta-analysis. *Thorax* 2020.
- 2 Cataneo DC, Kobayashi S, Carvalho LRde, et al. Accuracy of six minute walk test, stair test and spirometry using maximal oxygen uptake as gold standard. *Acta Cir Bras* 2010;25:194–200.
- 3 Brunelli A, Refai M, Xiumé F, et al. Performance at symptom-limited stair-climbing test is associated with increased cardiopulmonary complications, mortality, and costs after major lung resection. *Ann Thorac Surg* 2008;86:240–8.
- 4 Brunelli A, Kim AW, Berger KI, et al. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: diagnosis and management of lung cancer, 3rd ED: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 2013;143:e166S–90.
- 5 Olsen GN, Bolton JW, Weiman DS, et al. Stair climbing as an exercise test to predict the postoperative complications of lung resection. two years' experience. *Chest* 1991;99:587–90.
- 6 Novoa NM, Esteban P, Rodriguez M, et al. Functional evaluation before lung resection: searching for a low technology test in a safer environment for the patient: a pilot study. *Eur J Cardiothorac Surg* 2017;51:856–60.
- 7 Clark JM, Marrufio AS, Kozower BD, et al. Cardiopulmonary testing before lung resection: what are thoracic surgeons doing? *Ann Thorac Surg* 2019;108:1006–12.
- 8 Lau KKW, Martin-Ucar AE, Nakas A, et al. Lung cancer surgery in the breathless patient—the benefits of avoiding the gold standard. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010;38:6–13.

Department of Thoracic Surgery, Clinica Universidad de Navarra, Madrid, Spain

Correspondence to Dr Maria Rodriguez, Department of Thoracic Surgery, Clinica Universidad de Navarra, Madrid 28027, Spain; meroy.rodriguez.perez@gmail.com

Curriculum vitae

Madame BOUJIBAR Fairuz
Kinésithérapeute - doctorante
07/07/1991
Adeli : 767000029

CHU de Rouen
1 rue de Germont
76000 Rouen

CURSUS

THÈSE EN SCIENCES MÉDICALES

Depuis octobre 2017, ED NBISE, Université de Rouen

MASTER II INGÉNIERIE DE LA RÉÉDUCATION, DU HANDICAP ET DE LA PERFORMANCE MOTRICE

2016, spécialité cardio respiratoire, Université d'Amiens, faculté de médecine et de pharmacie

DIPLÔME D'ÉTAT DE MASSEUR-KINÉSITHÉRAPEUTE

2014, IFMK du CHU de Rouen

EXPÉRIENCE

KINÉSITHÉRAPEUTE AU CHU DE ROUEN, CHARLES NICOLLE

Depuis Septembre 2016, en réanimation médicale/chirurgicale puis en chirurgie thoracique

EXERCICE LIBÉRAL

Juin 2014 Septembre 2016, Saint Etienne du Rouvray

CHARGÉE D'ENSEIGNEMENT

A l'IFMK de Rouen et de la Musse

Depuis septembre 2014

Chargée de l'enseignement de l'analyse critique de la littérature scientifique, de la physiologie et biomécanique respiratoire

Jury du diplôme d'état

COMPÉTENCES

- ♦ Biostatistiques, MOOC université d'Harvard, septembre 2013
- ♦ Introduction à la réalisation d'essais clinique, MOOC université d'Harvard, avril 2014
- ♦ Formation réhabilitation respiratoire, ADIR, septembre 2015
- ♦ Physiologie respiratoire, MOOC université de Louvain, février 2015
- ♦ Membre du comité d'organisation du congrès internationale francophone des étudiants en physiothérapie et kinésithérapie (CIFEPK), février 2018, en qualité de référente du pôle cardio-respiratoire
- ♦ Formation biostatistiques, université de Rouen, avril 2018
- ♦ Formation à l'échographie pulmonaire et diaphragmatique, Health Impact, Décembre 2018
- ♦ Formation financement de la recherche, université de Rouen, février 2020

