

UNIVERSITE DE LILLE
FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG

Année 2023

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE

**Évolution de la capacité d'exercice chez les patients BPCO
sévères traités par valves endobronchiques**

Présentée et soutenue publiquement le 25 Septembre 2023 à
18 heures au Pôle Formation
Par Camille NOKIN

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Olivier LE ROUZIC

Asseseurs :

Monsieur le Docteur Frédéric WALLYN

Monsieur le Docteur Thierry PEREZ

Directrice de thèse :

Madame la Docteure Nathalie BAUTIN

AVERTISSEMENTS

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

ABRÉVIATIONS

AX : Aire sous la courbe de réactance en fonction de la fréquence des oscillations entre 5 Hz, jusqu'à la fréquence de résonance

BDI / TDI: Baseline Dyspnea Index / Transition Dyspnea Index

BPCO : Broncho-pneumopathie obstructive chronique

CAT : COPD Assessment Test

CI : Capacité Inspiratoire

CPT : Capacité Pulmonaire Totale

CRF : Capacité Résiduelle Fonctionnelle

CVF : Capacité Vitale Forcée

EELV: End Expiratory Lung Volume

FC: Fréquence Cardiaque

FR : Fréquence respiratoire

Fres : Fréquence de résonance

HAD: Hospital anxiety and depression scale

LDE : Limitation des Débits Expiratoires

MCID : Minimum Clinically Important Difference

MDP: Multidimensional Dyspnea Profile

mMRC: modified Medical Research Council

R5 et R20 : Résistances à 5 et 20 Hertz

RV : Réserve Ventilatoire

SGRQ : Saint Georges Respiratory Questionnaire

TM6 : Test de Marche 6 minute

VE : Ventilation minute

VEB : Valves EndoBronchiques

VEMS : Volume Expiratoire Maximal à la première Seconde

VMM : Ventilation Maximale Minute

VR : Volume Résiduel

VRE/VRT : Volume de Réserve Expiratoire et Inspiratoire

VT : Volume courant

X5 : Réactance à 5 Hertz

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	11
1. La dyspnée et la limitation à l'effort chez les patients BPCO sévères.....	11
a. Évaluation de la dyspnée et de son impact.....	12
b. Évaluation de la capacité à l'effort.....	13
2. Déterminants de la dyspnée et de la limitation à l'effort chez les patients BPCO.....	13
a. La limitation des débits expiratoires et distension dynamique.....	13
b. Les anomalies des échanges gazeux.....	15
c. Les comorbidités.....	16
3. Prise en charge de la BPCO.....	16
4. La chirurgie de réduction volumique d'emphysème.....	16
5. Les valves endobronchiques.....	17
a. Procédure et effets indésirables.....	18
b. Efficacité des VEB.....	18
6. Objectif de l'étude.....	19
MATÉRIELS ET MÉTHODES	20
1. Type d'étude et population étudiée.....	20
2. Parcours de soins.....	20
3. Critères d'inclusion.....	20
4. Critères d'exclusion.....	21
5. Données recueillies.....	21
a. Données démographiques et cliniques.....	21
b. Échelles et questionnaires de dyspnée et de qualité de vie.....	21
c. Paramètres fonctionnels respiratoires de repos.....	23
d. Paramètres fonctionnels d'exercice.....	24
e. Données de l'imagerie.....	25
6. Critère de jugement principal.....	25
7. Critères de jugement secondaires.....	26
8. Analyses statistiques.....	26
9. Éthique.....	27
RÉSULTATS	28
1. Description de la population.....	28
2. La procédure.....	28
3. Effets indésirables.....	30
4. Évaluation initiale de la dyspnée.....	31
5. Évaluation initiale de l'impact et de la qualité de vie.....	31
6. Paramètres fonctionnels respiratoires de repos initiaux.....	32
a. Spirométrie, pléthysmographie, DLCO.....	32
b. Oscillations forcées.....	32
7. Paramètres fonctionnels d'exercice initiaux.....	33

a.	Test de marche 6 minutes	33
b.	Épreuves fonctionnelles d'exercice	33
8.	Évaluation en post procédure.....	34
a.	Évolution de la dyspnée après la procédure	35
b.	Évolution de l'impact et de la qualité de vie après la procédure.....	36
c.	Paramètres fonctionnels respiratoires de repos après la procédure	39
d.	Évolution des paramètres fonctionnels d'exercice après la procédure	42
9.	Évolution des paramètres cliniques et fonctionnels chez les patients avec une atélectasie lobaire	48
	DISCUSSION	50
1.	Évolution de la dyspnée après la procédure	50
2.	Évolution de l'impact et de la qualité de vie après la procédure.....	51
3.	Évolution de l'obstruction bronchique après la procédure.....	52
4.	Évolution de la distension thoracique après la procédure.....	52
5.	Évolution de la capacité à l'effort après la procédure.....	53
6.	Évolution de la distension dynamique après la procédure	55
7.	Évolution des échanges gazeux après la procédure.....	56
8.	Évolution des paramètres cardio-circulatoires après la procédure.....	57
9.	Atélectasie	57
10.	Effets indésirables	58
11.	Forces et faiblesses de l'étude	58
	CONCLUSION	59
	BIBLIOGRAPHIE	60
	ANNEXES	67

RÉSUMÉ

Introduction : La dyspnée et la limitation à l'effort chez les patients BPCO sévères est en majeure partie en lien avec la distension thoracique et le développement d'une distension dynamique à l'effort. La pose de valves endobronchiques entraîne l'atélectasie du ou des lobes cibles ce qui permet de réduire la distension thoracique et d'améliorer la dyspnée et la capacité à l'effort sur le test de marche. L'objectif principal de cette étude était d'étudier l'évolution de la capacité à l'effort, par la VO₂ au pic de l'effort, après traitement par valves endobronchiques. Les objectifs secondaires étaient d'étudier l'évolution de la dyspnée, de son impact et de la qualité de vie ainsi que l'évolution des paramètres fonctionnels de repos et d'exercice après traitement.

Matériels et méthodes : Nous avons mené une étude observationnelle descriptive monocentrique au Centre Hospitalier Universitaire de Lille. Les patients BPCO sévères étaient inclus s'ils avaient bénéficié d'explorations fonctionnelles d'exercice (EFX) avant et après traitement par valves endobronchiques à visée de réduction volumique d'emphysème. Il a été recueilli avant et après le traitement les données des questionnaires de dyspnée et de qualité de vie (Échelle modified Medical Research Council (mMRC), les échelles Baseline Dyspnea Index (BDI) et Transition Dyspnea Index (TDI), le questionnaire Multidimensionnel Dyspnea Profile (MDP), le questionnaire de Saint Georges (SGRQ), le COPD Assesment Test (CAT), le Hospital Anxiety and Depression (HAD)), les données des explorations fonctionnelles de repos (spirométrie, pléthysmographie, DLCO, oscillations forcées), les données des explorations fonctionnelles d'exercice (test de marche 6 minutes (TM6) et EFX)

Résultats : Les 13 patients inclus ont été réévalués entre 3 et 12 mois après traitement. On observait une amélioration de la dyspnée sur l'échelle mMRC (-1 point [-1,5 ; 0], p = 0,047) avec une amélioration du score de plus de 1 point chez 6 patients), de l'inconfort immédiat lié à la dyspnée sur l'échelle A1 du MDP (- 3 points [-4 ; 1,5], p = 0,018) ainsi une diminution de l'impact de la dyspnée sur les activités de la vie quotidienne (score BDI activité : +1 point [0 ; 1], p = 0,02 et score total : +2 points [1 ; 4], p = 0,027). On observait une augmentation de la CVF (+ 0,41L [0 ; 0,78], p = 0,050 et + 19 points [2 ; 26], p = 0,028), ainsi qu'une diminution de la distension thoracique avec une diminution de la CRF (- 0,84L [-1,7 ; 0], p = 0,046 et -19 points [-50 ; 2], p = 0,031), le VR diminuait d'au moins 350 ml chez 7 patients. La capacité à l'exercice ne variait pas après la procédure que ce soit la VO₂ pic (- 0,9 ml/kg/min [-3,7 ; 0,4], p = 0,062) ou la distance au TM6 (+75 mètres [-10 ; 85], p = 0,135). Chez les 10 patients pour lesquels on observait une atélectasie du lobe cible, on observait en plus des améliorations décrites, une amélioration de la qualité de vie (SGRQ) (-4 points [-24 ; -2,5], p = 0,025), une diminution des symptômes dépressifs (HAD-D) (-4 points [-5 ; -1], p = 0,018) et une amélioration de l'obstruction bronchique (VEMS : +6% [-0,25 ; 15], p = 0,035).

Conclusion : Après le traitement par valves endobronchiques, on observait chez 13 patients BPCO sévères une amélioration de la dyspnée et de la distension thoracique. La capacité à l'effort, évaluée par la VO₂ pic, ne s'améliorait pas.

INTRODUCTION

La broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO) est une maladie respiratoire chronique caractérisée par une obstruction permanente et progressive des voies aériennes. Elle est associée à de l'emphysème qui est défini par un élargissement anormal et permanent des espaces aériens distaux au-delà des bronchioles terminales avec destruction des parois alvéolaires (1–4). Le tabac est le principal facteur de risque et est responsable d'environ 80% des BPCO, le reste est représenté par des causes environnementales, professionnelles et génétiques (5–7). Le diagnostic de BPCO repose sur la preuve d'un trouble ventilatoire obstructif non complètement réversible associé à des symptômes évocateurs que sont la toux, les expectorations chroniques et la dyspnée. Selon GOLD, on distingue quatre stades de sévérité de léger à très sévère en fonction du VEMS post bronchodilatateur. Les critères « ABCD » incluent dans l'évaluation de la sévérité de la maladie l'intensité de la dyspnée sur l'échelle de mMRC, l'impact de la maladie selon le score CAT, le nombre d'exacerbation sur l'année et le VEMS post bronchodilatateur (8).

La BPCO est l'une des trois premières cause de mortalité dans le monde avec environ 3,2 millions de décès en 2019 (9–12), elle représente 5 à 10% de la population française soit 3 à 3,5 millions de personnes et a été responsable d'environ 17 000 décès en 2017 (11,13). En 2015 en France, environ 15 000 patients BPCO étaient sous oxygénothérapie au long cours associée ou non à une ventilation (11). La dyspnée est le principal symptôme décrit par les patients BPCO (14–17). En effet, dans une étude portant sur environ 50 000 patients BPCO tous stades confondus, 46% d'entre eux avaient une dyspnée modérée à sévère (\geq stade 3 MRC). Dans une étude portant sur 833 patients BPCO sévères, 98% d'entre rapportaient une dyspnée d'effort dont 55% décrivaient une dyspnée sévère de grade 3 à 4 mMRC (18).

1. La dyspnée et la limitation à l'effort chez les patients BPCO sévères

La dyspnée est une expérience d'inconfort respiratoire de qualité et d'intensité variable (19). Elle est subjective et varie d'un sujet à l'autre en fonction de facteurs physiologiques, psychologiques, sociaux et environnementaux (20). En plus d'être un élément pronostic car

inclue au score BODE (21), la dyspnée est un facteur majeur de limitation à l'effort (16,22). Par exemple, dans une étude portant sur 105 patients BPCO sévères distendus, 80% d'entre eux arrêtaient l'effort sur une dyspnée intense avec une VO₂ max à 12,6 ml/kg/min alors que les patients sains arrêtaient l'effort sur une fatigue des membres inférieurs avec une VO₂ max plus élevée à 31,3 ml/kg/min (23). La dyspnée est associée à l'altération de la qualité de vie (24) et à une symptomatologie anxio-dépressive (25) altérant en retour la qualité de vie (26,27).

La dyspnée est donc responsable d'un handicap majeur et la souffrance qu'elle inflige amène progressivement le patient à limiter ses activités et à adopter un mode de vie sédentaire provoquant un déconditionnement musculaire, un isolement social avec ses répercussions psychologiques. C'est un cercle vicieux dans lequel s'enferme progressivement le patient et contre lequel il est capital de lutter (28).

a. Évaluation de la dyspnée et de son impact.

La dyspnée est un symptôme multidimensionnel qui combine des dimensions sensorielles et affectives (14,19). Elle peut s'organiser en trois dimensions (29) : la dimension sensorielle : intensité et qualité de la dyspnée (manque d'air, oppression thoracique...), la dimension affective : perception immédiate de la dyspnée (colère, anxiété...) et son impact : limitation fonctionnelle et qualité de vie. L'évaluation de la dyspnée doit donc être multimodale et il existe de nombreuses échelles et questionnaires pour cela (30). L'intensité de la dyspnée peut être mesurée par l'EVA et par l'échelle de Borg au repos et au cours de l'effort (31,32). L'échelle mMRC permet d'évaluer le niveau d'effort lors d'activité de la vie courante pour lequel survient la dyspnée (33). Le handicap qui en résulte est évalué par les échelles Baseline Dyspnea Index (BDI) et Transition Dyspnea Index (TDI) (34). Les composantes sensorielles et affectives de la dyspnée sont évaluées par le questionnaire Multidimensional Dyspnea Profile (MDP) (35,36) et le Dyspnea 12 (37). Le questionnaire de Saint Georges (SGRQ) (38) évalue de manière générale la qualité de vie au cours de la BPCO, affectée par la dyspnée. Le score COPD Assesment Test (CAT) (39) évalue l'impact de la BPCO.

b. Évaluation de la capacité à l'effort

Le test de marche 6 minutes (TM6) (40) est un test d'effort facile à réaliser, bien toléré et reproductible permettant ainsi de suivre l'évolution de la maladie (41). L'épreuve fonctionnelle d'exercice (EFX) (42–44) permet une évaluation objective de la capacité d'exercice par la mesure de la consommation d'oxygène maximale (VO_2 max). Elle est également utile dans l'exploration d'une dyspnée d'effort en étudiant précisément les mécanismes d'intolérance à l'effort, contrairement au TM6 (45).

2. Déterminants de la dyspnée et de la limitation à l'effort chez les patients BPCO

La dyspnée chez les patients BPCO est multifactorielle et on y retrouve en proportion variable, mais bien souvent associées, des limitations ventilatoires, cardio-circulatoires, des anomalies des échanges gazeux et une dysfonction musculaire (22,28,46). La limitation des débits expiratoires (LDE) avec développement d'une distension dynamique est la principale cause de dyspnée et d'intolérance à l'exercice chez les patients BPCO (15,23,28,47,48). Par exemple, dans une étude comparant 23 patients BPCO sévères présentant une LDE et 10 patients sains, on observait au cours de l'effort une corrélation entre l'évolution de la dyspnée, la faible capacité d'effort (VO_2 max à 1L/min vs 2,4L/min) et le développement d'une distension dynamique. La LDE est l'impossibilité pour un patient d'augmenter par une manœuvre volontaire ses débits expiratoires au-delà de ses débits expiratoires lors de la ventilation courante, l'obligeant alors à ventiler à haut volume pulmonaire. Les déterminants de la LDE sont l'augmentation des résistances des voies aériennes et la diminution de la pression de recul élastique pulmonaire (49). Le VEMS reflète mal la LDE ce qui explique sa faible corrélation avec la dyspnée et la capacité d'exercice (28,50,51). La LDE est mieux évaluée par l'étude des petites voies aériennes en oscillations forcées où la réactance, diminuée en cas de distension thoracique, est corrélée à la dyspnée (52).

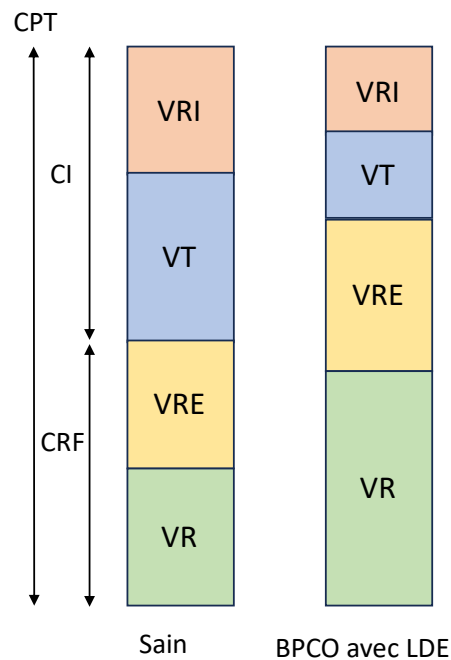
a. La limitation des débits expiratoires et distension dynamique

La distension thoracique correspond à l'augmentation anormale des volumes pulmonaires en fin d'expiration, c'est-à-dire de la CRF (53). La distension statique, liée à l'augmentation de la compliance du parenchyme pulmonaire par l'emphysème, correspond à une élévation du

volume de relaxation au-dessus de la CRF. La distension dynamique apparaît lorsque qu'il existe une LDE. Dans ce cas, le volume de relaxation n'est pas atteint, l'expiration est donc incomplète et chaque inspiration suivante commence alors que la pression alvéolaire est encore supérieure à la pression atmosphérique générant une PEP intrinsèque ou autoPEP. La distension dynamique apparaît ou s'aggrave dans toutes les situations d'hyperventilation où le temps expiratoire est diminué (exercice, agitation, exacerbation, hypoxémie, anxiété...) (53,54). La ventilation à haut volume pulmonaire est coûteuse. En effet en cas de distension, le volume courant se positionne sur la partie haute de la courbe pression-volume obligeant le patient à générer davantage de pression donc d'effort ventilatoire pour générer le même volume ce qui est source de dyspnée (16,28,55). De plus, la distension thoracique provoque un aplatissement et un raccourcissement du diaphragme compromettant sa capacité à générer une force inspiratoire correcte d'autant plus qu'il doit lutter contre l'autoPEP (53,56). La distension a également des répercussions hémodynamiques en affectant la post charge et la pré charge du ventricule droit (57,58).

La distension dynamique est évaluée à l'effort par la mesure à intervalle régulier de la capacité inspiratoire (CI) qui est la somme du volume courant (VT) et du volume de réserve inspiratoire (VRI) (59–61). Au cours de l'exercice chez les sujets sains, le VT s'expand en utilisant une partie du VRE et du VRI, la CI augmente donc. En cas de LDE et du fait de l'augmentation des volumes de fin d'expiration, l'expansion du VT est limitée et le volume minute (VE) ne peut s'accroître qu'en augmentant la fréquence respiratoire mais au prix d'une majoration de la distension dynamique. La contrainte d'expansion du VT, reflet de la distension dynamique, aboutie progressivement à une diminution voire un épuisement du VRI. Lorsque celui-ci devient inférieur à 500 ml, la dyspnée, alors souvent caractérisée par une inspiration insatisfaisante, est jugée intolérable et le patient interrompt l'effort brusquement (47,62). Donc, en considérant que la CPT reste stable au cours de l'effort, on observe en cas de distension dynamique, une diminution progressive de la CI reflétant l'augmentation du volume de fin d'expiration (28,47,62–65) (Figure 1). Dans une étude étudiant 105 patients BPCO sévères (23), la CI diminuait en moyenne de 370 ml soit environ 15% de la valeur théorique.

Figure 1: Comparaison des volumes chez les patients sains et les patients BPCO avec limitation des débits expiratoires lors de l'exercice



Abréviations : VRI (volume de réserve inspiratoire), VT (volume courant), VRE (volume de réserve expiratoire), VR (volume résiduel), CRF (capacité résiduelle fonctionnelle), CI (capacité inspiratoire), CPT (capacité pulmonaire totale)

b. Les anomalies des échanges gazeux

Chez les patients BPCO sévères, les anomalies des échanges gazeux sont majoritairement dues aux inégalités de ventilation et perfusion avec une ventilation excessive de l'espace mort (rapport VD/VT élevé) et aux anomalies de diffusion alvéolo-capillaire (baisse de la DLCO, élévation du $P(A-a)O_2$). Elles sont responsables d'une augmentation de la demande ventilatoire alors que, comme vu précédemment, l'hyperventilation est difficile chez ces patients en raison des contraintes mécaniques imposées par la distension thoracique. (66–69). La restriction à l'expansion du volume courant est responsable de l'apparition ou l'aggravation d'une hypoventilation alvéolaire (62,67,69). Chez 29 patients BPCO sévères avec LDE versus 23 patients BPCO modérés sans LDE, on notait au pic de l'effort une hypoventilation alvéolaire avec une $PaCO_2$ plus élevée (48 vs 38 mmHg), des anomalies de diffusion alvéolo capillaire avec un $P(A-a)O_2$ plus élevé (39 vs 34 mmHg) responsable d'une

hypoxémie avec une PaO₂ plus faible (57 vs 71 mmHg) ainsi qu'une ventilation excessive de l'espace mort avec un rapport VD/VT plus élevé (50 vs 37%) (64).

c. Les comorbidités

Du fait de nombreux facteurs de risque communs, l'insuffisance cardiaque est fréquemment associée à la BPCO et peut être une cause de dyspnée et d'intolérance à l'effort (70). En raison de l'inactivité physique, du déconditionnement musculaire, de la dénutrition, des effets secondaires des corticostéroïdes inhalés, on peut observer chez les patients BPCO une dysfonction musculaire participant à leur dyspnée et à leur intolérance à l'effort. Cette dysfonction musculaire provoque une plus grande accumulation de lactates et donc une acidose métabolique précoce, stimulus ventilatoire supplémentaire au cours de l'effort (22,42,71,72). De plus, le syndrome anxiodépressif, présent chez environ 30% des patients BPCO (73), est corrélé à la dyspnée. En effet, le score HAD est corrélé à la dyspnée chez les patients BPCO sévères (74). La dyspnée pourrait être ressentie de façon plus intense et plus précoce chez ces patients (75). De plus, l'anémie (présente chez 12 à 23% des patients (76)) et la surcharge pondérale, participent également à la dyspnée (77,78).