PRÉSENTATIONS

- ♦ Congrès de l'European Society of thoracic surgeon (ESTS), *presentation accepté mais congrès annulé*. The 6-Minute Stepper Test and the Sit To Stand Test to predict postoperative complications following major pulmonary resection by minimally invasive surgery
- ♦ Cours sur le rôle du kinésithérapeute dans la gestion des complications postopératoires, Collège d'Anesthésie, Pont l'Eveque, Novembre 2019
- ♦ Congrès de l'European Respiratory society (ERS), Madrid, septembre 2019
Performance at stair climbing test is associated with postoperative complications after lung resection: a systematic review and meta-analysis
- ♦ Congrès de la société française de chirurgie thoracique et cardiovasculaire (SFCTCV)
Performance at stair climbing test is associated with postoperative complications after lung resection: a systematic review and meta-analysis
- ♦ Journée de recherche en kinésithérapie respiratoire (JRKR), étude sur l'oxygénodépendance en chirurgie thoracique, juin 2014

TUTORAT

- ♦ Tutrice et directrice de stage d'un étudiant en master 2 (Université d'Amiens), 2019 - 2020
- ♦ Formation des kinésithérapeutes libéraux à l'évaluation et la réhabilitation des opérés thoraciques, septembre 2018
- ♦ Tutrice de stage pour les étudiants en kinésithérapie, depuis 2014
- ♦ Directrice de mémoire, IFMK de Rouen, depuis 2015, IFMK Rouen

*Ce n'est pas dans la science qu'est le bonheur mais dans
l'acquisition de la science*

Edgar Allan Poe

Résumé

La chirurgie thoracique est une chirurgie majeure, pourvoyeuse de complications postopératoires. La question de l'évaluation et de la préparation est centrale afin d'optimiser l'opérabilité et de limiter les répercussions liées à la résection pulmonaire.

L'objectif de ce travail a été d'étudier les facteurs fonctionnels influençant la prise en charge chirurgicale de patients souffrant de cancer bronchique non à petites cellules.

Nous avons vu en première partie l'intérêt des tests de terrain dans l'évaluation à l'effort. Nous avons effectué une méta-analyse sur le test de montée d'escaliers et conclu à son caractère prédictif de complications, avec un seuil de risque évalué à 10 mètres. Dans cette même partie, nous avons également développé une étude portant sur deux autres tests : le test de lever de chaise et le test stepper de 6 minutes. Nous avons conclu au caractère prédictif de complications de ces deux tests, avec un seuil optimal estimé à 141 steps et à 20 levers de chaise.

Dans un second temps, nous avons orienté notre travail sur l'intérêt de la réhabilitation préopératoire chez les opérés par une voie d'abord mini-invasive. Nous observons dans cette étude que les patients bénéficiant d'une réhabilitation préopératoire ont des complications moins nombreuses et moins sévères que ceux qui n'en bénéficient pas, selon la classification de Clavien-Dindo.

En dernière partie nous avons tenté de déterminer l'intérêt des tests de terrain dans l'accès à la réhabilitation. Nous observons que la fréquence cardiaque à la fin du test de lever de chaise ainsi que le nombre de levers et de pas au test stepper, sont liés de façon modérée à la fréquence cardiaque et à la puissance au seuil ventilatoire. Les tests de terrain pourraient être une alternative intéressante dans la prescription des paramètres de réentraînement à l'effort.

Mots-clés : Réhabilitation, évaluation, chirurgie thoracique, préopératoire, tests de terrain

Abstract

Thoracic surgery is a major surgery, leading to postoperative complications. Assessment and preparation is central to optimize operability and to limit the impact of lung resection.

The objective of this work was to study the functional factors influencing the surgical management of patients with non-small cell lung cancer.

We saw in the first part the value of field tests in stress assessment. We performed a meta-analysis on the stair climbing test and concluded that it was predictive of complications, with a risk threshold assessed at 10 meters. In this same part, we also developed a study on two other tests: the sit to stand test and the 6-minute stepper test. We concluded that these two tests were predictive of complications, with an optimal threshold estimated at 141 steps and 20 chair lifts.

Secondly, we focused our work on the benefit of preoperative rehabilitation in patients operated on by a minimally invasive approach. We observe in this study that patients undergoing preoperative rehabilitation have fewer and less severe complications than those who do not, according to the Clavien-Dindo classification.

In the last part we tried to determine the value of field tests in access to rehabilitation. We observe that the heart rate at the end of the chair-lift test, as well as the number of lifts and steps in the stepper test, are moderately related to heart rate and power at the ventilatory threshold. Field tests could be an interesting alternative in prescribing the parameters of exercise training.

Key-words: Prehabilitation, assessment, lung resection, preoperative, low technology test