3. Prise en charge de la BPCO

La prise en charge de la BPCO repose sur les traitements inhalés, le sevrage tabagique, l'équilibre nutritionnel, le maintien d'une activité physique, la mise à jour du calendrier vaccinal et la réadaptation respiratoire (12,30,79,80). Malgré cette prise en charge, certains patients conservent des symptômes invalidants. La dyspnée chronique réfractaire est définie comme une dyspnée sévère persistante plus de 3 mois malgré une prise en charge optimale (81,82). Dans une étude portant sur 120 patients BPCO sévères, 53% d'entre eux souffraient d'une dyspnée sévère (≥ 3 mMRC) et parmi eux 64% souffraient d'une dyspnée chronique réfractaire (74). Dans ce cas-là, outre la possibilité de traitement morphinique (12), les traitements interventionnels (chirurgicaux et endoscopiques) doivent être discutés (83).

4. La chirurgie de réduction volumique d'emphysème

Elle consiste en la résection des zones pulmonaires distendues et non fonctionnelles du parenchyme pulmonaire. En diminuant les zones peu perfusées, cette chirurgie permet

d'améliorer les rapports ventilation perfusion en autorisant la redistribution de la ventilation vers les zones adjacentes mieux perfusées. La résection des zones distendues permet une réduction de la distension thoracique autorisant alors une meilleure configuration du parenchyme restant, des voies aériennes et du diaphragme ainsi qu'une décompression des cavités droites. La force de rétraction élastique pulmonaire est également améliorée permettant une amélioration des débits expiratoires (49,84–86). La chirurgie de réduction volumique d'emphysème permet ainsi une amélioration de la dyspnée, de la tolérance à l'effort et de la qualité de vie corrélés à une amélioration de la distension thoracique (87–95). Cependant, cette technique chirurgicale est onéreuse et à haut risque chez ces patients déjà fragiles et ne s'envisage donc que chez des patients bien sélectionnés. Par exemple, dans l'étude NETT (90), la mortalité à 90 jours était de 28,6% chez les patients ayant un VEMS et une DLCO < à 20% ou un emphysème homogène. Ces inconvénients ont permis l'ascension des techniques endoscopiques.

5. Les valves endobronchiques

Le seul traitement endoscopique remboursé en France est la pose de valves endobronchiques (VEB). Cette technique réversible consiste en l'insertion de plusieurs valves unidirectionnelles dans les bronches proximales du ou des lobes cibles. Cette technique réversible consiste en l'insertion de plusieurs valves unidirectionnelles dans les bronches proximales du ou des lobes cibles. Elles permettent une réduction volumique voire au maximum une atélectasie complète du lobe traité en autorisant la sortie d'air à l'expiration tout en empêchant son entrée à l'inspiration. De la même façon que la chirurgie, cette technique permet d'améliorer les rapports ventilation et perfusion, de réduire la distension thoracique avec une amélioration de la configuration diaphragmatique et d'améliorer la force de rétraction élastique pulmonaire permettant une amélioration des débits expiratoire (49,96,97).

Selon les recommandations (98,99), les indications à la pose de VEB sont : les patients BPCO sévères avec un VEMS entre 15 et 50%, distendus avec un VR \geq à 175 %, avec une dyspnée attribuée à la distension thoracique \geq 2 au mMRC et qui persiste malgré un traitement optimal comprenant une réadaptation respiratoire depuis moins de 2 ans. La distance parcourue au

test de marche doit être supérieure à 100 mètres, la PaO₂ supérieure à 45 mmHg et la PaCO₂ inférieure à 60 mmHg. Les patients ne doivent pas avoir plus de 2 exacerbations par an ni être colonisés par des germes particuliers. Ils ne doivent pas non plus avoir de maladies cardiovasculaires instables, d'hypertension pulmonaire sévère, de fibrose pulmonaire, d'emphysème bulleux sévère supérieur à 1/3 du thorax et de nodules suspects.

a. Procédure et effets indésirables

Le lobe cible ne doit pas avoir de ventilation collatérale avec les lobes adjacents et doit dans l'idéal être celui participant le moins à l'hématose. Pour cela, sont réalisés un scanner thoracique haute résolution et une scintigraphie ventilation/perfusion dont les images sont étudiées grâce à la plateforme d'analyse pulmonaire StratX[®] (service d'analyse tomodensitométrie quantitative apportant des informations sur l'intégrité des scissures, la destruction emphysemateuse et le volume lobaire). L'absence de ventilation collatérale est confirmée en per procédure grâce au système CHARTIS[®] (mesure du flux résiduel lors de l'occlusion d'un ballonnet) (100,101). Les valves sont posées sous anesthésie générale à l'aide d'un endoscope souple, la taille des valves est laissée à l'appréciation de l'opérateur. Les effets secondaires les plus fréquemment rapportés sont les exacerbations de BPCO et les pneumonies infectieuses (20%), les pneumothorax (20-30% et 80% dans les 48 heures), les hémoptysies, la migration de valve et rarement le décès (100). La procédure se fait en deux temps à 1 mois d'intervalle afin de limiter le risque de pneumothorax (102). Le retrait des valves doit être discuté en cas de complications (mauvaise évolution d'un pneumothorax ou d'une pneumonie par exemple) ou en cas de manque d'efficacité. Selon une étude (103), le retrait des valves s'était imposé chez 22% des patients pour complications ou inefficacité.

b. Efficacité des VEB

Les valves endobronchiques permettent de diminuer l'obstruction bronchique et la distension thoracique avec un VEMS et un VR améliorés respectivement de 8,7% à 20% et de 260 à 660 ml entre 3 et 12 mois (104–109). Dans une méta analyse (110) le VEMS et le VR s'amélioraient respectivement de 17% et de 530 ml. Les valves permettent également d'améliorer la dyspnée avec une diminution de 0,4 à 0,8 point sur l'échelle mMRC (104–109) et une augmentation de

2,3 points au TDI (111). La qualité de vie est améliorée avec une diminution du SGRQ de 4,4 à 14,7 points (104–109) et de 8,7 points dans une méta analyse (110). La capacité à l'effort est améliorée avec un gain de 9 à 60 mètres de la distance parcourue au TM6 (104–109) et de 49,7 mètres dans une méta analyse (110). Une seule étude a évalué la capacité à l'exercice par la VO₂ pic et celle-ci se n'améliorait pas (112). Pourtant, l'EFX et le test de marche sont des évaluations complémentaires. L'amélioration de la dyspnée, de la qualité de vie ainsi que de la capacité à l'effort, sont liées à l'amélioration de la distension thoracique (111). Peu d'études ont évalué l'évolution de la distension dynamique lors d'une épreuve d'effort sur cycloergomètre. Une étude récente (112) montre une amélioration de la distension dynamique (diminution du volume de fin d'expiration de 658 ml et augmentation de la CI au pic de 159 ml), 3 mois après la pose de VEB (112). Une étude (113), a montré une corrélation entre l'amélioration de la capacité à l'effort évaluée par le temps d'endurance sur cyclo ergomètre, et l'amélioration de la distension de repos (baisse du VR de 570 ml) mais également de la distension dynamique (baisse volume de fin d'expiration au pic de 420 ml).

6. Objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude était de décrire l'évolution de la capacité d'exercice grâce à la VO₂ obtenue au pic de l'effort après la pose de valves endobronchiques chez les patients BPCO sévères.

Les objectifs secondaires étaient d'étudier l'évolution de la dyspnée de façon multimodale, de la qualité de vie, des paramètres fonctionnels de repos et d'exercice après la pose de valves endobronchiques

MATÉRIELS ET MÉTHODES

1. Type d'étude et population étudiée

Il s'agissait d'une étude observationnelle descriptive monocentrique menée au Centre Hospitalier Universitaire de Lille du 27 Septembre 2018 au 17 Novembre 2022. La population étudiée était les patients BPCO sévères traités par valves endobronchiques à visée de réduction volumique d'emphysème.

2. Parcours de soins

Les patients potentiellement éligibles au traitement par valves endobronchiques sont évalués en hôpital de jour où sont réalisés des questionnaires de dyspnée et de qualité de vie, des explorations fonctionnelles respiratoires de repos, un test de marche 6 minutes, une épreuve fonctionnelle d'exercice avec mesure des capacités inspiratoires et gaz du sang, un scanner thoracique injecté (ensuite analysé sur le logiciel StratX[®]), une scintigraphie pulmonaire de ventilation et perfusion, une échographie cardiaque, un bilan sanguin avec dosage de l'alpha 1 antitrypsine. L'indication à la pose de VEB est retenue en RCP de BPCO sévères. Selon les recommandations (100), les patients sont réévalués à 1 mois, 3 mois, 6 mois puis à 12 mois. Les réévaluations à 1 mois, 3 mois et 12 mois se font généralement en consultation avec évaluation clinique et radiographique. La réévaluation à 6 mois se fait en hôpital de jour où sont de nouveau réalisés une évaluation clinique, les questionnaires de dyspnée et de qualité de vie, les épreuves fonctionnelles respiratoires, une épreuve fonctionnelle d'exercice, un test de marche 6 minutes ainsi qu'une radiographie thoracique ou un scanner thoracique. Le retrait des valves est discuté selon les recommandations (100).

3. Critères d'inclusion

Les patients inclus étaient les patients BPCO sévères traités par valves endobronchiques à visée de réduction de volume pulmonaire et qui avaient bénéficié d'une EFX avant et après la pose de valves endobronchiques.

4. Critères d'exclusion

Les patients exclus étaient les patients qui n'avaient pas bénéficié d'EFX après la pose de valves endobronchiques (retrait de valves, refus, raison inconnue).

5. Données recueillies

Les données étaient recueillies dans les dossiers médicaux avant la procédure, lors de la procédure puis lors de la réévaluation entre 3 et 12 mois.

a. Données démographiques et cliniques

- L'âge, le sexe, la taille, le poids, l'IMC, le statut tabagique, les traitements, les comorbidités et les données échocardiographiques
- Les effets secondaires du traitement et la nécessité de ré-intervention (changement ou retrait de valve)

b. Échelles et questionnaires de dyspnée et de qualité de vie

- L'échelle modified Medical Research Council (mMRC) (33) : elle grade de 0 à 4 l'intensité de la dyspnée d'effort survenant lors des activités de la vie quotidienne. Le stade 0 correspondant à une dyspnée pour des efforts soutenus, le stade 1 à une dyspnée lors de la marche rapide sur terrain plat ou en pente douce, le stade 2 à une dyspnée à la marche sur terrain plat en suivant quelqu'un de son âge, le stade 3 à une dyspnée obligeant un arrêt à moins de 90m et le stade 4 à une dyspnée au moindre effort. (Annexe 1)
- Les échelles Baseline Dyspnea Index (BDI) et Transition Dyspnea Index (TDI) (34) : elles évaluent l'impact de la dyspnée sur la vie quotidienne. Elles étudient le handicap fonctionnel, l'amplitude de l'effort et l'amplitude de l'activité déclenchant la dyspnée (20). Le patient cote pour chacune des trois parties le degré de sévérité de son handicap allant de 0 (situation la plus grave) à 4 (aucun handicap). Le score total est obtenu en additionnant les trois parties (compris entre 0 et 12). Le TDI décrit l'évolution du handicap au cours du suivi : le patient cote pour chacune des parties entre -3 (détérioration majeure) et +3 (amélioration majeure). Le score total est également obtenu en additionnant le score de chaque partie (compris entre -9 et +9). (Annexe 2 et 3)

- Le questionnaire Multidimensionnal Dyspnea Profile (MDP) (35,36) : il étudie les aspects émotionnels et affectifs d'un épisode de dyspnée intense survenue dans les 15 derniers jours. L'échelle A1 mesure l'inconfort immédiat lié à la dyspnée (de 0 : non insupportable ni gênant, à 10 : insupportable). L'échelle QS, mesure la composante sensorielle de cet épisode de dyspnée. Chaque sensation (effort physique, manque d'air, oppression thoracique, effort mental, respiration forte) est cotée de 0 à 10 et ensuite ces scores sont additionnés pour un score QS total de 0 à 50. L'échelle A2 mesure la réponse émotionnelle à cet épisode de dyspnée. Chaque émotion (dépression, anxiété, frustration, colère, peur) est cotée de 0 à 10 et ces scores sont additionnés pour un score A2 total de 0 à 50. Les scores totaux sont ensuite additionnés pour obtenir le score MDP total. (Annexe 4)
- Le questionnaire COPD Assesment Test (CAT) (39) : auto questionnaire étudiant l'impact des symptômes de BPCO. Il comprend 8 items gradés de 0 à 5 (5 traduisant un fort impact). Le score total est donc compris entre 0 et 40. Un score total compris entre 0 et 9 traduit un faible impact, un score entre 10 et 20 un impact moyen et un score supérieur à 21 traduit un impact important. On retrouve parmi les items la toux, les expectorations, l'oppression thoracique, la dyspnée, l'inquiétude, le sommeil, l'énergie et les activités. (Annexe 5)
- L'échelle Hospital and Anxiety and Depression (HAD) (114) : elle est composée de deux domaines, que sont l'anxiété (HAD-A) et la dépression (HAD-D) chacun coté de 0 à 21. Pour chacun des scores, un score supérieur à 11/21 évoque une symptomatologie certaine d'anxiété et de dépression, un score inférieur à 7 est normal et un score entre 8 et 10 est douteux. (Annexe 6)
- Le questionnaire de qualité de vie de Saint Georges (SGRQ) (38,115) : c'est un test spécifique de la BPCO. Il est composé de 3 domaines : symptôme, activité et impact. Le domaine « symptôme » aborde les réactions aux symptômes respiratoires sur les 12 derniers mois, le domaine « activité » mesure l'impact de la BPCO sur les capacités physiques fonctionnels dans les activités de la vie quotidienne et le domaine « impact » mesure les conséquences de la BPCO sur la vie quotidienne (115). Chaque réponse à une

question est affectée d'un poids différent entre 0 (poids minimum) et 100 (poids maximum) et chaque domaine possède un score maximal possible. Le score total d'un domaine est exprimé en pourcentage du score maximal du domaine. Le score total du questionnaire est obtenu en additionnant le score total de chaque domaine et est exprimé en pourcentage du score maximal possible du questionnaire. Un score de 100% traduit une qualité de vie très dégradée et un score de 0% une qualité de vie optimale. (Annexe 7)

- L'échelle de Borg (31) : recueillie au pic de l'effort. Cette échelle permet au patient de coter de 0 à 10 l'intensité ressentie de sa dyspnée ou de sa fatigue des membres inférieurs. Un score à 0 indique une intensité nulle et un score à 10 indique une intensité maximale. (Annexe 8)

c. Paramètres fonctionnels respiratoires de repos

- Sur la spirométrie : le VEMS pré bronchodilatateur, la CVF (8,30,116) (en L et pourcentage de la théorique), le rapport VEMS/CVF en pourcentage. Un trouble ventilatoire obstructif était défini par un VEMS/CVF < à 70%. Il était sévère si le VEMS était \leq à 50% et très sévère si il était \leq à 30% (8).
- Sur la pléthysmographie : le VR, la CRF, la CPT (en L et pourcentage de la théorique), le rapport VR/CPT en pourcentage (30). Une distension thoracique était définie par une CRF supérieure à 120%.
- La DLCO (30,117) (en ml/(min*mmHg) et en pourcentage de la théorique). Elle est considérée comme altérée si inférieure à 80%.
- Les données d'oscillations forcées (52,118) (119,120) : les résistances à 5 Hertz (R5) et à 20 Hertz (R20), la réactance à 5 Hertz (X5) en cmH₂O.s/L et en pourcentage de la théorique, la différence entre R5 et R20 (R5-20) en cmH₂O.s/L, AX en cmH₂O/L et la fréquence de résonance (Fres). R5 (résistance totale des voies respiratoires) et R20 (résistance des voies aériennes proximales) étaient considérées comme élevées si supérieures à 150% de la théorique, R5-20 (résistances des voies aériennes distales) était considérée comme élevée si supérieure à 0,07 cmH₂O.s/L, X5 (élastance et inertance du système respiratoire) était considérée comme anormal si inférieure à - 0,2 cmH₂O/L. AX

(élastance du système respiratoire) était considérée comme anormale si supérieure à 0,33 cmH₂O/L, Fres était considérée comme anormal si supérieure à 12 Hertz.

d. Paramètres fonctionnels d'exercice

i. Sur le TM6

Il est réalisé avec ou sans oxygène (121). Il a été recueilli la distance parcourue en mètre et le nadir de désaturation.

ii. Sur les EFX

L'épreuve fonctionnelle d'exercice incrémentale était réalisée sur un cyclo ergomètre avec monitoring en continu de la ventilation (VE) et des gaz expirés (FeO₂ et FeCO₂), de la saturation artérielle en oxygène (SaO₂), de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle et de l'électrocardiogramme 12 dérivations. Un gaz du sang (artériel ou capillaire) était réalisé au repos et au pic de l'effort. L'incrément était déterminé selon les patients (122).

Les données de l'EFX ont été recueillies selon les recommandations de l'American Thoracic Society (43,123). Les données étaient recueillies au repos et au pic, le seuil ventilatoire n'étant généralement pas individualisable chez ces patients.

- La durée de l'exercice en minutes, la pente $\Delta VO_2/\Delta Watts$, la puissance atteinte au pic en Watt, la dyspnée et la fatigue des membres inférieurs sur l'échelle de Borg au pic. L'épreuve était considérée comme maximale selon les recommandations de l'ATS (43).
- Aptitude aérobie : la VO₂ en ml/kg/min, en ml/min et en pourcentage de la théorique au repos et au pic. L'aptitude aérobie était considérée comme altérée si la VO₂ max était inférieure à 84% de la théorique. Elle était modérément altérée si la VO₂ pic était entre 60 et 84% de la théorique, sévèrement altérée si elle était entre 40 et 60% de la théorique et très sévèrement altérée si elle était inférieure à 40% de la théorique.
- Adaptation ventilatoire : la ventilation (VE) en L/min, la fréquence respiratoire (FR) en cycles/minute, le volume courant (VT) en ml, au repos et au pic, l'équivalent respiratoire en oxygène (VE/VO₂) au pic et la réserve ventilatoire (RV) (avec $RV = ((VMM - VE_{pic})/VMM)$ où VMM (ventilation maximale minute) = VEMS * 35) (123). La réserve ventilatoire était considérée comme épuisée si elle était inférieure à 15% (43,44,123).

- Évaluation de la distension dynamique : la capacité inspiratoire (CI) en ml mesurée par spirométrie au repos puis toutes les 2 minutes puis au pic (généralement mesurée un peu avant le pic), le volume de réserve inspiratoire (VRI) (avec $VRI = CI - VT$) au repos et au pic. Une distension dynamique était définie par une chute de la CI de plus de 150 ml et un épuisement du VRI en deçà de 500 ml (44,53,60,123,124).
- Adaptation cardio-circulatoire : le pouls d'oxygène (VO_2/FC) au pic en pourcentage de la théorique et sa cinétique, la fréquence cardiaque (FC) au repos et au pic et en pourcentage de la FC maximale théorique (FMT) (avec $FMT = 220 - \text{âge}$), la pente $\Delta FC/\Delta VO_2$, les éventuelles anomalies ECG. Une anomalie du pouls d'oxygène était suspectée devant sa chute ou a stagnation au cours de l'effort, et une valeur au pic de l'effort inférieure à 70%.
- Échanges gazeux : la PaO_2 et la $PaCO_2$ en mmHg, le pH et la lactactémie en mmol/L, le gradient de pression alvéolo-artériel en oxygène ($P(A-a)O_2$) en mmHg, le rapport VD/VT en pourcentage au repos et au pic. Une hypoxémie était définie par une $PaO_2 < 70$ mmHg et une hypercapnie par une $PaCO_2 > 45$ mmHg. Le $P(A-a)O_2$ était considéré comme élevé si > 30 mmHg au pic (125). Un rapport VD/VT était considéré anormal si $> 40\%$ au repos et $> 30\%$ au pic et si il ne diminue pas au cours de l'effort (43).

e. Données de l'imagerie

- Les données du scanner thoracique avec analyse par le logiciel StratX[®] : le caractère complet ou non des scissures en pourcentage, le pourcentage d'emphysème (- 910 UH) et le volume du ou des lobes cibles
- Les données de la scintigraphie pulmonaire ventilation perfusion : le pourcentage de ventilation et de perfusion des lobes supérieurs ou inférieurs
- La présence ou non d'une atelectasie du ou des lobes cibles au cours du suivi
- Le volume du ou des lobes cibles après la procédure

6. Critère de jugement principal

Le critère de jugement principal était l'évolution de la consommation d'oxygène (VO_2) au pic de l'effort lors de l'épreuve d'effort, en valeur relative, 3 à 12 mois après la pose de valves endobronchiques.

7. Critères de jugement secondaires

- Évolution de la dyspnée, des symptômes et de la qualité de vie : le score mMRC, les scores A1, A2, QS et total du questionnaire MDP, le score BDI/TDI, les scores symptôme, activité, impact et total du questionnaire Saint Georges, le score CAT et le score HAD-A et HAD-D et le total du questionnaire HAD
- Évolution des paramètres fonctionnels de repos : VEMS, CVF, VEMS/CVF, VR, CRF, CPT, VR/CPT, R5, R20, R5-20, X5, Fres, AX ainsi que la DLCO
- Évolution des paramètres fonctionnels d'exercice sur le TM6 : distance parcourue, nadir de désaturation.
- Évolution des paramètres fonctionnels d'exercice sur les EFX : Watts, durée, Borg dyspnée et fatigue des MI, VE, VT, FR au repos et au pic, VE/VO₂ au pic, CI au repos et au pic et la chute de la CI du repos au pic, le VRI au repos et au pic, la PaO₂ et la PaCO₂ au repos et au pic, le P(A-a)O₂ et le VD/VT au pic, le VE/VCO₂ au pic, la FC au pic et en pourcentage de la FMT, le VO₂/FC au pic, le $\Delta FC/\Delta VO_2$ au pic.
- Effets indésirables

8. Analyses statistiques

Les variables qualitatives ont été décrites en termes de fréquence et de pourcentage, les variables quantitatives ont été décrites en termes de médiane et d'intervalles interquartiles. Les comparaisons entre les variables avant et après traitement ont été étudiées à l'aide du test des rangs signés de Wilcoxon. Les tests bilatéraux ont été réalisés avec un niveau de significativité de 5%. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SPSS Statistics (IBM version 22). Les analyses statistiques ont également été réalisés chez les patients atelectasiés.

Nous avons également rapporté le nombre de patients ayant atteint la différence minimale cliniquement importante : mMRC \geq 1 point(s) (126), CAT \geq 2 points (127) SGRQ \geq 4 points (128), VEMS \geq 12% (106) et VR \geq 350 ml (129), TM6 \geq 26 mètres (130), charge maximale \geq 4 Watts, VO₂ pic \geq 40 L/min (90) Borg dyspnée max \geq 1 point(s) (32).

9. Éthique

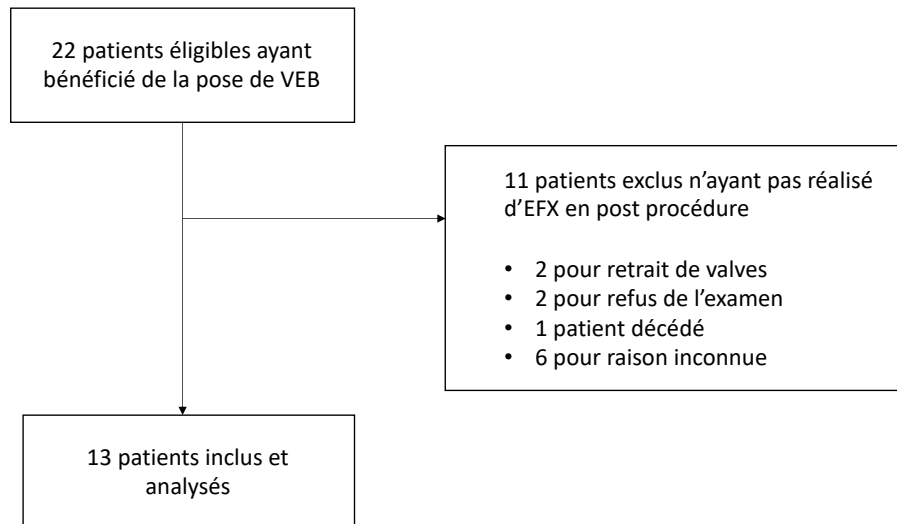
Les patients étaient informés via leurs courriers médicaux que leurs données pouvaient être utilisées à des fins de recherches et qu'ils étaient libres de s'y opposer par courrier. Les données recueillies étaient anonymisées dès l'inclusion.

RÉSULTATS

1. Description de la population

Sur les 24 patients ayant bénéficié de la pose de valves endobronchiques à visée de réduction volumique d'emphysème au CHU de Lille entre le 29 Mars 2018 et le 17 Novembre 2022 ,11 patients ont été exclus de l'étude car n'avaient pas réalisé d'EFX après la procédure : 2 pour retrait des valves (1 pour pneumothorax persistant, 1 pour découverte de nodule), 2 pour refus de l'examen, 1 patient était décédé et 6 patients pour une raison inconnue. L'étude portait donc sur 13 patients (Figure 2). Les caractéristiques socio démographiques et cliniques initiales sont rapportées dans le Tableau 1.

Figure 2 : Flow chart



2. La procédure

Les caractéristiques initiales de l'imagerie et de la procédure sont rapportées dans le Tableau 1. Le lobe inférieur gauche était le lobe le plus fréquemment valvé. L'ensemble des patients avaient des scissures complètes lors de l'étude StratX[®] et l'absence de ventilation collatérale lors de la mesure du flux résiduel lors de l'occlusion d'un ballonnet en per procédure par le système Chartis[®].

Tableau 1 : Caractéristiques socio-démographiques et cliniques de la population à l'inclusion. Les données sont exprimées en effectif ou médiane [1^{er} quartile-3^{ème} quartile]

Sexe	
Homme	7
Femme	6
Âge (ans)	63 [59-69]
Taille (m)	1,65 [1,61-1,74]
Poids (kg)	56 [52-72]
IMC (kg/m²)	19 [18-28]
Tabac	
Sevrage	13
Paquets année	42 [40-47]
Traitements	
Triothérapie (BDLA, MLA et CSI)	8
Bithérapie (BDLA et MLA)	5
Azithromycine	1
Oxygène	7
Effort	7
Repos	2
Ventilation non invasive	2
Réadaptation respiratoire < 2 ans	13
Comorbidités	
Hypertension artérielle	3
Artérite des membres inférieurs	2
Cardiopathie	1
PAPs (mmHg)	36 [34-38]
Ostéoporose	4
Polyarthrite rhumatoïde	1
Procédure	
1 temps	2
2 temps	11
Nombre de valves	5 [4-6]
Lobe(s) cible(s)	
LID	2
LSD	2
LSD + LM	3
LIG	4
LSG	2
Volume lobe(s) cible(s) (ml)	1531 [1478-1726]
% Emphysème < 910 UH lobe(s) cible(s)	57% [52-62]
Scissures complètes (StratX [®] et Chartis [®])	13

Abréviations : IMC (indice de masse corporelle), BDLA (bronchodilatateurs de longue durée d'action), MLA (anti muscariniques de longue durée d'action), CSI (corticostéroïdes inhalés), PAPs (Pression Artérielle Pulmonaire Systolique), LID (lobe inférieur droit), LSD (lobe supérieur droit), LM (lobe moyen), LIG (lobe inférieur gauche), LSG (lobe supérieur gauche)

3. Effets indésirables

Entre le traitement et la réévaluation, au total 9 patients ont eu au moins un évènement indésirable. Lors de la procédure initiale, 3 patients ont fait un pneumothorax (2 de résolution spontanée et 1 ayant nécessité le retrait des valves dans l'un des lobes cibles (lobe moyen) car persistant). Un patient a fait une détresse respiratoire aiguë hypercapnique d'évolution favorable. L'évènement le plus rapporté est l'exacerbation de BPCO qui s'est produite au total chez 8 patients de la procédure jusqu'à la réévaluation : 3 patients au décours de la procédure et 7 patients au cours du suivi (1 patient en a fait 3, 3 patients en ont fait 2 et 3 patients en ont fait 1). Les patients ayant fait 3 et 2 exacerbations en avaient fait une au décours de la procédure. Une hémoptysie de très faible abondance s'est produite chez 2 patients (un au décours de la procédure et un au cours du suivi). Un patient a eu une expectoration de valve (sans repose). Un changement de valve(s) a dû être réalisé chez 2 patients sur absence d'atélectasie. (Tableau 2)

Tableau 2 : Évènements indésirables lors de la procédure et au cours du suivi.
Les données sont exprimées en effectif (n) et pourcentage. Total correspond au nombre total de patient ayant eu l'évènement de la procédure jusqu'à la réévaluation.

		Pose	Réévaluation	Total
Événements	n	6	6	9
	%	46	46	69
Pneumothorax	n	3	0	3
	%	23	0	23
Détresse respiratoire aiguë	n	1	0	1
	%	7	0	7
Exacerbation	n	3	7	8
	%	23	53	61
Hémoptysie	n	1	1	2
	%	7	7	15
Remplacement de valve(s)	n	0	2	2
	%	0	15	15
Retrait de valve(s)	n	1	0	1
	%	7	0	7
Expectoration de valve(s)	n	0	1	1
	%	0	7	7

4. Évaluation initiale de la dyspnée

Les résultats des questionnaires sont rapportés dans le Tableau 3.

Le score mMRC était de 4 [3-4], indiquant une dyspnée sévère au moindre effort. Il était de 4 chez 9 patients, de 3 chez 3 patients et de 1 chez 1 patient.

Concernant le questionnaire MDP, le score total était de 43 [36,5-58]. L'inconfort immédiat lors du pire épisode de dyspnée dans les 15 derniers jours était de 7/10 [5,7-7,2]. La principale composante sensorielle de cet épisode de dyspnée (échelle QS) était le manque d'air coté à 6/10 [2-7] puis l'effort musculaire respiratoire à 5/10 [0-6], et l'oppression thoracique à 5/10 [0-7], la sensation de respiration forte à 4/10 [2-8]. Le score QS total était de 21/50 [10-32]. L'émotion la plus intensément ressentie lors de cet épisode de dyspnée était la frustration cotée à 6/10 [3-8], puis la colère à 4,5/10 [1,7-8,2], l'anxiété à de 3/10 [0,7-6,2]. Le score A2 total était de 15/50 [8-25]. Le questionnaire MDP n'a pas été rempli chez 1 patient et n'a pas été rempli de façon complète chez 3 patients.

5. Évaluation initiale de l'impact et de la qualité de vie

Les résultats des questionnaires sont rapportés dans le Tableau 3.

Le score BDI total était de 3 [2-4]. Le handicap fonctionnel était de 1 [0-1] indiquant un grave handicap, l'amplitude de l'activité et de l'effort déclenchant la dyspnée était légère avec une médiane de 1 [1-1] pour chacun des scores. Le score BDI n'a pas été rempli chez 1 patient et était non complet chez 1 patient.

Le score total du SGRQ était de 53% du score maximal possible du questionnaire [49-68] traduisant une altération de la qualité de vie. Le domaine symptôme avait un score de 37% du score maximal possible du domaine [28-43]. Le domaine activité avait un score de 92% du score maximal possible du domaine [76-93] soit un retentissement majeur de la maladie sur les activités physiques de la vie quotidienne. Le domaine impact avait un score de 41% du score maximal possible du domaine [32-55].

Le score HAD total était de 13/42 [11-17] avec un score anxiété (HAD-A) de 7/21 [4-8] et un score dépression (HAD-D) de 7/21 [4,5-11,5]. Le HAD-A était \geq à 11 chez 1 patient indiquant une symptomatologie anxieuse certaine et douteuse chez 4 patients avec un score entre 8 et

10. Le HAD-D était \geq à 11 chez 3 patients indiquant une symptomatologie dépressive certaine et douteuse chez 3 patients avec un score entre 8 et 10.

Le score CAT total était de 19/40 [15-22] indiquant un impact moyen de la maladie sur la vie des patients.

6. Paramètres fonctionnels respiratoires de repos initiaux

Les paramètres fonctionnels respiratoires de repos sont rapportés dans le Tableau 4.

a. Spirométrie, pléthysmographie, DLCO

Le VEMS était à 0,74L [0,59-0,94] soit 30% de la théorique [24-36], la CVF était à 2,12L [1,81-2,68] soit 71% de la théorique [64-86]. Le rapport VEMS/CVF était à 36% [27-40]. Tous les patients avaient un trouble ventilatoire obstructif sévère ($VEMS \leq$ à 50%) et parmi eux, 7 patients avaient un trouble ventilatoire obstructif très sévère ($VEMS \leq$ à 30%). Le VR était à 5,66L [4,8-6,2] soit 252% de la théorique [227-301], la CRF à 6,62L [5,59-7,29] soit 212 % de la théorique [189-243], la CPT à 8L [6,8-8,88] soit 136% de la théorique [128-156] et le VR/CPT à 70% [63-71]. Les patients présentaient donc une distension thoracique sévère. La DLCO était à 7 ml/(min*mmHg) [6-7,4] soit 29% de la théorique [26-34] indiquant une altération sévère des échanges gazeux. Elle n'a pas pu être réalisée chez 1 patient.

b. Oscillations forcées

Les résistances à 5 Hertz (R5) étaient élevées à 0,52 cmH₂O.s/L [0,44-0,68] soit 221 % de la théorique [176-263] traduisant une augmentation des résistances totales des voies aériennes. Les résistances à 20 Hertz (R20) étaient normales à 0,34 cmH₂O.s/L [0,27-0,42] soit 127% de la théorique [109-147] soit des résistances des voies aériennes proximales normales et la différence des résistances à 5 Hertz et à 20 Hertz étaient élevées à 0,21 cmH₂O.s/L [0,15-0,30] traduisant une augmentation des résistances des voies aériennes distales. La réactance à 5 Hertz (X5) était élevée à -0,28 cmH₂O/(L/s) [-0,39 ; -0,17], AX était élevée à 3,2 cmH₂O/L [2,6-4,8] et Fres également à 30 [28-35].

7. Paramètres fonctionnels d'exercice initiaux

a. Test de marche 6 minutes

La distance parcourue était de 265 mètres [155-380] et le nadir de désaturation était de 89% [83-92]. Le test de marche a été réalisé sous oxygène chez 3 patients (Tableau 5).

b. Épreuves fonctionnelles d'exercice

i. Charge et critères de maximalité

Les paramètres fonctionnels d'exercice sont rapportés dans le Tableau 6.

L'incrément (pente Watts/min) était de 5 Watts/min pour 11 patients, de 7,5 Watts/min pour 1 patient et de 10Watts/min pour 1 patient. La puissance atteinte au pic de l'effort était de 28 Watts [20-42] soit 30 % de la théorique [20-45] avec une durée médiane de l'effort de 6 minutes [4,5-9]. La pente VO₂/Watt était supérieure à 12 ml/min/W chez 8 patients.

En fin d'effort, la majorité des patients (11/13) présentaient un score de Borg de dyspnée (8/10 [8-9]) plus élevé que le score de Borg de fatigue des membres inférieurs (4/10 [1,5-6,5]). L'épreuve était limitée par la clinique et la ventilation. Seul 1 patient avait un critère de maximalité métabolique (lactatémie au pic > 8 mmol/l (médiane à 3,6 mmol/L [2,5-5] au pic)) et aucun patient n'atteignait sa fréquence cardiaque maximale.

ii. Capacité d'exercice : VO₂ pic

La VO₂ pic était de 12,8 ml/kg/min [10,7-16,7], de 733 ml/min [684-919] soit 58 % de la théorique [48-64] traduisant une altération sévère de l'aptitude aérobie. 5 patients avaient une aptitude aérobie modérément altérée (VO₂ pic entre 60 et 84% de la théorique) et 8 patients avaient une aptitude aérobie sévèrement altérée (VO₂ pic entre 40 et 60% de la théorique).

iii. Adaptation ventilatoire

Pour la majorité des patients (10/13), il n'y avait pas de seuil ventilatoire individualisable par arrêt précoce de l'effort.

Le volume courant (VT) augmentait de 724 ml [599-1263] au repos, à 1000 ml [825-1541] au pic soit 51 % [44-60] de la CVF. La fréquence respiratoire (FR) augmentait jusque 30 cycles/min [27-36] au pic. La réserve ventilatoire (RV) était épuisée chez la totalité des patients au pic à -23% de la ventilation maximale théorique [-32 ; -12].

Une distension dynamique a été recherchée chez 8 patients. La capacité inspiratoire (CI) diminuait de 1795 ml [1443-2125] au repos à 1435 ml [950-1833] au pic, soit une diminution de 385 ml [508-158]. Elle chutait de plus de 150 ml chez tous les patients. Le volume de réserve inspiratoire (VRI) diminuait de 874 ml [227-507] au repos à 195 ml [52-397] au pic. Chez la totalité des patients, le VRI au pic était épuisé c'est-à-dire inférieur à 500 ml.

iv. Échanges gazeux

On notait une ventilation excessive d'espace mort dès le repos avec un rapport VD/VT élevé à 58% [47-61] au repos et ne diminuant pas au cours de l'effort à 58% [43-59] au pic. Le gradient de pression alvéolo artériel en oxygène (P(A-a)O₂) était élevé au pic à 35 mmHg [27-40] avec une hypoxémie : PaO₂ à 66 mmHg [61-77] au repos et à 66 mmHg [57-68] au pic de l'effort. La PaO₂ était ≤ à 70 mmHg chez 7 patients au repos et 11 patients au pic. La PaCO₂ était normale à 40 mmHg [37-44] au repos et à 44 mmHg [42-49] au pic. La PaCO₂ était ≥ à 45 mmHg chez 2 patients au repos et 6 patients au pic.

v. Adaptation cardio-circulatoire

La fréquence cardiaque au pic (FC max) était à 117 bpm [104-132] soit 76% [65-83] de la fréquence cardiaque maximale théorique (FMT). Le pouls d'oxygène (VO₂/FC) augmentait de 3,9 ml/bpm [3,1-4,7] au repos à 7,3 ml/bpm [5,8-7,9] au pic soit à 73 % de la théorique [67-86] au pic. La cinétique du pouls d'oxygène était normale chez 12 patients et chutait chez 1 patient aux alentours du pic avec une augmentation en récupération. La réponse du rythme cardiaque par rapport la VO₂ évaluée par la pente $\Delta FC/\Delta VO_2$ était élevée au pic à 63 [42-68] témoignant d'une réponse hyperkinétique. Chez un patient, une tachycardie supra ventriculaire asymptomatique est apparue au cours de l'effort se normalisant au repos pour laquelle la réalisation d'un holter rythmique a été proposée. Des extra systoles auriculaires et ventriculaires asymptomatiques sont apparues chez respectivement 1 et 4 patients.

8. Évaluation en post procédure

La majorité des patients étaient réévalués à 6 mois de la pose de valves endobronchiques (7/13), 1 patients étaient réévalués à 3 mois, 2 patients à 8 mois et 3 patients à 12 mois. Le poids au moment de la réévaluation était de 60 kg [55-72] et augmentait de façon non

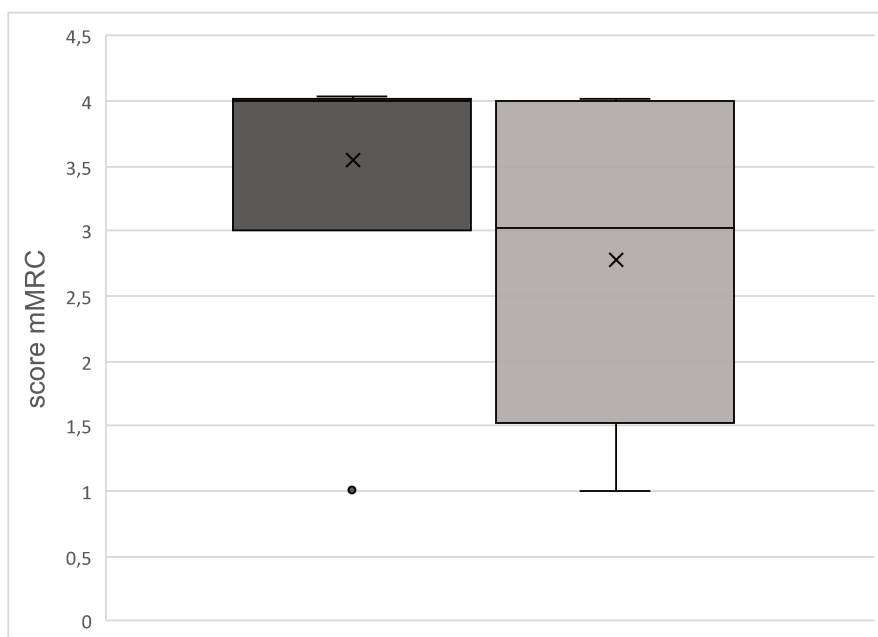
significative de 4 kg [-1,5 ;4,5], $p = 0,2$. Les traitements inhalés étaient identiques, 1 patient avait arrêté la VNI, 2 patients avait bénéficié d'une réadaptation respiratoire. 1 patient été anémié avec une hémoglobine à 9,2 g/dl.

a. Évolution de la dyspnée après la procédure

Les questionnaires sont rapportés dans le Tableau 3.

Après la pose de VEB, on observait une amélioration de la dyspnée sur l'échelle mMRC avec un score de 3/4 [1,5-4] soit une diminution de 1 point [-1,5 ; 0], $p = 0,047$. Six patients soit 46% avaient une amélioration du score mMRC d'au moins 1 point(s) : de 1 point pour 3 patients, de 2 points pour 2 patients et de 3 points pour 1 patient. 5 patients avaient un score stable et 1 patient avait une diminution du score de 1 point. (Figure 3)

Figure 3 : Évolution du score mMRC avant (gris foncé) et après (gris clair) la procédure. La boîte illustre l'espace interquartile, la ligne centrale correspond à la médiane et la croix à la moyenne, l'extrémité supérieure correspond à la valeur maximale et l'extrémité inférieure à la valeur minimale, le point correspond à une valeur extrême



Concernant le MDP, le score A1 du questionnaire diminuait de 3 points [-4 ; 1,5], $p = 0,018$ et était à 4/10 [3-5,5]. On ne retrouvait pas de variation du score total ni des scores QS et A2 totaux. La composante sensorielle principale était la sensation de respiration forte (3,5/10 [3-6,5]). La réponse émotionnelle principale était l'anxiété (3/10 [0-5,7]) avec une diminution de l'intensité de la frustration de 5 points [-5,75 ; -0,25], $p = 0,027$. (Figure 4 et 5)

Figure 4 : Évolution du score MDP total, des score totaux A1, QS et A2 avant (gris foncé) et après la procédure (gris clair). La boîte illustre l'espace interquartile, la ligne centrale correspond à la médiane et la croix à la moyenne, l'extrémité supérieure correspond à la valeur maximale et l'extrémité inférieure à la valeur minimale.

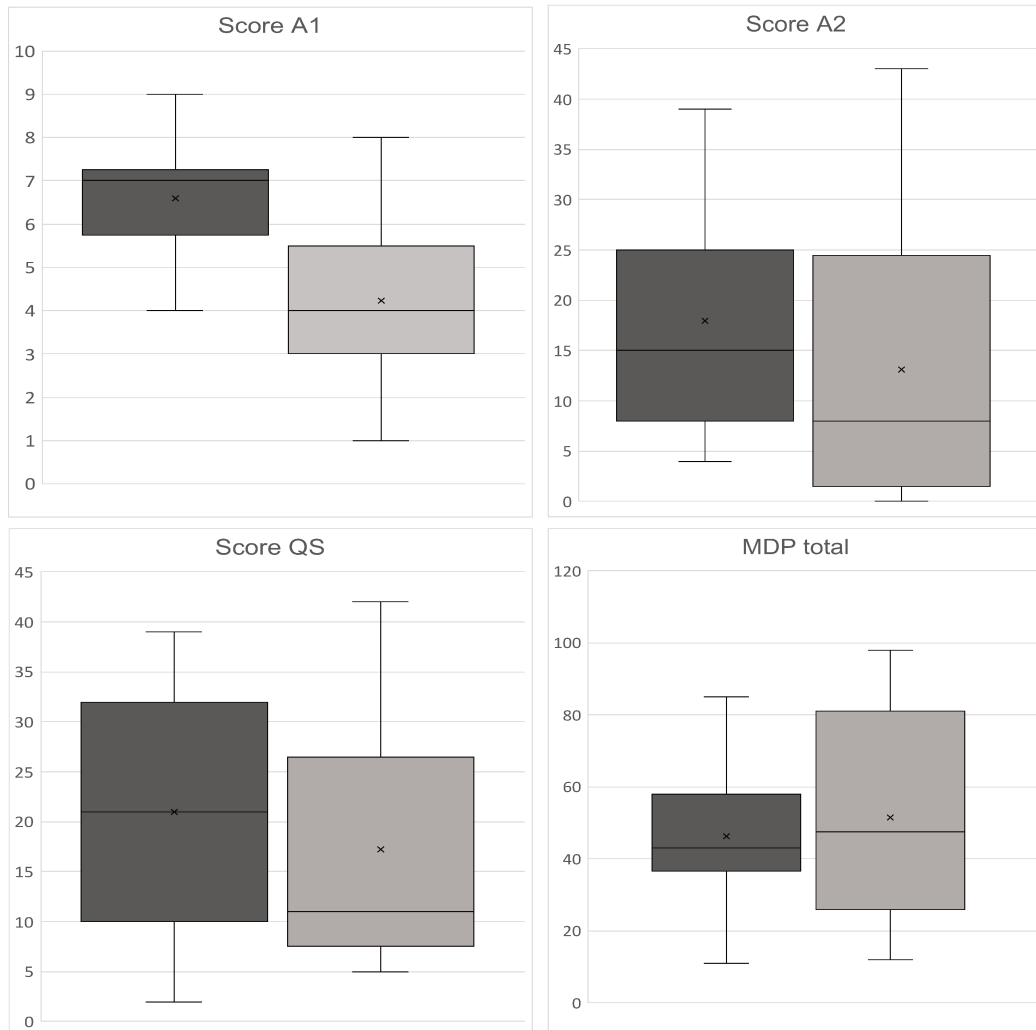
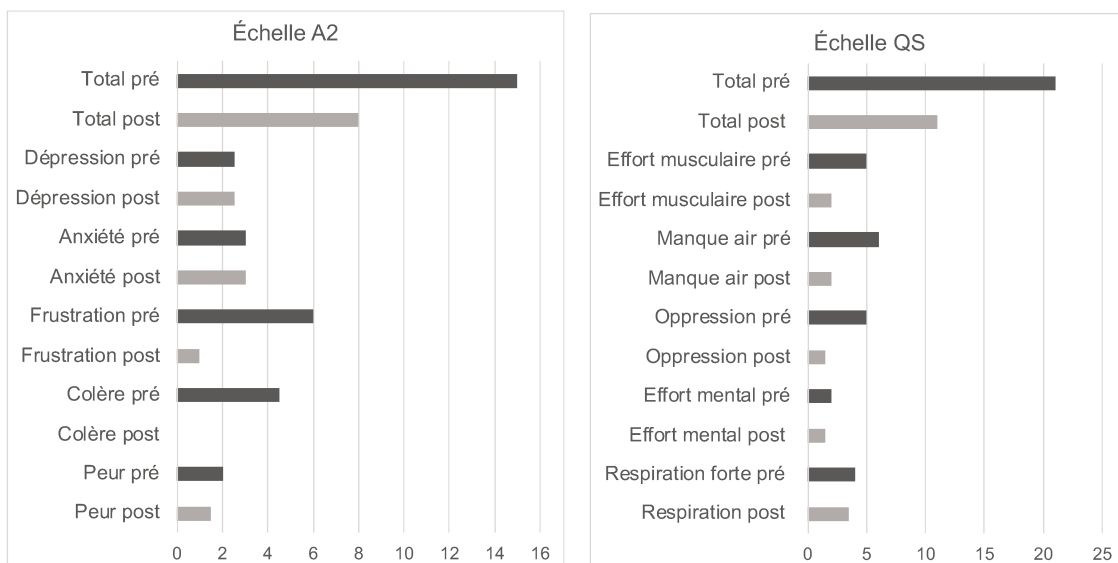


Figure 5 : Évolution des médianes des scores et sous-scores des échelles A2 et QS avant (gris foncé) et après la procédure (gris clair).

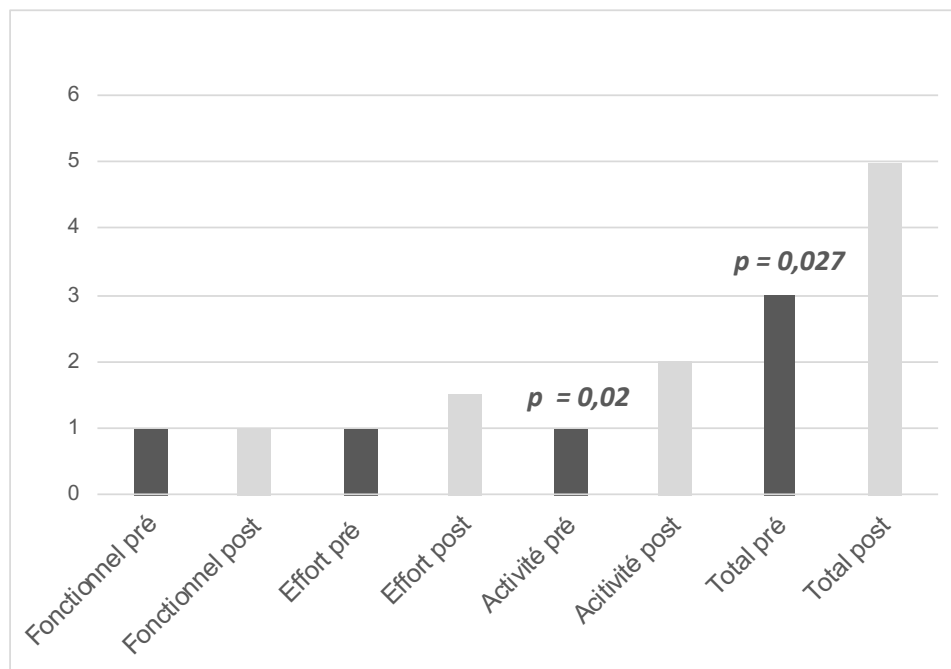


b. Évolution de l'impact et de la qualité de vie après la procédure

i. Score BDI/TDI

Le score TDI a été réalisé chez 3 patients : on observait chez 1 patient une diminution du score total de 2 points et chez 2 patients une augmentation du score total de 7 et 8 points. Le score BDI a été rempli chez 7 patients après la réévaluation. Le score total augmentait de 2 points [1 ; 4], $p = 0,027$ et le score BDI activité augmentait de 1 point [0 ; 1], $p = 0,02$. (Figure 6)

Figure 6 : Évolution du score BDI total et des scores fonctionnel, effort et activité avant (gris foncé) et après (gris clair) la procédure.



ii. Score SGRQ

On n'observait pas de modification du score total (+1 point [-18 ; 6,5] $p = 0,142$) mais le score total diminuait d'au moins 4 points chez 9 patients soit 69% des patients. Il n'y avait pas de modification des scores activité (-6 points [-14,5 ; 0,3], $p = 0,090$), symptôme (+2 points [-5,1 ; 19,5], $p = 0,530$) et impact (-10 points [-21,5 ; 10], $p = 0,311$).

iii. Score HAD

On n'observait pas de variation des scores HAD.

iv. Score CAT

Le score CAT, ne variait pas après la procédure. Sur les 9 patients ayant rempli le CAT à la réévaluation, le score CAT diminuait d'au moins 2 points chez 2 patients soit 22% des patients.

Tableau 3 : Évaluation de la dyspnée, de la qualité de vie et de l'impact avant et après procédure. Les résultats sont exprimés soit en effectif soit en médiane [1^{er} quartile ; 3^e quartile], valeur de la différence par rapport aux valeurs en pré procédure [écart interquartile].

	pré VEB	post VEB	différence [IQR]	p
Score mMRC :	4 [3-4]	3 [1,5-4]	- 1 [-1,5 ; 0]	0,047
1	1	3		
2	0	1		
3	3	5		
4	9	4		
Score MDP :				
Score A1	7 [5,7-7,2]	4 [3-5,5]	- 3 [-4 ; 1,5]	0,018
Score QS				
Effort musculaire	5 [0-6]	2 [1-5]	- 3 [-3 ; 5]	0,916
Manque d'air	6 [2-7]	2 [1-5]	- 4 [-3,5; 0,5]	0,127
Oppression	5 [0-7]	1,5 [1-4,5]	[-4,25 ; 1,75]	0,552
Effort mental	2 [0-7]	1,5 [0,2-6,5]	[-4,75 ; 1,75]	0,916
Respiration forte`	4 [2-8]	3,5 [2-6,5]	- 0,5 [-5 ; 2,5]	0,734
Total	21[10-32]	11 [7,5-17,5]	-10 [-14,5 ; 8,5]	0,261
Score A2				
Dépression	2,5 [0-5]	2,5 [0-7,2]	0 [-3,75 ; 6,25]	1
Anxiété	3 [0,7-6,2]	3 [0-5,7]	0 [-1 ; 3,5]	1
Frustration	6 [3,2-8]	1 [0-5,7]	- 5 [-5,75 ; -0,25]	0,027
Colère	4,5 [1,7-8,2]	0 [0-4]	- 4,5 [-7 ; 0]	0,093
Peur	2 [0-6,2]	1,5 [0-5,7]	- 0,5 [-2,5 ; 2,75]	0,588
Total	15 [8-25]	8 [1,5-21,5]	-7 [-11 ; 8,5]	0,176
Score total	43 [37-58]	20 [12-48]	- 23 [1,5 ; 14,5]	0,128
Score BDI :				
Fonctionnel	1 [0-1]	1 [0-3]	0 [-0,25 ; 1,25]	0,197
Effort	1 [1-1]	1,5 [1-3]	+ 0,5 [0 ; 1]	0,059
Activité	1 [1-1]	2 [1-3]	+1 [0 ; 1]	0,02
Total	3 [2-4]	5 [3-7]	+ 2 [1 ; 4]	0,027
Score SGRQ :				
Total	53 [49-67,5]	54 [40,5-60,5]	+ 1 [-18 ; 6,5]	0,142
Activités	92 [76-93]	86 [64-86,5]	- 6 [-14,5 ; 0,3]	0,090
Impact	41 [32-54,5]	31 [25-49,5]	- 10 [-21,5 ; 10]	0,311
Symptômes	37 [27,5-43]	39 [29,5-54,5]	+ 2 [-5 ; 19,5]	0,530
Score HAD:				
Total	13 [11-17,5]	12 [8-17,5]	- 1 [-5 ; 0]	0,106
HAD-A	7 [4-8]	5 [3-11]	- 2 [-3 ; 3,25]	0,878
HAD-D	7 [4,5-11,5]	5 [3,5-10,2]	- 2 [-4,25 ; -0,75]	0,109
Score CAT :				
Total	19 [5-22]	20 [16,5-23,5]	+ 1 [-2,5 ; 4,5]	0,672

Données manquantes : MDP : A1 : pré= 3, post= 4; QS : pré= 2, post= 5; A2 : pré= 2, post= 4 ; score total : pré= 3, post= 4 / BDI : fonctionnel : pré= 2, post= 6, activité : pré= 2, post= 6, effort : pré=1, post= 6, total : pré= 2, post= 6 / HAD : pré= 1, post= 3 / CAT : post= 4

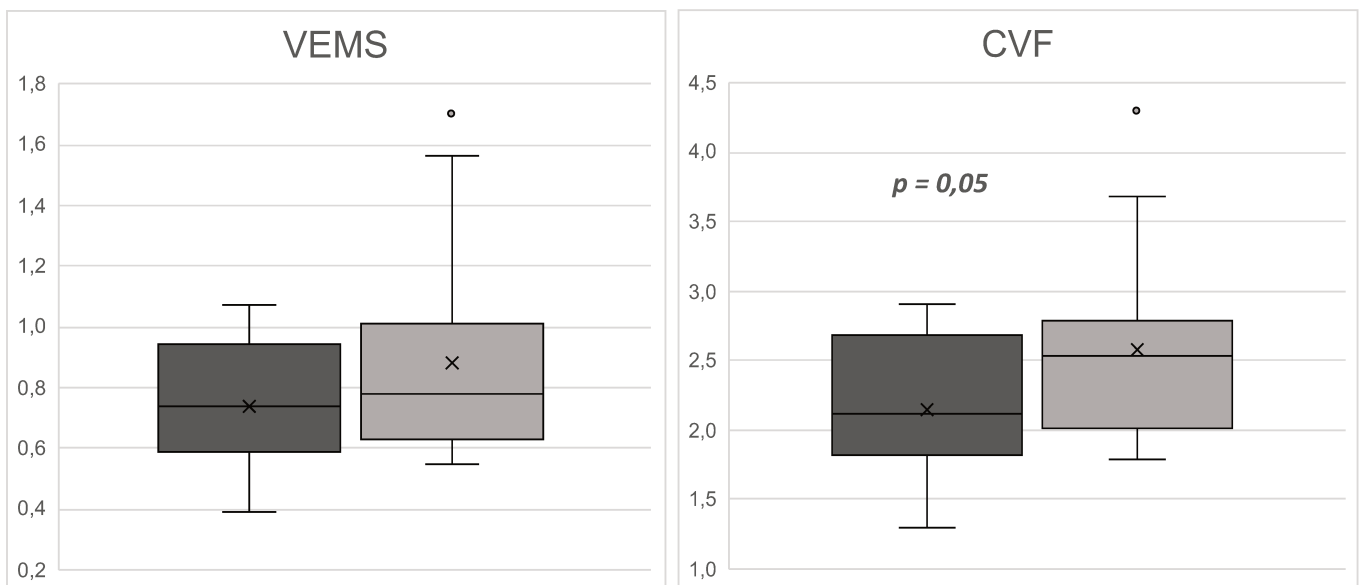
c. Paramètres fonctionnels respiratoires de repos après la procédure

Les paramètres fonctionnels de repos sont rapportés dans le Tableau 4.

i. Spirométrie

Le VEMS ne variait pas en post procédure. Il augmentait d'au moins 12% chez 8 patients soit 61% des patients. La CVF s'améliorait après la procédure : 2,53L [2-2,8] et 90% de la théorique [66-96] soit une augmentation de 0,41 L [0 ; 0,78], $p = 0,05$ et de 19 points [2 ; 26], $p = 0,028$. Le rapport VEMS/CVF ne variait pas. (Figure 7)

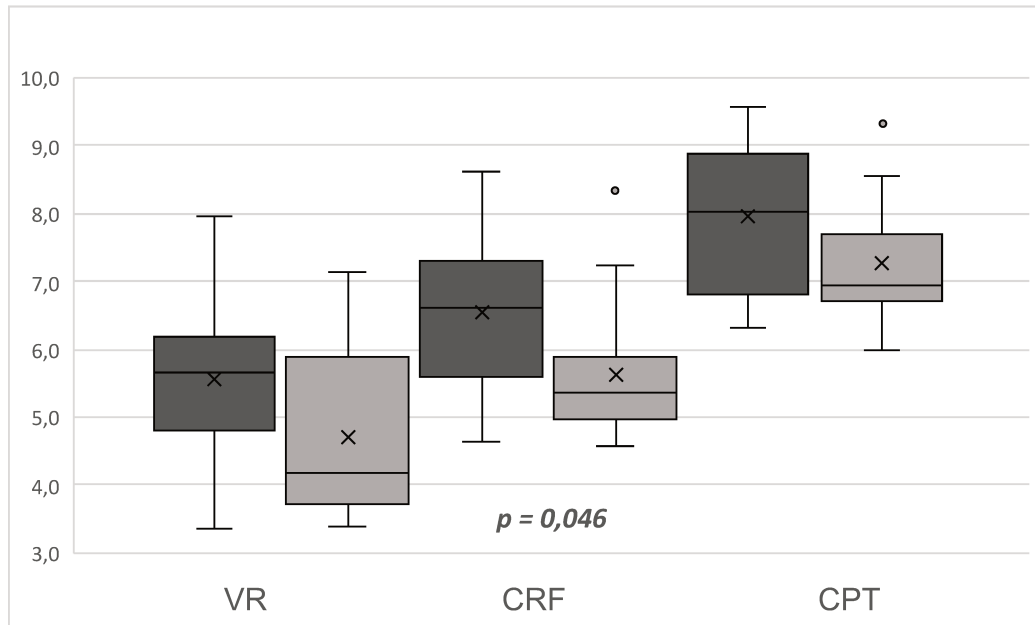
Figure 7 : Évolution du VEMS et de la CVF avant (gris foncé) et après (gris clair) la procédure. Les données sont exprimées en litre. La boîte illustre l'espace interquartile, la ligne centrale correspond à la médiane et la croix à la moyenne, l'extrémité supérieure correspond à la valeur maximale et l'extrémité inférieure à la valeur minimale, le point correspond à une valeur extrême.



ii. Pléthysmographie

La CRF diminuait de 0,84L [-1,7 ; 0], $p = 0,046$ et de 19 points [-50 ; 2], $p = 0,031$. Le VR ne variait pas de façon significative (- 1,49L [-1,9 ; 0,3], $p = 0,087$) mais il diminuait d'au moins 350 ml chez 7 patients soit 53% des patients. La CPT et le rapport VR/CPT ne variaient pas après la procédure. (Figure 8)

Figure 8 : Évolution du VR, de la CRF et de la CPT avant (gris foncé) et après (gris clair) la procédure. Les données sont exprimées en litre. La boîte illustre l'espace interquartile la ligne centrale correspond à la médiane et la croix à la moyenne, l'extrémité supérieure correspond à la valeur maximale et l'extrémité inférieure à la valeur minimale, le point correspond à une valeur extrême.



iii. DLCO

La DLCO a été réalisée chez 7 patients. Elle ne variait pas après la procédure

iv. Oscillations forcées

On n'observait pas de variation significative des paramètres des oscillations forcées après la procédure.

Tableau 4 : Évaluation des données de la spirométrie, pléthysmographie, DLCO et RFO avant et après la procédure. Les données exprimées en médiane, [1er quartile - 3ème quartile], valeur de la différence par rapport au pré VEB [écart interquartile]. VEB : valves endobronchiques

	pré VEB	post VEB	différence [IQR]	p
Spirométrie :				
VEMS (L)	0,74 [0,59-0,94]	0,78 [0,63-1]	+ 0,04 [-0,01; 0,23]	0,060
VEMS (%théo)	30 [24-36]	31 [25-46]	+ 1 [-0,5 ; 10]	0,050
CVF (L)	2,12 [1,81-2,68]	2,53 [2-2,8]	+ 0,41 [0 ; 0,78]	0,050
CVF (% théo)	71 [64-86]	90 [66-96]	+ 19% [2 ; 26]	0,028
VEMS/CVF (%)	36 [27-40]	36 [28-40]	+ 0 [-4,7 ; 2,9]	0,463
Pléthysmographie :				
VR (L)	5,66 [4,8-6,2]	4,17 [3,7-5,9]	- 1,49 [-1,9 ; 0,3]	0,087
VR (%théo)	252 [227-301]	218 [162-296]	- 34 [-91 ; 15]	0,064
CRF (L)	6,62 [5,59-7,29]	5,36 [4,9-5,9]	- 0,84 [-1,7 ; 0]	0,046
CRF (%théo)	212 [289-243]	193 [154-229]	- 19 [-50 ; 2]	0,031
CPT (L)	8 [6,8-8,88]	6,94 [6,7-7,7]	- 1 [-1,43 ; 0,33]	0,064
CPT (% théo)	136 [129-156]	134 [114-148]	- 2 [-22 ; 10]	0,484
VR/CPT (%)	70 [63-71]	61 [58-69]	-9 [-14 ; 5]	0,100
DLCO :				
DLCO (% théo)	29 [26-34]	30 [27-42]	+ 1 [-0,18 ; 2,6]	0,204
DLCO(ml/min*mmHg)	7 [6-7,4]	8,6 [6,6-11]	- 1,6 [-1 ; 9]	0,075
RFO :				
R5 (cmH2O.s/L)	0,52 [0,44-0,68]	0,51 [0,45-0,75]	- 0,01 [-0,01 ; 0,03]	0,735
R5 (%)	221 [176-263]	226 [167-282]	+ 4 [-26 ; 39]	0,889
R20 (cmH2O.s/L)	0,34 [0,27-0,42]	0,37 [0,32-0,40]	+ 0,03 [-0,03; 0,05]	0,445
R20 (%)	127 [109-147]	130 [106-149]	+ 3 [-34 ; -1,3]	0,116
R5-20 (cmH2O.s/L)	0,21 [0,15-0,30]	0,25 [0,17-0,36]	+ 0,04 [-0,1; 0,06]	0,735
X5 (cmH2O.s/L)	-0,28 [-0,39;-0,17]	-0,41 [-0,18 ; -0,53]	- 0,13 [-0,17 ; -0,05]	0,735
X5inspi (cmH2O.s/L)	-0,18 [-0,23 ; -0,12]	-0,22 [-0,27 ; -0,13]	- 0,04 [-0,08 ; -0,06]	0,674
X5expi (cmH2O.s/L)	-0,31 [-0,98 ; -0,25]	-0,55 [-0,90 ; -0,25]	- 0,24 [0,22 ; 0,07]	1
Fres	30 [28-35]	31 [25-36]	+ 1 [-5,2 ; 4,9]	0,779
AX (cmH2O/L)	3,2 [2,6-3,8]	3,79 [1,8-6]	+ 0,59 [-1; 1,9]	0,674

Données manquantes : DLCO : pré= 1, post= 6 / RFO : post= 5

d. Évolution des paramètres fonctionnels d'exercice après la procédure

i. Évolution du TM6

La distance parcourue médiane au TM6 était de 340 mètres et augmentait de façon non significative de 75 mètres [-10 ; 85], $p = 0,135$. La distance parcourue augmentait d'au moins 26 mètres chez 6 patients soit 46% des patients. Le test de marche avait été réalisé sous oxygène chez 4 patients soit un patient supplémentaire. (Tableau 5)

Tableau 5 : Évaluation des caractéristiques du TM6 avant et après la procédure.
Les données exprimées en médiane, [1er quartile et 3ème quartile], valeur de la différence par rapport au pré VEB [écart interquartile] ou en effectif. VEB : valves endobronchiques

	pré VEB	post VEB	différence [IQR]	p
TM6 distance (mètres)	265 [155-380]	340 [205-405]	+ 75 [-10 ; 85]	0,135
TM6 nadir désaturation (%)	89 [83-92]	87 [83-89]	- 2 [-2,7 ; 1,7]	0,529
Oxygénothérapie	3	4		

Données manquantes : nadir de désaturation à la réévaluation chez 1 patient.

ii. Évolution des EFX

1. Charge et critères de maximalité

Les paramètres fonctionnels d'exercice sont rapportés dans le Tableau 6.

L'incrément utilisé était le même qu'initialement pour tous les patients. La durée de l'effort et la charge au pic ne variaient pas. La charge s'améliorait de plus de 4 Watts chez 4 patients.

La pente $VO_2/Watt$ était supérieure à 12 ml/min/W chez 6 patients.

L'épreuve était limitée par la clinique et la ventilation. Seul un patient avait des critères de maximalité métabolique (lactates > 8 mmol/l) et cardiaque ($FC_{pic} \geq 90\% FC_{max}$ théorique).

L'échelle de Borg était disponible chez 10 patients. La majorité des patients (8/10) avaient un score de dyspnée supérieur au score de fatigue des membres inférieurs. Le score de Borg dyspnée diminuait d'au moins 1 point(s) chez 3 patients.

2. Évolution de la capacité d'exercice (VO_2 pic)

La VO_2 pic ne variait pas après la pose de valves endobronchiques. En post procédure, elle était de 11,9 ml/kg/min [10-14,6] soit une diminution non significative de 0,9 ml/kg/min, [-3,7 ; 0,4], $p = 0,062$. Elle était à 690 ml/min [643-885] (-43 ml/min, [-152 ; 28], $p = 0,158$). Elle était

à 56% de la théorique [49-64] soit une aptitude aérobie sévèrement altérée. Elle s'améliorait de plus de 40 ml/min chez 3 patients. (Figure 9 et 10)

Figure 4 : Évolution de la VO2 pic avant (gris foncé) et après (gris clair) la procédure. Les données sont exprimées en ml/min/kg. La boîte illustre l'espace interquartile, la ligne centrale correspond à la médiane et la croix à la moyenne, l'extrémité supérieure correspond à la valeur maximale et l'extrémité inférieure à la valeur minimale.

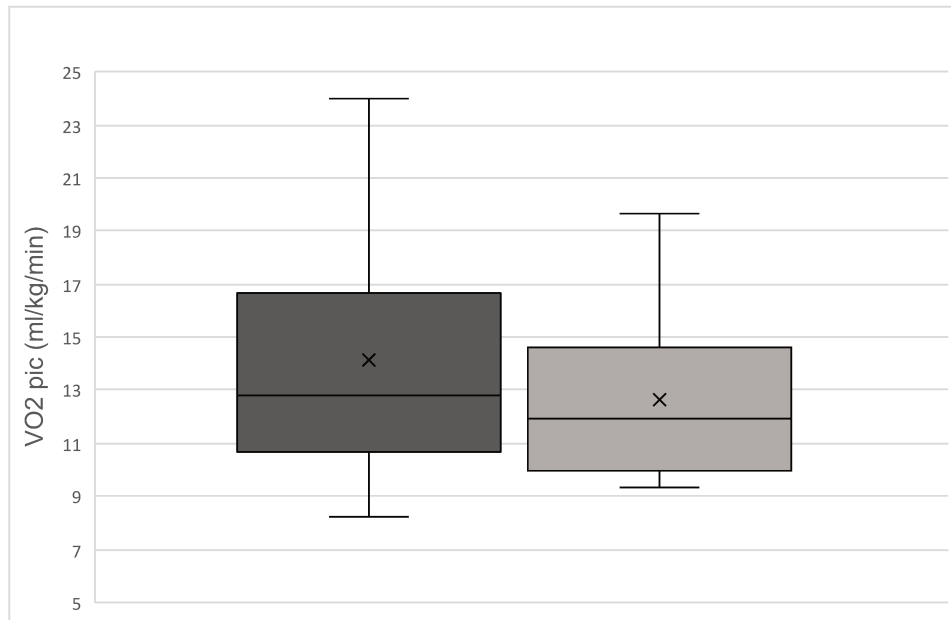
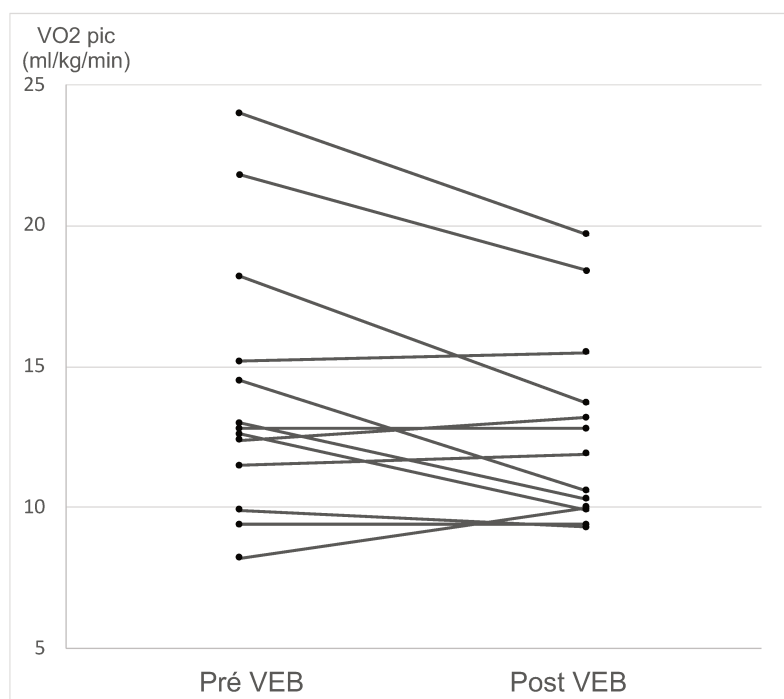


Figure 10 : Évolution de la VO2 pic avant et après la procédure pour chaque patient. VEB : valves endobronchiques



3. Évolution des paramètres ventilatoires

On n'observait pas de modification des paramètres ventilatoires (VE, FR, VT, VE/VO₂, RV) en post procédure. Ceux-ci sont rapportés dans le Tableau 6.

La recherche de distension dynamique a été réalisée chez 11 patients en post procédure. Chez 4 patients, la recherche a été réalisée seulement en post procédure et chez 1 patient elle a été réalisée seulement en pré procédure. Les CI au repos et au pic ne variaient pas en post procédure : respectivement – 5 ml [-335 ; 573], $p = 0,612$ et – 255 ml [-288 ; 550], $p = 0,499$. Après traitement, la CI chutait au cours de l'exercice de 385 ml [-105 ; 220] (- 30 ml [-208 ; 517], $p = 0,917$). Le VRI au pic était inférieur à 500 ml pour la totalité des patients et ne variait pas en post procédure (- 55 ml [-340 ; 165], $p = 0,866$). (Figure 11 et 12)

Figure 11 : Évolution des capacités inspiratoires au repos et au pic avant (gris foncé) et après (gris clair) la procédure. Les données sont exprimées en millilitre. Les données sont exprimées en ml/min/kg. La boîte illustre l'espace interquartile, la ligne centrale correspond à la médiane et la croix à la moyenne, l'extrémité supérieure correspond à la valeur maximale et l'extrémité inférieure à la valeur minimale, le point correspond à une valeur extrême. Ce graphique porte sur les 7 patients ayant eu une mesure de CI avant et après la procédure.

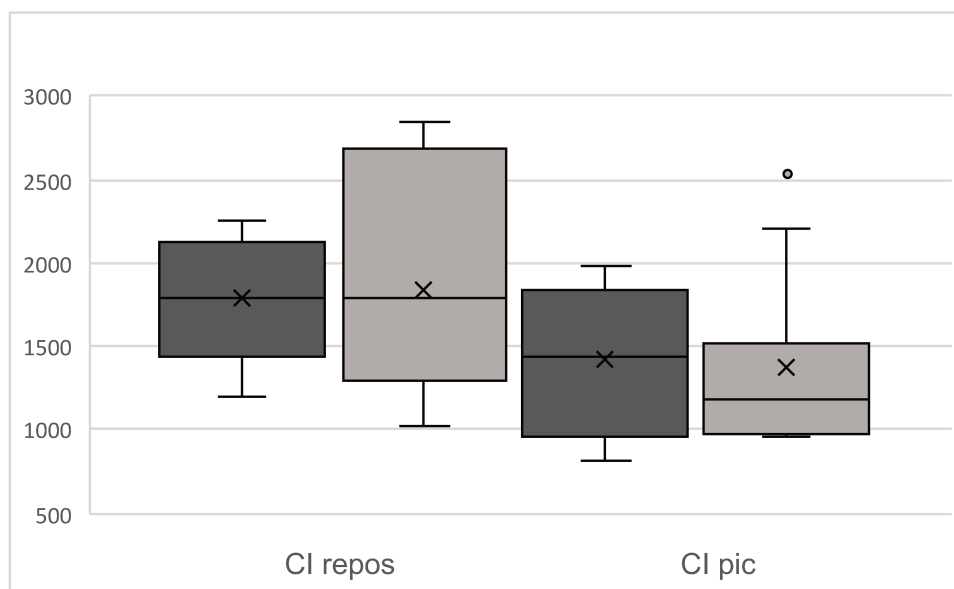
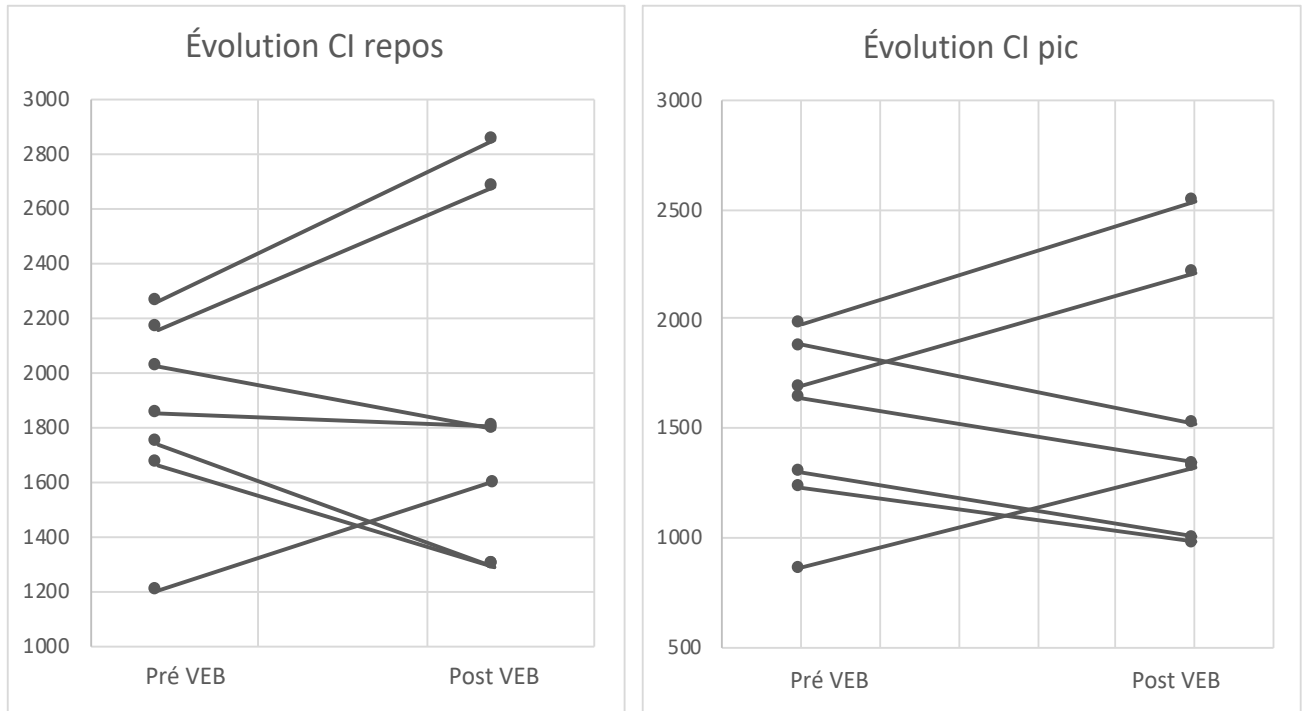


Figure 12 : Évolution des capacités inspiratoires (CI) au repos et au pic pour chaque patient (7) avant et après la pose de valves endobronchiques. Les données sont exprimées en millilitres. VEB : valves endobronchiques



4. Évolution des échanges gazeux

La PaO₂ et la PaCO₂ ne variaient après la procédure ni au repos ni au pic. La PaO₂ était \leq à 70 mmHg chez 5 patients au repos et 8 patients au pic. La PaCO₂ était \geq à 45 mmHg chez 1 patient au repos et 3 patients au pic. Le P(A-a)O₂ et le rapport VD/VT ne variaient au pic et étaient toujours élevés respectivement à 35 mmHg [24-43] et à 54% [49-59]. Les lactates au repos étaient plus élevés (+ 0,2 mmol/l [0 ; 0,65], p = 0,024) mais inchangés au pic.

5. Adaptation cardio-circulatoire

On n'observait pas de variation des paramètres cardio-circulatoires après la procédure. Ils sont rapportés dans le Tableau 6. Chez un patient, le pouls d'O₂ stagnait au cours de l'effort avec un sous décalage de V5 asymptomatique pour lequel une coronarographie avait été proposée. Chez un autre patient, le pouls d'O₂ chutait au cours de l'effort avec récurrence de tachycardie supra ventriculaire asymptomatique pour laquelle un avis rythmologique a été demandé. Des extrasystoles auriculaires et ventriculaires sont apparues chez respectivement 1 et 2 patients. Une patiente sous bradycardisant avait une fréquence cardiaque augmentant peu à l'effort pour laquelle une réduction de posologie a été proposée.

Tableau 6 : Évaluation des paramètres fonctionnels d'exercice avant et après la procédure. Les résultats sont exprimés soit en effectif soit en médiane [1^{er} quartile ; 3^e quartile], valeur de la différence par rapport aux valeurs en pré procédure [écart interquartile].
VEB : valves endobronchiques

	pré VEB	post VEB	différence [IQR]	p
Poids (kg)	56 [52-72]	60 [53-73]	+4 [-1,5 ; 4,5]	0,200
Durée (min)	6 [4,5-9]	6 [4-8]	0 [-3 ; 0,5]	0,128
Puissance				
Watts	28 [20-42]	30 [22-46]	+2 [-13 ; 7]	0,327
% théorique	30 [20-45]	27 [16-50]	-3 [-8 ; 13]	0,780
Borg				
Dyspnée	8 [8-9]	7,5 [7-10]	-0,5 [-1 ; 3]	0,595
Fatigue MI	4 [1,5-6,5]	5,5 [5-8]	+ 1,5 [-1 ; 4]	0,088
VO2 pic				
ml/kg/min	12,8 [10,7-16,7]	11,9 [10-14,6]	- 0,9 [-3,7 ; 0,4]	0,062
ml/min	733 [684-919]	690 [643-885]	- 43 [-152 ; 28]	0,158
% théo	58 [48-64]	56 [49-64]	- 2 [-9 ; 7]	0,624
Paramètres ventilatoires				
VE/VO2 pic	41 [34-44]	45 [37-52]	+ 4 [0,5 ; 9,5]	0,084
VE repos (L/min)	16 [12-19]	16 [12-22]	0 [-3,5 ; 3,5]	0,317
VE pic (L/min)	29 [25-45]	31 [25-42]	+ 2 [-1 ; 6,5]	0,694
VT repos (mL)	724 [599-1263]	870 [655-1372]	+ 146 [-157 ; 279]	0,594
VT pic (mL)	1000 [825-1541]	1100 [925-1654]	+ 100 [-151 ; 370]	0,136
VT/CVF	51 [44-60]	51 [46-69]	0 [-5,5 ; 14,5]	0,344
FR repos (cycles/min)	19 [16-22]	16 [13-22]	- 3 [-4,5 ; 0,5]	0,331
FR pic (cycles/min)	30 [27-36]	26 [25-36]	- 4 [-4,5 ; 4,5]	0,689
RV (% VMM)	- 23 [-33 ; -12]	- 23 [-45 ; -7,5]	0 [-14,5 ; 11]	0,576
Distension dynamique				
CI repos (mL)	1795 [1443-2125]	1790 [1290-2680]	- 5 [-335 ; 573]	0,612
CI pic (mL)	1435 [950-1833]	1180 [981-1520]	- 255 [-288 ; 550]	0,499
CI repos-pic (mL)	385 [227 -507]	385 [278-525]	- 30 [-105 ; 220]	0,917
VRI repos (mL)	874 [517-1024]	743 [389-1150]	- 131 [-165 ; 658]	0,499
VRI pic (mL)	195 [52-397]	140 [60-210]	- 55 [-340 ; 165]	0,866

Échanges gazeux				
PaO2 repos (mmHg)	66 [61-77]	69 [62-73]	+ 3 [-5 ; 8]	0,689
PaO2 pic (mmHg)	66 [57-68]	63 [55-72]	- 3 [-8,5 ; 4,5]	0,609
PaCO2 repos (mmHg)	40 [37-44]	39 [36-43]	- 1 [-3 ; 1]	0,798
PaCO2 pic (mmHg)	44 [42-49]	41 [37-49]	- 3 [-7,2 ; 2,2]	0,246
VD/VT repos (%)	58 [47-61]	57 [48-63]	- 1 [-5 ; 5,5]	0,789
VD/VT pic (%)	58 [43-59]	54 [49-59]	- 4 [-2; 14]	0,373
VE/VCO2 pic	43 [38-49]	51 [41-54]	+ 8 [-1,5 ; 9]	0,065
P(A-a)O2 repos (mmHg)	33 [26-36]	33 [28-38]	0 [-7 ; 5]	0,721
P(A-a)O2 pic (mmHg)	35 [27-40]	35 [24-43]	0 [-4,8 ; 5,7]	0,666
Lactates repos (mmol/L)	0,8 [0,4-1,1]	1 [0,8-1,4]	+ 0,2 [0 ; 0,65]	0,024
Lactates pic (mmol/L)	3,6 [2,5-5]	3,6 [2,2 ; 4,7]	- 0 [-0,6-0,3]	0,325
Paramètres CV				
FC max (bpm)	117 [104-132]	116 [102-126]	- 1 [-13 ; 10]	0,624
FC (%FMT)	76 [65-83]	74 [67-79]	- 2 [-7,5 ; 6,5]	0,727
VO2/FC repos (ml/bpm)	3,9 [3,1-4,7]	3,5 [2,9-4,1]	- 0,4 [-1,5 ; 0,2]	0,142
VO2/FC pic (ml/bpm)	7,3 [5,8-7,9]	7 [5,5-7,5]	- 0,3 [-1,3 ; -0,5]	0,289
VO2/FC pic (%)	73 [67-86]	71 [61-90]	- 2 [-13 ; 10,5]	0,834
ΔFC/ΔVO2 (%)	63 [42-68]	51 [41-75]	- 12 [-20 ; 12]	0,695

Données manquantes : Borg dyspnée : pré= 3, post= 3 / Borg fatigue MI : pré= 4, post= 4 / rechercher de distension dynamique : pré= 5, post= 2 / P(A-a)O2 repos : post= 2, P(A-a)O2 pic : pré= 1 / VD/VT repos : pré= 1, post= 2, VD/VT pic : pré= 1, post= 1 / PaO2 repos : post= 2 / PaO2 pic : post= 1 / PaCO2 repos : post= 2 / PaCO2 pic : post= 1 / Lactates repos : post= 2 / Lactates pic : post= 1.

Figure 5 : Nombre et pourcentage des patients ayant une amélioration des paramètres cliniques et fonctionnels

	N	%
mMRC ≥ 1 point(s)	6	46
SGRQ ≥ 4 points	9	69
CAT ≥ 2 points	2	22
TM6 ≥ 26 mètres	6	46
VEMS ≥ 12%	8	61
VR ≥ 350 ml	7	53
Charge max ≥ 4 watts	4	30
VO2 pic ≥ 40 L/min	3	23
Borg dyspnée max ≥ 1 point(s)	3	30

9. Évolution des paramètres cliniques et fonctionnels chez les patients avec une atélectasie lobaire

Après la procédure initiale, 10 patients sur 13 avaient une atélectasie du ou des lobes cibles. Lors de la réévaluation, 10 patients avaient une atélectasie du ou des lobes cibles : 1 patient avait une perte de l'atélectasie initiale, 1 patient qui n'avait pas d'atélectasie initialement en avait une lors de la réévaluation, les deux patients ayant bénéficié de remplacement de valves devant l'absence d'atélectasie n'avaient pas d'atélectasie la réévaluation (Tableau 7). Six patients avaient bénéficié de la mesure du volume du ou des lobes cibles en post procédure selon le logiciel StratX® : les 3 patients qui avaient une atélectasie avaient une réduction de plus de 50% du volume du ou des lobes cibles et était quasi nul, 1 patient qui n'avait pas d'atélectasie avait une réduction de 40% du volume du lobe cible, et les 2 patients qui n'avaient pas d'atélectasie n'avaient pas de réduction notable du volume du lobe cible.

Tableau 7 : Atélectasie lors de la procédure initiale et à la réévaluation

	Nombre	Pourcentage
<i>Post procédure initiale</i>	10	76
<i>Réévaluation</i>	10	76
<i>Conservation</i>	9	-
<i>Formation</i>	1	-
<i>Perte</i>	1	-

Chez les patients chez qui on observait une atélectasie, on observait aussi une amélioration de la dyspnée selon le score MDP A1 (-3 points, [-3 ;4], p = 0,042) et selon le score BDI total (+1,5 points [0,75-4,5], p = 0,043) et activité (+ 1 point [0 ;1], p = 0,025). Contrairement à la population globale, on observait une amélioration de la qualité de vie selon le score SGRQ total (-4 [-24 ; -2,5], p = 0,025) et le score SGRQ activité (-6 [-18 ; 0], p = 0,017) ainsi que de la composante dépressive selon le score HAD-D (-2 points [-5 ; -1], p = 0,018). Cependant, le score mMRC ne s'améliorait pas de façon significative dans ce groupe de patients (-1 [3 ; 4], p = 0,07).

Concernant les paramètres fonctionnels, on observait dans ce groupe de patients, contrairement à notre population globale, une amélioration de l'obstruction bronchique avec un VEMS qui variait de 28% de la théorique [22-35] à 34% de la théorique [25-49] soit une augmentation de 6 points [-0,25 ;15] $p = 0,035$). La distension thoracique s'améliorait : le VR diminuait de 1,5L [-0,35 ; 0,02], $p = 0,037$, la CRF de 1,2L [-0,2 ; 0], $p = 0,017$, la CPT de 1L [-1,5 ; 0], $p = 0,028$ et le rapport VR/CPT de 9 points [-15 ; 0,75], $p = 0,037$. Dans la population globale, la distension thoracique s'améliorait seulement sur la CRF. Comme dans la population globale, on n'observait pas d'amélioration de la distance parcourue au TM6, ni de la VO2 pic ni de la distension dynamique. On observait une augmentation, au pic, des rapports VE/VO2 (+6 [3 ; 11], $p = 0,028$) et VE/VCO2 (+ 8 [2,2-9,5], $p = 0,015$).

DISCUSSION

Notre étude montrait l'absence d'amélioration de la capacité d'exercice évaluée par la VO₂ pic entre 3 et 12 mois après un traitement de réduction de volume pulmonaire par valves endobronchiques chez 13 patients BPCO sévères. On observait une amélioration de la dyspnée d'effort (évaluée par le mMRC), de l'inconfort immédiat lié à la dyspnée (évalué par le score MDP A1), une diminution de l'impact de la dyspnée sur les activités de la vie quotidienne (évalué par le score BDI activité et score total) sans amélioration de la qualité de vie (évaluée par le SGRQ) ni des symptômes respiratoires (évalués par le CAT) ni des symptômes anxio-dépressifs (évalués par le HAD). On observait également une amélioration de la distension thoracique au repos mais avec la persistance de contraintes ventilatoires limitant l'exercice.

1. Évolution de la dyspnée après la procédure

Le score mMRC médian s'améliorait de 1 point, et 46% des patients avaient une diminution de plus d'un point. L'échelle mMRC est une échelle fiable, reproductible mais peu sensible au changement (20) et une amélioration d'un point est donc réellement pertinente sur le plan clinique. Nos patients présentaient initialement une dyspnée très sévère avec un score mMRC médian à 4 soit un peu plus sévère que dans la plupart des études portant sur l'efficacité des valves endobronchiques dans lesquelles le score mMRC variait de 2 à 3 (106–109) avec une seule étude dans laquelle le score mMRC était à 4 (104). Dans ces études (105–107,109), l'amélioration du score variait de -0,1 à -0,8 point par rapport à la valeur initiale et dans cette étude (106) 51% des patients ont atteint la MCID de 1 point. L'amélioration du score mMRC dans notre étude semblait donc plus importante que dans les études précédemment citées mais la dyspnée était aussi plus sévère initialement.

Le questionnaire MDP, montrait une amélioration de l'inconfort immédiat ressenti lors du pire épisode de dyspnée avec un score A1 diminuant de 3 points. Les composantes sensorielles avaient tendance à se modifier avec une sensation de manque d'air prédominante avant la procédure et de respiration forte après. Chez les patients BPCO, ces deux sensations sont

habituellement prédominantes (131). Les composantes émotionnelles avaient également tendance à se modifier avec une prédominance de frustration avant la procédure qui diminuait de façon significative avec une prédominance d'anxiété après le traitement. Les patients BPCO ont habituellement aussi ces deux émotions associées à leur dyspnée (131). Le questionnaire MDP est un questionnaire reproductible et sensible aux changements (35). Dans notre étude, l'interprétation de ce questionnaire est difficile compte tenu de la grande proportion de données manquantes. On ne connaît pas d'étude portant sur l'évaluation du questionnaire MDP après la pose de valves endobronchiques.

2. Évolution de l'impact et de la qualité de vie après la procédure

Les scores BDI total et activité s'amélioraient après la procédure soit une diminution de l'impact de la dyspnée sur les activités de la vie quotidienne après la pose de valves. Cependant, le score BDI est un score évolutif qui doit normalement s'interpréter en post traitement par le TDI (34). Dans notre étude, le TDI n'a pu être réalisé que chez 3 patients et l'effectif était trop faible pour une analyse statistique. L'évolution du score BDI doit donc s'interpréter avec prudence car non comparé au TDI. Une seule étude rapporte l'évolution du TDI après la pose de valves et il augmente de 2,3 points (111).

Nos patients avaient une altération de leur qualité de vie selon le SGRQ : ils avaient un retentissement majeur de la dyspnée sur les activités physiques de la vie quotidiennes avec un score activité fortement altéré à 92% et des scores symptômes et impact moins élevés ce qui est cohérent avec une dyspnée côté stade 4 mMRC : la dyspnée a un impact majeur sur les activités physiques de la vie quotidienne. Dans notre étude, le score total médian ne variait significativement peut-être parce que ce score prend en compte d'autres symptômes que la dyspnée pouvant également participer à l'altération de la qualité de vie. Cependant on notait une amélioration du score de plus de 4 points chez 69% de nos patients et l'absence d'amélioration du score médian est peut-être également expliqué par un manque d'effectif. Dans les études portant sur les valves (104,106–109), le score total diminuait de 4,4 à 14,7 points par rapport aux valeurs initiales et dans cette étude (106) le score SGRQ total diminuait de 4 points chez 66% des patients.

L'impact de la maladie selon le score CAT ne s'améliorait pas après la procédure. Il était à 19/40 avant procédure et à 20/40 après soit un impact moyen à important (un score supérieur à 21 indiquant un impact important). Dans les études portant sur les valves (104,107,109) le score CAT initial varie entre 19 et 24/40 soit un impact un peu plus important que dans notre étude et son évolution n'est rapportée que dans deux études où il diminue de 1,5 et de 2 points (104,107). De la même façon que le score SGRQ, le score CAT est composé de plusieurs symptômes autre que la dyspnée que sont la toux, les expectorations, l'oppression thoracique, les activités, l'inquiétude, le sommeil et l'énergie qui ne sont pas modifiés par les valves endobronchiques. Nous n'avons pas le détail du score CAT dans notre étude.

Les symptômes d'anxiété et de dépression étaient peu fréquents chez nos patients et ne variaient pas après la procédure. Aucune étude n'a évalué le score HAD après la pose de valves endobronchiques.

3. Évolution de l'obstruction bronchique après la procédure.

Les patients de notre cohorte avaient un trouble ventilatoire obstructif sévère avec un VEMS à 30% et il était similaire à celui retrouvé dans les études portant sur les valves où il variait de 28 à 31% (104–109). Ces études ont démontré, contre groupe contrôle, l'amélioration du VEMS qui augmentait de 8,7% à 20% et de 60 à 160 ml par rapport aux valeurs initiales (104,106–109). Dans cette étude (106), le VEMS augmentait de plus de 12% chez 55% des patients. Dans notre étude, le VEMS médian ne variait pas après la pose de valves endobronchiques mais ce résultat contraire aux précédentes études pourrait être en partie en lien avec le faible effectif de notre cohorte. En effet on observait une augmentation de 12% du VEMS chez 61% de nos patients.

4. Évolution de la distension thoracique après la procédure

Les patients de notre cohorte étaient sévèrement distendus. Le principal effet attendu de la pose de valves endobronchiques est la réduction de la distension thoracique qui a en effet été démontré dans les grandes études avec une diminution du VR de 260 à 660 ml (104,106–109) et de la CRF de 240 ml et 412 ml (104,109). Dans notre étude, on observait également une réduction de la distension thoracique avec une diminution de la CRF de 840 ml et de 19% en

pourcentage de la théorique, avec un VR qui diminuait d'au moins 350 ml chez 53% des patients.

De plus, on observait dans notre étude une amélioration de la CVF probablement permise par une amélioration de la distension thoracique. L'évolution de la CVF est rapportée dans une seule étude dans laquelle elle augmente de 18% (108) soit similaire à notre étude.

On notait donc dans notre étude une diminution de la dyspnée avec diminution de la distension thoracique et sans modification du VEMS. Ceci est cohérent avec les données de la littérature dans laquelle on retient une faible corrélation entre la dyspnée et le VEMS chez les patients BPCO chez qui la dyspnée est en majeure partie en lien avec la limitation des débits expiratoires et la distension thoracique, mal évaluées par le VEMS (50,132).

Nos patients avaient une augmentation des R5, de la différence entre R5 et 20 et une diminution de X5 ce qui est fréquemment retrouvé cas d'obstruction bronchique et de distension thoracique (52,118). Dans notre étude, on ne retrouvait pas d'amélioration de ces paramètres après la pose de valves malgré l'amélioration de la distension thoracique. A notre connaissance, aucune étude n'évalue les paramètres d'oscillations forcées après la pose de valves endobronchiques.

5. Évolution de la capacité à l'effort après la procédure

Dans les études portant sur les valves, la distance parcourue au TM6 augmentait de 9 à 60 mètres par rapports aux valeurs initiales (104–109). Dans notre étude, on observait une augmentation de la distance parcourue au TM6 de 75 mètres sans être statistiquement significative, cela pouvant probablement s'expliquer par le faible effectif de notre cohorte. En effet, la distance était augmentée d'au moins 26 mètres chez 6 patients. Cependant, la capacité à l'effort évaluée par la VO₂ pic, initialement sévèrement altérée, ne s'améliorait pas après la procédure et avait plutôt tendance à diminuer de 0,9 m/kg/min sans pour autant être significative. Une seule étude (112) étudie l'évolution de la capacité à l'effort par la VO₂ pic, en critère de jugement secondaire, après la pose de valves endobronchiques et celle-ci ne s'améliorait pas non plus. Néanmoins, après chirurgie de réduction volumique d'emphysème plusieurs études ont montré une amélioration de la VO₂ pic. Dans cette étude (87), la VO₂ pic

augmentait de 2,12 ml/kg/min soit 27% de sa valeur initiale, avec une augmentation de la distance parcourue au test de marche de 66 mètres.

Dans notre étude, la VO₂ pic augmentait après la procédure d'au moins 40 ml/min chez seulement 3 patients et on observait plutôt une tendance à la diminution de la VO₂ pic lorsque rapportée au poids. Cependant, le poids médian augmentait de manière non significative de 4 kg et ne semblait pas expliquer la diminution de la VO₂ à l'échelle individuelle. La VO₂ pic de la première EFX pourrait être plus élevée que celle obtenue lors de la deuxième EFX en raison d'une réadaptation respiratoire plus récente. Cependant, deux patients ont bénéficié d'une réadaptation entre la procédure et la réévaluation mais ces deux patients n'avaient pas d'augmentation de leur VO₂. Il est démontré que la réadaptation respiratoire n'entraîne qu'une élévation modeste de la VO₂ pic (de 0,1 à 0,5 L/min) (133,134). La proportion plus importante d'exacerbation de BPCO dans notre cohorte ne semble pas non plus être en lien avec la diminution de la VO₂ à l'échelle individuelle. En effet, parmi les six patients qui voient leur VO₂ s'effondrer, trois patients ont fait au moins une exacerbation et les trois patients qui ont augmenté leur VO₂ ont tous fait au moins une exacerbation.

Donc, dans notre étude, la distance parcourue au TM6 avait tendance à augmenter contrairement à la VO₂ pic. Le test de marche est considéré comme un test sous-maximal. Cependant, la VO₂ au cours de cet examen est similaire à la VO₂ pic après la troisième minute de marche voire plus tôt chez les patients BPCO (135). De plus, ces deux tests sont limités par la contrainte à l'expansion du volume courant chez les patients BPCO (136). Pourtant, la réponse ventilatoire est plus faible lors du TM6 que lors de l'EFX avec une ventilation relative à la consommation d'oxygène (VE/VO₂) atteignant des valeurs plus importantes au pic lors de l'EFX que lors du TM6. Cette réponse ventilatoire plus importante lors de l'EFX serait probablement en lien avec une augmentation de la lactatémie plus importante que lors du TM6 (135,137).

La diminution des contraintes ventilatoires après traitement par valves endobronchiques permettrait aux patients de mieux répondre à la demande ventilatoire du test de marche mais ne serait pas suffisante pour répondre à celle de l'EFX. Le test de marche est certes sous

maximal mais se rapproche davantage des activités de la vie quotidienne du patient BPCO (44). Il aurait été intéressant d'étudier la ventilation aux intensités sous maximales de l'EFX et non seulement au pic pour pouvoir mieux évaluer l'adaptation ventilatoire lors de l'exercice sous maximal.

La principale raison expliquant l'absence d'amélioration de la capacité à l'effort après le traitement est la persistance chez nos patients d'une limitation ventilatoire majeure avec la persistance d'une distension dynamique très sévère.

6. Évolution de la distension dynamique après la procédure

Nos patients avaient initialement une distension dynamique très sévère avec une chute de la capacité inspiratoire entre le repos et le pic et un épuisement complet du volume de réserve inspiratoire au pic responsable d'une dyspnée majeure et d'un arrêt de l'effort. La distension dynamique ne s'améliorait pas après la procédure.

Peu d'études portent sur l'évolution de la distension dynamique après la pose de valves endobronchiques. Une étude (113), a observé une amélioration de la distension dynamique lors d'un d'effort à charge constante, avec une diminution du volume de fin d'expiration de 420 ml ($EELV = CPT - CI$) corrélée à une augmentation du temps d'endurance et de la baisse de la distension au repos (baisse du VR de 570 ml). Une autre étude (112), a observé une amélioration de la distension dynamique évaluée par une augmentation de la CI au pic (de 159 ml) et d'une baisse de l'EELV au pic (de 658 ml). 47% des patients augmentaient leur CI au pic d'au moins 200 ml. Il a été démontré après la chirurgie de réduction volumique d'emphysème, une amélioration de la capacité à l'effort permise par une réduction de la distension dynamique permettant une augmentation de la ventilation par meilleur recrutement du volume courant. (87,94,138,139). Dans notre étude, les paramètres ventilatoires (VE, FR et VT) n'étaient pas modifiés, ce qui est cohérent avec l'absence d'amélioration de la distension dynamique.

Donc, dans notre étude, on observait la persistance d'une distension dynamique sévère malgré l'amélioration de la distension thoracique. Une étude (140) montre, après traitement endobronchique (valves et coils), une aggravation de la distension dynamique après un

exercice de tachypnée malgré l'amélioration de la distension thoracique et de la CI de repos. La distension dynamique était évaluée par la différence entre la CI après et avant l'exercice de tachypnée, une valeur négative indiquant une distension dynamique. Dans cette étude, l'aggravation de la distension dynamique était corrélée à la baisse de la distension thoracique statique et de la CI de repos et ainsi qu'à une augmentation de la distance parcourue au TM6. Les auteurs émettent l'hypothèse qu'en améliorant la distension thoracique statique avec une CI de repos plus élevée, cela pourrait autoriser une plus grande capacité au développement de la distension dynamique au cours de l'effort. En effet, chez les patients plus sévèrement distendus avec une CI de repos déjà très faible, la capacité à développer une distension dynamique pourrait être réduite.

L'évaluation de la distension dynamique se faisait dans notre étude par l'évolution de la CI au repos, au pic et de la différence entre les deux. Dans les études portant sur la chirurgie de réduction volumique d'emphysème, l'évaluation de la distension dynamique se faisait sur la pente EELV par rapport à la ventilation ($\Delta EELV/\Delta VE$) avec une pente plus négative indiquant une réduction de la distension dynamique. Cette méthode d'évaluation semble plus précise que l'estimation ponctuelle d'une valeur de CI ou d'EELV qui peut dépendre de paramètres pouvant varier d'une EFX à l'autre (ventilation, durée d'effort...). Le pente $\Delta EELV/\Delta VE$ ou $\Delta CI/\Delta VE$ permet également d'inclure le niveau de gravité de la maladie dans l'évaluation de la distension dynamique (141).

7. Évolution des échanges gazeux après la procédure

Nos patients avaient une altération des échanges gazeux avec une DLCO à 29% et une P(A-a)O₂ élevée au pic qui ne s'amélioraient pas après la procédure. La DLCO ne varie pas non plus dans la plupart des études (104–106,108,109), et il n'y a pas de données concernant l'évolution du P(A-a)O₂ après la pose de valves. Ces paramètres ne s'améliorent pas non plus après chirurgie (139,142). La DLCO et la P(A-a)O₂ sont le reflet de la sévérité de l'emphysème et des anomalies de diffusion alvéolocapillaire qui ne sont pas modifiés après le traitement de réduction volumique d'emphysème car elles persistent dans les autres zones pulmonaires. De

plus, le rapport VD/VT, élevé au repos et au pic, ne s'améliorait pas après la procédure. La réduction volumique d'emphysème permettrait une redistribution de la ventilation et de la perfusion vers les zones adjacentes mais qui sont souvent, chez ces patients sévères, également le lieu d'anomalie ventilation perfusion ce qui peut expliquer la faible amélioration des échanges gazeux après le traitement (143). Nous ne connaissons pas d'étude portant sur l'évolution du rapport VD/VT après la pose de valves endobronchiques. Enfin, la PaO₂ et la PaCO₂ de nos patients ne variaient pas après la procédure ce qui est déjà rapporté dans la littérature (144). On observait une augmentation modeste de la lactactémie de repos (0,2 mmol/L) sans modification au pic, qui est la valeur plus intéressante car potentiellement responsable d'une réponse ventilatoire plus importante, non présente dans notre étude.

8. Évolution des paramètres cardio-circulatoires après la procédure

Dans notre étude, il n'y avait pas de modification des paramètres cardio-circulatoires. La majorité de nos patients arrêtaient l'effort de façon précoce par limitation ventilatoire rendant l'évaluation de l'adaptation cardio-circulatoire difficile. Du fait du retentissement direct de la distension thoracique sur l'hémodynamique, le pouls d'oxygène, reflet du débit cardiaque, peut être altéré en cas de distension dynamique (145). A notre connaissance, une seule étude rapporte l'évolution du pouls d'oxygène après la procédure et celui-ci ne s'améliore pas malgré une amélioration de la distension dynamique (112).

9. Atélectasie

Le succès des valves endobronchiques repose sur la réduction du volume du ou des lobe(s) cible(s) avec au maximum l'obtention d'une atélectasie complète, à condition que les scissures soient complètes avec l'absence de ventilation collatérale (104–106,108,109,146,147). Cette méta analyse (148) confirme que l'occlusion lobaire complète était associée à de meilleurs résultats (sur le VEMS, le SGRQ et le TM6). Dans cette étude, (113), l'atélectasie radiologique était associée à une amélioration plus importante de la capacité d'exercice, du VEMS, de la distension thoracique statique et dynamique. Dans notre étude, les scissures étaient complètes chez l'ensemble des patients à l'issue de l'étude StratX[®] et Chartis[®]. Parmi nos patients, l'atélectasie du ou des lobes cibles était obtenue chez 10 patients soit chez 76% des

patients et parmi les 3 patients non atelectasiés, une patiente avait tout de même une réduction du volume lobaire de 40%. On observait chez ces patients, une amélioration de la dyspnée (selon le score MDP et BDI) sans amélioration significative du score mMRC probablement par un manque de puissance statistique. La qualité de vie selon le SGRQ était améliorée. La réduction de la distension thoracique semblait également plus franche dans ce sous-groupe avec une diminution du VR, de la CRF, de la CPT et du rapport VR/CPT. On observait également, comme dans les grandes études portant sur les valves endobronchiques (106–109), une amélioration de l'obstruction bronchique avec une augmentation du VEMS. Ni la capacité d'effort évaluée par la VO₂ pic ni le test de marche 6 minutes ne s'amélioraient. La distension dynamique ne s'améliorait pas non plus mais dans ce sous-groupe l'effectif de patient ayant eu des mesures de capacités inspiratoires était faible. On observait cependant dans ce sous-groupe des rapports VE/VO₂ et VE/CO₂ significativement plus élevés après la procédure probablement en lien avec une augmentation de la ventilation en réponse à la diminution de la distension thoracique.

10. Effets indésirables

Dans notre étude, le taux d'événements indésirables était élevé. En effet, 69% de nos patients ont eu au moins un événement indésirable de la procédure jusqu'à la réévaluation ce qui est plus élevé que, par exemple, dans cette étude (107) dans laquelle il est de 44%. De plus, 61% de nos patients ont présenté une exacerbation de BPCO (23% au décours de la procédure et 53% au cours du suivi) ce qui est beaucoup plus important que dans la littérature où le taux d'exacerbation est par exemple de 16% cette étude (107). Le taux de pneumothorax retrouvé dans notre étude était similaire aux données de la littérature, aux alentours de 20% (106,107,109).

11. Forces et faiblesses de l'étude

La force de notre étude réside sur son caractère original. En effet, c'est l'une des seules études portant sur l'évolution de la capacité d'exercice grâce à la VO₂ pic après la pose de valves endobronchiques, la plupart des études portent sur le test de marche 6 minutes. Notre étude inclue également l'évaluation de la dyspnée de façon multidimensionnelle et de l'impact de la

maladie en utilisant plusieurs questionnaires (MDP, BDI/TDI, SGRQ, CAT et HAD), les données d'EFR complètes avec les données d'oscillations forcées, peu renseignées dans la littérature. Elle étudie également de façon complète les données d'épreuves fonctionnelles à l'exercice avec notamment l'étude de la distension dynamique après la pose de valves endobronchiques, également peu renseignées dans la littérature.

Cependant, notre étude comporte plusieurs limites. La première concerne le nombre important de patients perdus de vue n'ayant pas réalisé d'EFX à la réévaluation avec, pour la plupart, des raisons inconnues. Ceci peut être responsable d'un biais d'attrition. Ce nombre important de patients exclus rend notre effectif faible ce qui participe au manque de puissance statistique de nos résultats. Ensuite, nous avons un nombre important de données manquantes et notamment sur questionnaires de dyspnée probablement du fait de leur multiplicité. De nombreuses données nous manquent également sur la distension dynamique qui n'a pas été systématiquement recherchée, notamment en pré procédure. De plus, notre étude étant monocentrique, cela peut gêner la généralisation des données. Enfin, l'évaluation après la procédure est assez hétérogène, et est soit précoce à 3 mois soit relativement tardive à 12 mois, cependant la majorité des patients ont eu une évaluation intermédiaire à 6 mois.

CONCLUSION

Après la pose de valves endobronchiques, on observait chez 13 patients BPCO sévères une amélioration de la dyspnée sur le score mMRC et sur le score A1 du questionnaire MDP ainsi que de la distension thoracique. Cependant, la capacité à l'effort, évaluée par la VO₂ pic, ne s'améliorait pas probablement en lien avec la persistance d'une distension dynamique très sévère.

BIBLIOGRAPHIE

1. Aubier M, Marthan R, Berger P, Chambellan A, Chanez P, Aguilaniu B, et al. BPCO et inflammation: mise au point d'un groupe d'experts. Les mécanismes de l'inflammation et du remodelage. *Rev Mal Respir.* déc 2010;27(10):1254-66.
2. Hogg JC, Buzatu L, Coxson HO. The Nature of Small-Airway Obstruction in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *N Engl J Med.* 2004;9.
3. Burgel PR, Bourdin A, Pilette C, Garcia G, Chanez P, Tillie-Leblond I. Modifications structurales et inflammation dans la BPCO : importance des voies aériennes distales. *Rev Mal Respir.* juin 2011;28(6):749-60.
4. Hirota N, Martin JG. Mechanisms of Airway Remodeling. *Chest.* sept 2013;44(3):1026-32.
5. Huang X, Mu X, Deng L, Fu A, Pu E, Tang T, et al. The etiologic origins for chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* mai 2019;Volume 14:1139-58.
6. Strange C. Alpha-1 Antitrypsin Deficiency Associated COPD. *Clin Chest Med.* sept 2020;41(3):339-45.
7. Postma DS, Bush A, van den Berge M. Risk factors and early origins of chronic obstructive pulmonary disease. *The Lancet.* mars 2015;385(9971):899-909.
8. Vogelmeier CF, Criner GJ, Martinez FJ, Anzueto A, Barnes PJ, Bourbeau J, et al. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Lung Disease 2017 Report: GOLD Executive Summary. *Eur Respir J.* mars 2017;49(3):1700214.
9. SPF. Épidémiologie descriptive de la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) en France
10. Bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) [Internet]. [cité 8 janv 2023]. Disponible sur: [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd))
11. Inserm [Internet]. Bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) · Inserm, La science pour la santé. Disponible sur: <https://www.inserm.fr/dossier/bronchopneumopathie-chronique-obstructive-bpco/>
12. POCKET-GUIDE-GOLD-2023-ver-1.2-17Feb2023_WMV.pdf.
13. Comprendre la BPCO (bronchopneumopathie chronique obstructive) [Internet]. [cité 5 juin 2023]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/bpco-bronchite-chronique/comprendre-bpco>
14. O'Donnell DE, Banzett RB, Carrieri-Kohlman V, Casaburi R, Davenport PW, Gandevia SC, et al. Pathophysiology of Dyspnea in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Roundtable. *Proc Am Thorac Soc.* 1 mai 2007;4(2):145-68.
15. O'Donnell DE, Milne KM, James MD, de Torres JP, Neder JA. Dyspnea in COPD: New Mechanistic Insights and Management Implications. *Adv Ther.* janv 2020;37(1):41-60.
16. O'Donnell DE, Laveneziana P. Dyspnea and Activity Limitation in COPD: Mechanical Factors. *COPD J Chronic Obstr Pulm Dis.* janv 2007;4(3):225-36.
17. Müllerová H, Lu C, Li H, Tabberer M. Prevalence and Burden of Breathlessness in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease Managed in Primary Care. De Torres JP, éditeur. *PLoS ONE.* 10 janv 2014;9(1):e85540.
18. Miravittles M. Geographic differences in clinical characteristics and management of COPD: the EPOCA study. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* déc 2008;Volume 3:803-14.
19. Parshall MB, Schwartzstein RM, Adams L, Banzett RB, Manning HL, Bourbeau J, et al. An Official American Thoracic Society Statement: Update on the Mechanisms, Assessment, and Management of Dyspnea. *Am J Respir Crit Care Med.* 15 févr 2012;185(4):435-52.
20. Perez T. La dyspnée : pourquoi l'évaluer et comment ? *Arch Mal Prof Environ.* nov 2014;75(5):537-8.
21. Celli BR, Casanova C, Plata VP. The Body-Mass Index, Airflow Obstruction, Dyspnea, and Exercise Capacity Index in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *N Engl J Med.* 2004;8.
22. Panagiotou M, Kastanakis E, Vogiatzis I. Exercise Limitation in COPD. 2013;26(3).
23. O'Donnell DE, Reville SM, Webb KA. Dynamic Hyperinflation and Exercise Intolerance in

- Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Respir Crit Care Med.* sept 2001;164(5):770-7.
24. Hensch I, Strang S, Löfdahl CG, Ekberg-Jansson A. Health-related quality of life in a nationwide cohort of patients with COPD related to other characteristics. *Eur Clin Respir J.* 27 mai 2016;3:10.3402/ecrj.v3.31459.
25. Neuman Å, Gunnbjörnsdóttir M, Tunsäter A, Nyström L, Franklin KA, Norrman E, et al. Dyspnea in relation to symptoms of anxiety and depression: A prospective population study. *Respir Med.* 1 oct 2006;100(10):1843-9.
26. Blakemore A, Dickens C, Guthrie E, Bower P, Kontopantelis E, Afzal C, et al. Depression and anxiety predict health-related quality of life in chronic obstructive pulmonary disease: systematic review and meta-analysis. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* mai 2014;501.
27. Bailey PH. The Dyspnea-Anxiety-Dyspnea Cycle—COPD Patients' Stories of Breathlessness: "It's Scary /When you Can't Breathe". *Qual Health Res.* juill 2004;14(6):760-78.
28. Cooper CB. The Connection Between Chronic Obstructive Pulmonary Disease Symptoms and Hyperinflation and Its Impact on Exercise and Function. *Am J Med.* oct 2006;119(10):21-31.
29. Laveneziana P, Similowski T, Morelot-Panzini C. Multidimensional approach to dyspnea: *Curr Opin Pulm Med.* mars 2015;21(2):127-32.
30. Perez T, Garcia G, Roche N, Bautin N, Chambellan A, Chaouat A, et al. Société de pneumologie de langue française. Recommandation pour la pratique clinique. Prise en charge de la BPCO. Mise à jour 2012. Thème mis à jour : exploration fonctionnelle respiratoire (Texte court). *Rev Mal Respir.* janv 2014;31(1):85-90.
31. Wilson RC, Jones PW. Long-term reproducibility of Borg scale estimates of breathlessness during exercise. *Clin Sci.* 1 avr 1991;80(4):309-12.
32. Ries AL. Minimally Clinically Important Difference for the UCSD Shortness of Breath Questionnaire, Borg Scale, and Visual Analog Scale. *COPD J Chronic Obstr Pulm Dis.* janv 2005;2(1):105-10.
33. Bestall JC, Paul EA, Garrod R, Garnham R, Jones PW, Wedzicha JA. Usefulness of the Medical Research Council (MRC) dyspnoea scale as a measure of disability in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax.* 1 juill 1999;54(7):581-6.
34. Laurendeau C, Pribil C, Perez T, Roche N, Simeoni MC, Detournay B. Étude de validation de l'échelle BDI/TDI dans la bronchopneumopathie chronique obstructive. *Rev Mal Respir.* sept 2009;26(7):735-43.
35. Meek PM, Banzett R, Parshall MB, Gracely RH, Schwartzstein RM, Lansing R. Reliability and Validity of the Multidimensional Dyspnea Profile. *Chest.* juin 2012;141(6):1546-53.
36. Banzett RB, O'Donnell CR, Guilfoyle TE, Parshall MB, Schwartzstein RM, Meek PM, et al. Multidimensional Dyspnea Profile: an instrument for clinical and laboratory research. *Eur Respir J.* juin 2015;45(6):1681-91.
37. Yorke J, Moosavi SH, Shuldham C, Jones PW. Quantification of dyspnoea using descriptors: development and initial testing of the Dyspnoea-12. *Thorax.* 1 janv 2010;65(1):21-6.
38. Bouchet C, Guillemin F, Thi THH, Cornette A. Validation du questionnaire St Georges pour mesurer la qualité de vie chez les insuffisants respiratoires chroniques.
39. Jones PW, Harding G, Berry P, Wiklund I, Chen WH, Kline Leidy N. Development and first validation of the COPD Assessment Test. *Eur Respir J.* 1 sept 2009;34(3):648-54.
40. Mainguy V, Provencher S. Le test de marche : un outil essentiel en pneumologie.
41. Solway S, Brooks D, Lacasse Y, Thomas S. A Qualitative Systematic Overview of the Measurement Properties of Functional Walk Tests Used in the Cardiorespiratory Domain. *Chest.* janv 2001;119(1):256-70.
42. Boutou AK, Zafeiridis A, Pitsiou G, Dipla K, Kioumis I, Stanopoulos I. Cardiopulmonary exercise testing in chronic obstructive pulmonary disease: An update on its clinical value and applications. *Clin Physiol Funct Imaging.* juill 2020;40(4):197-206.
43. ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 15 janv 2003;167(2):211-77.
44. Laveneziana P, Dubé BP, Garcia G. L'épreuve d'effort pour les pneumologues.

45. Valentin V, Bart F, Grosbois JM, Chabrol J, Terce G, Wallaert B. Épreuve fonctionnelle à l'exercice et dyspnée inexpliquée : à propos de 194 cas. *Rev Mal Respir.* mai 2019;36(5):591-9.
46. Ferrazza AM, Martolini D, Valli G, Palange P. Cardiopulmonary Exercise Testing in the Functional and Prognostic Evaluation of Patients with Pulmonary Diseases. *Respiration.* 2009;77(1):3-17.
47. Guenette JA, Webb KA, O'Donnell DE. Does dynamic hyperinflation contribute to dyspnoea during exercise in patients with COPD? *Eur Respir J.* août 2012;40(2):322-9.
48. O'Donnell DE, Webb KA. Exertional Breathlessness in Patients with Chronic Airflow Limitation: The Role of Lung Hyperinflation. *Am Rev Respir Dis.* nov 1993;148(5):1351-7.
49. Fessler HE, Scharf SM, Ingenito EP, McKenna RJ, Sharafkhaneh A. Physiologic Basis for Improved Pulmonary Function after Lung Volume Reduction. *Proc Am Thorac Soc.* 1 mai 2008;5(4):416-20.
50. Eltayara L, Becklake MR, Volta CA, Milic-Emili J. Relationship between chronic dyspnea and expiratory flow limitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* déc 1996;154(6):1726-34.
51. Vermeulen F, Garcia G, Ninane V, Laveneziana P. Activity limitation and exertional dyspnea in adult asthmatic patients: What do we know? *Respir Med.* août 2016;117:122-30.
52. Ghilain A, Marchand E. Oscillations forcées et évaluation fonctionnelle de la dyspnée associée à la BPCO. *Rev Mal Respir.* oct 2022;39(8):659-68.
53. Hayot M, Milic-Emili J. La distension pulmonaire dynamique et son exploration chez le malade atteint d affection obstructive chronique. 2000;(4):4.
54. Soumagne T, Degano B. physiopathologie, conséquences sur la mécanique ventilatoire et stratégies thérapeutiques. *MISE AU POINT.* :8.
55. O'Donnell DE, Milne KM, James MD, de Torres JP, Neder JA. Dyspnea in COPD: New Mechanistic Insights and Management Implications. *Adv Ther.* janv 2020;37(1):41-60.
56. De Troyer A. Effect of hyperinflation on the diaphragm. *Eur Respir J.* 1 mars 1997;10(3):708-13.
57. Tzani P, Aiello M, Elia D, Boracchia L, Marangio E, Olivieri D, et al. Dynamic hyperinflation is associated with a poor cardiovascular response to exercise in COPD patients. *Respir Res.* déc 2011;12(1):150.
58. Maury G, Marchand E. Distension thoracique et BPCO, au-delà de la mécanique respiratoire et de la dyspnée. *Rev Mal Respir.* févr 2009;26(2):153-65.
59. Perez T, Guenard H. Comment mesurer et suivre la distension pulmonaire au cours de la BPCO. *Rev Mal Respir.* avr 2009;26(4):381-93.
60. Perez T. Capacité inspiratoire : un paramètre fonctionnel simple et pertinent - Inspiratory capacity: a simple and relevant functional parameter. 2004;(3):6.
61. O'Donnell DE, Lam M, Webb KA. Measurement of Symptoms, Lung Hyperinflation, and Endurance during Exercise in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. 1998;158:9.
62. Laveneziana P, Webb KA, Ora J, Wadell K, O'Donnell DE. Evolution of Dyspnea during Exercise in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Impact of Critical Volume Constraints. *Am J Respir Crit Care Med.* 15 déc 2011;184(12):1367-73.
63. O'Donnell DE, Laveneziana P. The Clinical Importance of Dynamic Lung Hyperinflation in COPD. *COPD J Chronic Obstr Pulm Dis.* janv 2006;3(4):219-32.
64. Diaz O, Villafranca C, Ghezzi H, Borzone G, Leiva A, Milic-Emil J, et al. Role of inspiratory capacity on exercise tolerance in COPD patients with and without tidal expiratory flow limitation at rest. *Eur Respir J.* août 2000;16(2):269.
65. Milne KM, Domnik NJ, Phillips DB, James MD, Vincent SG, Neder JA, et al. Evaluation of Dynamic Respiratory Mechanical Abnormalities During Conventional CPET. *Front Med.* 10 sept 2020;7:548.
66. Elbehairy AF, Ciavaglia CE, Webb KA, Guenette JA, Jensen D, Mourad SM, et al. Pulmonary Gas Exchange Abnormalities in Mild Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Implications for Dyspnea and Exercise Intolerance. *Am J Respir Crit Care Med.* 15 juin 2015;191(12):1384-94.
67. Laveneziana P, Weatherald J. Pulmonary Vascular Disease and Cardiopulmonary

Exercise Testing. *Front Physiol.* 5 août 2020;11:964.

68. Caviedes I. Ventilatory inefficiency: a key physiopathological mechanism increasing dyspnea and reducing exercise capacity in chronic obstructive pulmonary disease. *J Thorac Dis.* juill 2021;13(7):4614-7.
69. Díaz O, Villafranca C, Ghezzi H, Borzone G, Leiva A, Milic-Emili J, et al. Breathing pattern and gas exchange at peak exercise in COPD patients with and without tidal flow limitation at rest. *Eur Respir J.* juin 2001;17(6):1120-7.
70. Rutten FH, Cramer MJM, Lammers JWJ, Grobbee DE, Hoes AW. Heart failure and chronic obstructive pulmonary disease: An ignored combination? *Eur J Heart Fail.* nov 2006;8(7):706-11.
71. Maltais F, Simard AA, Simard C, Jobin J, Desgagnés P, LeBlanc P. Oxidative capacity of the skeletal muscle and lactic acid kinetics during exercise in normal subjects and in patients with COPD. *Am J Respir Crit Care Med.* janv 1996;153(1):288-93.
72. Patessio A, Casaburi R, Carone M, Appendini L, Donner CF, Wasserman K. Comparison of Gas Exchange, Lactate, and Lactic Acidosis Thresholds in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. 1993;148.
73. Bock K, Bendstrup E, Hilberg O, Løkke A. Screening tools for evaluation of depression in Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD). A systematic review. *Eur Clin Respir J.* 1 janv 2017;4(1):1332931.
74. Carette H, Zysman M, Perrin J, Gomez E, Guillaumot A, Risse B, et al. Prise en charge de la dyspnée chez les patients atteints de BPCO, étude en vraie vie en région Lorraine. *Rev Mal Respir.* 1 janv 2018;35:A12-3.
75. Regvat J, Žmitek A, Vegnuti M, Košnik M, Šuškovič S. Anxiety and Depression during Hospital Treatment of Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *J Int Med Res.* juin 2011;39(3):1028-38.
76. Brinchault G, Diot P, Dixmier A, Goupil F, Guillaus P, Gut-Gobert C, et al. Les comorbidités dans la BPCO. *Rev Pneumol Clin.* déc 2015;71(6):342-9.
77. Pratter MR, Abouzgheib W, Akers S, Kass J, Bartter T. An algorithmic approach to chronic dyspnea. *Respir Med.* juill 2011;105(7):1014-21.
78. Réthoret-Lacatis C. Obésité et pathologie respiratoire. *Rev Médicale Suisse.* 2008;
79. McCarthy B, Casey D, Devane D, Murphy K, Murphy E, Lacasse Y. Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Airways Group, éditeur. Cochrane Database Syst Rev [Internet].* 24 févr 2015
80. Puhan MA, Gimeno-Santos E, Cates CJ, Troosters T. Pulmonary rehabilitation following exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Airways Group, éditeur. Cochrane Database Syst Rev [Internet].* 8 déc 2016 [cité 29 nov 2022];2019(11).
81. Currow DC, Abernethy AP, Ko DN. The active identification and management of chronic refractory breathlessness is a human right. :2.
82. Wiseman R, Rowett D, Allcroft P, Abernethy A, Currow D. Chronic refractory dyspnoea. *Evid Based Manag.*
83. GOLD-POCKET-GUIDE-2022-v1.1-22Nov2021_WMV.pdf.
84. Gelb AF, McKenna RJ, Brenner M, Fischel R, Baydur A, Zamel N. Contribution of Lung and Chest Wall Mechanics Following Emphysema Resection. *Chest.* juill 1996;110(1):11-7.
85. O'Donnell DE, Webb KA, Bertley JC, Chau LaurenceKL, Conlan AA. Mechanisms of Relief of Exertional Breathlessness Following Unilateral Bullectomy and Lung Volume Reduction Surgery in Emphysema. *Chest.* juill 1996;110(1):18-27.
86. Marchand E, Gayan-Ramirez G, de Leyn P, decramer M. Physiological basis of improvement after lung volume reduction surgery for severe emphysema: where are we? *Eur Respir J.* 1 mars 1999;13(3):686-96.
87. Keller CA, Ruppel G, Hibbett A, Osterloh J, Naunheim KS. Thoracoscopic Lung Volume Reduction Surgery Reduces Dyspnea and Improves Exercise Capacity in Patients with Emphysema. *Am J Respir Crit Care Med.* juill 1997;156(1):60-7.
88. Miller JD, Malthaner RA, Goldsmith CH, Mb GC, Higgins D, Stubbing D, et al. emphysema and the Canadian Lung Volume Reduction Surgery (CLVR) Project. 1999;6(1):8.
89. Cooper JD, Trulock EP, Triantafillou AN, Patterson GA, Pohl MS, Deloney PA, et al.

- Bilateral pneumectomy (volume reduction) for chronic obstructive pulmonary disease. *J Thorac Cardiovasc Surg.* janv 1995;109(1):106-19.
90. A Randomized Trial Comparing Lung-Volume–Reduction Surgery with Medical Therapy for Severe Emphysema. *N Engl J Med.* 2003;15.
91. Goldstein RS. Influence of lung volume reduction surgery (LVRS) on health related quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax.* 1 mai 2003;58(5):405-10.
92. Geddes D, Pastorino U, Macneill SJ, Goldstraw P. Effect of Lung-Volume–Reduction Surgery in Patients with Severe Emphysema. *N Engl J Med.* 2000;7.
93. Criner GJ, Cordova FC, Furukawa S, Kuzma AM, Travaline JM, Leyenson V, et al. Prospective Randomized Trial Comparing Bilateral Lung Volume Reduction Surgery to Pulmonary Rehabilitation in Severe Chronic Obstructive Pulmonary Disease. 1999;160.
94. Lammi MR, Marchetti N, Criner GJ. Reduced dynamic hyperinflation after LVRS is associated with improved exercise tolerance. *Respir Med.* oct 2014;108(10):1491-7.
95. Armstrong HF, Dussault NE, Thirapatarapong W, Lemieux RS, Thomashow BM, Bartels MN. Ventilatory Efficiency Before and After Lung Volume Reduction Surgery. *Respir Care.* 1 janv 2015;60(1):63-71.
96. van Agteren JE, Hnin K, Grosser D, Carson KV, Smith BJ. Bronchoscopic lung volume reduction procedures for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Airways Group, éditeur. Cochrane Database Syst Rev [Internet].* 23 févr 2017 [cité 6 nov 2022]; Disponible sur: <https://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD012158.pub2>
97. Mal H, Bunel V, Marceau A, Dombret MC, Debray MP, Crestani B. Réduction de volume pulmonaire endoscopique dans l'emphysème. *Rev Mal Respir.* sept 2019;36(7):880-8.
98. Slebos DJ, Shah PL, Herth FJF, Valipour A. Endobronchial Valves for Endoscopic Lung Volume Reduction: Best Practice Recommendations from Expert Panel on Endoscopic Lung Volume Reduction. *Respiration.* 2017;93(2):138-50.
99. HAS ZEPHYR, système de valves endobronchiques.pdf.
100. Slebos DJ, Shah PL, Herth FJF, Valipour A. Endobronchial Valves for Endoscopic Lung Volume Reduction: Best Practice Recommendations from Expert Panel on Endoscopic Lung Volume Reduction. *Respiration.* 2017;93(2):138-50.
101. Herth FJF, Eberhardt R, Gompelmann D, Ficker JH, Wagner M, Ek L, et al. Radiological and clinical outcomes of using Chartis™ to plan endobronchial valve treatment. *Eur Respir J.* févr 2013;41(2):302-8.
102. Egenod T, Tricard J, Fumat R, Simonneau Y, Favard F, Guillot MS, et al. Two-Stage Bronchoscopic Endobronchial Valve Treatment Can Lead to Progressive Lung Volume Reduction and May Decrease Pneumothorax Risk. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* juin 2021;Volume 16:1957-65.
103. Klooster K, Hartman JE, ten Hacken NHT, Slebos DJ. One-Year Follow-Up after Endobronchial Valve Treatment in Patients with Emphysema without Collateral Ventilation Treated in the STELVIO Trial. *Respiration.* 2017;93(2):112-21.
104. the BeLieVeR-HiFi study.pdf.
105. Sciruba FC, Strange C, Kovitz KL, Goldin J. A Randomized Study of Endobronchial Valves for Advanced Emphysema. *N Engl J Med.* 2010;12.
106. Kemp SV, Slebos DJ, Kirk A, Kornaszewska M, Carron K, Ek L, et al. A Multicenter Randomized Controlled Trial of Zephyr Endobronchial Valve Treatment in Heterogeneous Emphysema (TRANSFORM). *Am J Respir Crit Care Med.* 15 déc 2017;196(12):1535-43.
107. Valipour A, Slebos DJ, Herth F, Darwiche K, Wagner M, Ficker JH, et al. Endobronchial Valve Therapy in Patients with Homogeneous Emphysema. Results from the IMPACT Study. *Am J Respir Crit Care Med.* 1 nov 2016;194(9):1073-82.
108. Klooster K, ten Hacken NHT, Hartman JE, Kerstjens HAM, van Rikxoort EM, Slebos DJ. Endobronchial Valves for Emphysema without Interlobar Collateral Ventilation. *N Engl J Med.* 10 déc 2015;373(24):2325-35.
109. Criner GJ, Sue R, Wright S, Dransfield M, Rivas-Perez H, Wiese T, et al. A Multicenter Randomized Controlled Trial of Zephyr Endobronchial Valve Treatment in Heterogeneous Emphysema (LIBERATE). *Am J Respir Crit Care Med.* 1 nov 2018;198(9):1151-64.
110. Labarca G, Uribe JP, Pacheco C, Folch E, Kheir F, Majid A, et al. Bronchoscopic Lung

- Volume Reduction with Endobronchial Zephyr Valves for Severe Emphysema: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Respiration*. 2019;98(3):268-78.
111. Dransfield MT, Garner JL, Bhatt SP, Slebos DJ, Klooster K, Sciruba FC, et al. Effect of Zephyr Endobronchial Valves on Dyspnea, Activity Levels, and Quality of Life at One Year. Results from a Randomized Clinical Trial. *Ann Am Thorac Soc*. juill 2020;17(7):829-38.
112. Fumat R, Dupuis M, Mallah S, Heluain V, Favard F, Simonneau Y, et al. Impact of bronchoscopic lung volume reduction with endobronchial valves on dynamic hyperinflation: Results from the PIERCE study. *Respirology*. juin 2023;28(6):525-32.
113. Hopkinson NS, Toma TP, Hansell DM, Goldstraw P, Moxham J, Geddes DM, et al. Effect of Bronchoscopic Lung Volume Reduction on Dynamic Hyperinflation and Exercise in Emphysema. *Am J Respir Crit Care Med*. 1 mars 2005;171(5):453-60.
114. Zigmond AS, Snaith RP. The Hospital Anxiety and Depression Scale. *Acta Psychiatr Scand*. juin 1983;67(6):361-70.
115. Beaumont M. Intérêt du questionnaire de qualité de vie Saint-George chez les patients atteints de BPCO. *Kinésithérapie Rev*. févr 2010;10(98):23-6.
116. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med*. 15 oct 2019;200(8):e70-88.
117. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH, et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur Respir J*. déc 2012;40(6):1324-43.
118. Capron T, Bourdin A, Perez T, Chanez P. COPD beyond proximal bronchial obstruction: phenotyping and related tools at the bedside. *Eur Respir Rev*. 30 juin 2019;28(152):190010.
119. Clinical applications of forced oscillation to assess peripheral airway function.pdf.
120. King GG, Bates J, Berger KI, Calverley P, de Melo PL, Dellacà RL, et al. Technical standards for respiratory oscillometry. *Eur Respir J*. févr 2020;55(2):1900753.
121. Holland AE, Spruit MA, Troosters T, Puhan MA, Pepin V, Saey D, et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J*. déc 2014;44(6):1428-46.
122. Radtke T, Crook S, Kaltsakas G, Louvaris Z, Berton D, Urquhart DS, et al. ERS statement on standardisation of cardiopulmonary exercise testing in chronic lung diseases. *Eur Respir Rev*. 31 déc 2019;28(154):180101.
123. Aguilaniu B, Wallaert B. De l'interprétation de l'exploration fonctionnelle d'exercice (EFX) à la décision médicale. *Rev Mal Respir*. juin 2013;30(6):498-515.
124. Guenette JA, Chin RC, Cory JM, Webb KA, O'Donnell DE. Inspiratory Capacity during Exercise: Measurement, Analysis, and Interpretation. *Pulm Med*. 2013;2013:1-13.
125. Péronnet F, Aguilaniu B. Ventilation pulmonaire et alvéolaire, échanges gazeux et gaz du sang à l'exercice en rampe. *Rev Mal Respir*. oct 2012;29(8):1017-34.
126. De Torres JP, Pinto-Plata V, Ingenito E, Bagley P, Gray A, Berger R, et al. Power of Outcome Measurements to Detect Clinically Significant Changes in Pulmonary Rehabilitation of Patients With COPD. *Chest*. avr 2002;121(4):1092-8.
127. Kon SSC, Canavan JL, Jones SE, Nolan CM, Clark AL, Dickson MJ, et al. Minimum clinically important difference for the COPD Assessment Test: a prospective analysis. *Lancet Respir Med*. mars 2014;2(3):195-203.
128. Jones PW. St. George's Respiratory Questionnaire: MCID. *COPD J Chronic Obstr Pulm Dis*. janv 2005;2(1):75-9.
129. Hartman JE, ten Hacken NHT, Klooster K, Boezen HM, de Greef MHG, Slebos DJ. The minimal important difference for residual volume in patients with severe emphysema. *Eur Respir J*. nov 2012;40(5):1137-41.
130. Puhan MA, Mador MJ, Held U, Goldstein R, Guyatt GH, Schunemann HJ. Interpretation of treatment changes in 6-minute walk distance in patients with COPD. *Eur Respir J*. 1 sept 2008;32(3):637-43.
131. Morélot-Panzini C, Gilet H, Aguilaniu B, Devillier P, Didier A, Perez T, et al. Real-life assessment of the multidimensional nature of dyspnoea in COPD outpatients. *Eur Respir J*.

juin 2016;47(6):1668-79.

132. Jones P, Miravittles M, van der Molen T, Kulich K. Beyond FEV1 in COPD: a review of patient-reported outcomes and their measurement. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2012;7:697-709.

133. Puente-Maestu L, Palange P, Casaburi R, Laveneziana P, Maltais F, Neder JA, et al. Use of exercise testing in the evaluation of interventional efficacy: an official ERS statement. *Eur Respir J.* févr 2016;47(2):429-60.

134. Stringer W, Marciniuk D. The Role of Cardiopulmonary Exercise Testing (CPET) in Pulmonary Rehabilitation (PR) of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) Patients. *COPD J Chronic Obstr Pulm Dis.* 2 nov 2018;15(6):621-31.

135. Troosters T, Vilaro J, Rabinovich R, Casas A, Barbera JA, Rodriguez-Roisin R, et al. Physiological responses to the 6-min walk test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J.* 1 sept 2002;20(3):564-9.

136. Satake M, Shioya T, Takahashi H, Sugawara K, Kasai C, Watanabe T, et al. Dynamic hyperinflation and dyspnea during the 6-minute walk test in stable chronic obstructive pulmonary disease patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* janv 2015;153.

137. Baarends EM, Schols AMWJ, Mostert R, Janssen PP, Wouters EFM. Analysis of the Metabolic and Ventilatory Response to Self-Paced 12-Minute Treadmill Walking in Patients With Severe Chronic Obstructive Pulmonary Disease: *J Cardpulm Rehabil.* janv 1998;18(1):23-31.

138. Benditt JO, Lewis S, Wood DE, Klima L, Albert RK. Lung Volume Reduction Surgery Improves Maximal O₂ Consumption, Maximal Minute Ventilation, O₂ Pulse, and Dead Space-to-Tidal Volume Ratio during Leg Cycle Ergometry. *Am J Respir Crit Care Med.* 1 août 1997;156(2):561-6.

139. Ferguson GT, Fernandez E, Zamora MR, Pomerantz M, Buchholz J, Make BJ. Improved Exercise Performance Following Lung Volume Reduction Surgery for Emphysema. *Am J Respir Crit Care Med.* 1 avr 1998;157(4):1195-203.

140. van Dijk M, Klooster K, Hartman JE, ten Hacken NHT, Slebos DJ. Change in Dynamic Hyperinflation After Bronchoscopic Lung Volume Reduction in Patients with Emphysema. *Lung.* oct 2020;198(5):795-801.

141. Dolmage TE, Evans RA, Goldstein RS. Defining hyperinflation as 'dynamic': Moving toward the slope. *Respir Med.* juill 2013;107(7):953-8.

142. Oswald-Mammosser M, Kessler R, Massard G, Wihlm JM, Weitzenblum E, Lonsdorfer J. Effect of Lung Volume Reduction Surgery on Gas Exchange and Pulmonary Hemodynamics at Rest and during Exercise. *Am J Respir Crit Care Med.* 1 oct 1998;158(4):1020-5.

143. Van Dijk M, Klooster K, Ten Hacken NHT, Sciruba F, Kerstjens HuibAM, Slebos DJ. The effects of lung volume reduction treatment on diffusing capacity and gas exchange. *Eur Respir Rev.* 31 déc 2020;29(158):190171.

144. Venuta F, De Giacomo T, Rendina EA, Ciccone AM, Diso D, Perrone A, et al. Bronchoscopic Lung-Volume Reduction With One-Way Valves in Patients With Heterogenous Emphysema. *Ann Thorac Surg.* févr 2005;79(2):411-6.

145. Vassaux C, Torre-Bouscoulet L, Zeineldine S, Cortopassi F, Paz-Diaz H, Celli BR, et al. Effects of hyperinflation on the oxygen pulse as a marker of cardiac performance in COPD. *Eur Respir J.* 1 nov 2008;32(5):1275-82.

146. Herth FJF, Noppen M, Valipour A, Leroy S, Vergnon JM, Ficker JH, et al. Efficacy predictors of lung volume reduction with Zephyr valves in a European cohort. *Eur Respir J.* juin 2012;39(6):1334-42.

147. Eberhardt R, Gompelmann D, Schuhmann M, Reinhardt H, Ernst A, Heussel CP, et al. Complete Unilateral vs Partial Bilateral Endoscopic Lung Volume Reduction in Patients With Bilateral Lung Emphysema. *Chest.* oct 2012;142(4):900-8.

148. Iftikhar IH, McGuire FR, Musani AI. Predictors of efficacy for endobronchial valves in bronchoscopic lung volume reduction: A meta-analysis. *Chron Respir Dis.* 1 nov 2014;11(4):237-45.

ANNEXES

Annexe 1 : échelle mMRC

Grade 0 : Absence de gêne liée au souffle, sauf pour des exercices physiques intenses

Grade 1 : Gêné par l'essoufflement à la marche rapide ou en gravissant une légère colline

Grade 2 : Sur terrain plat, marche plus lentement que les personnes du même âge en raison de l'essoufflement, ou doit s'arrêter pour respirer en marchant à son propre rythme

Grade 3 : Arrête pour respirer après 100 mètres ou quelques minutes de marche sur terrain plat

Grade 4 : Trop essoufflé pour quitter la maison, ou essoufflement en s'habillant ou se déshabillant

Annexe 2 : Baseline Dyspnea index

BASELINE DYSPNEA INDEX (BDI)

Entourez une réponse décrivant le mieux la manière dont l'affection respiratoire influe sur la vie quotidienne du patient / de la patiente.

Les activités habituelles correspondent aux tâches de la vie quotidienne, à l'entretien et au nettoyage du logement, aux travaux d'entretien de la cour et de jardinage, aux courses, etc.

1. Handicap fonctionnel :

___ Degré 4	<i>Aucun handicap</i>	Capable d'effectuer les activités habituelles et professionnelles sans essoufflement.
___ Degré 3	<i>Léger handicap</i>	Handicap marqué lors d'au moins une activité, mais aucune des activités n'est complètement abandonnée. Réduction des activités professionnelles ou habituelles, que le manque de souffle provoque légèrement ou de façon non évidente.
___ Degré 2	<i>Handicap modéré</i>	Le patient a dû changer d'emploi <i>et/ou</i> abandonner au moins une de ses activités habituelles en raison de l'essoufflement.
___ Degré 1	<i>Grave handicap</i>	Le patient est incapable de travailler <i>ou</i> a dû abandonner la plupart ou la totalité de ses activités habituelles en raison de l'essoufflement.
___ Degré 0	<i>Très grave handicap</i>	Le patient est incapable de travailler et a dû abandonner la plupart ou l'intégralité de ses activités habituelles suite à ses problèmes de manque de souffle.
___W	<i>Niveau indéterminé</i>	L'essoufflement handicape le patient, mais son niveau ne peut être spécifié. Les informations sont insuffisantes et ne permettent pas de catégoriser le handicap.
___X	<i>Inconnu</i>	Pas d'information disponible sur le handicap.
___Y	<i>Handicap provoqué par des causes autres que l'essoufflement</i>	Par exemple, problème musculo-squelettique ou douleur dans la poitrine.

2. Amplitude de l'activité :

___ Degré 4	<i>Extraordinaire</i>	S'essouffle seulement lors d'activités extraordinaires telles que le fait de porter des charges très lourdes sur une surface plane, de monter une côte avec des charges plus légères ou de courir. Pas d'essoufflement lors de tâches ordinaires
___ Degré 3	<i>Importante</i>	Devient essoufflé lors d'activités importantes telles que le fait de monter une forte côte, plus de trois étages par l'escalier ou de porter une charge modérée sur une surface plane.
___ Degré 2	<i>Moyenne</i>	Devient essoufflé lors d'activités modérées ou d'intensité moyenne telles que le fait de monter une côte de déclivité moyenne, moins de trois étages par l'escalier ou de porter une charge légère sur une surface plane.
___ Degré 1	<i>Légère</i>	Devient essoufflé lors d'activités légères telles que le fait de marcher sur une surface plane, de se laver ou de rester en position debout.
___ Degré 0	<i>Aucune activité</i>	S'essouffle en étant au repos, en position assise ou couchée.
___W	<i>Niveau indéterminé</i>	L'essoufflement handicape le patient lors de ses activités, mais son niveau ne peut être spécifié. Les informations sont insuffisantes et ne permettent pas de catégoriser le handicap.
___X	<i>Inconnue</i>	Pas d'information disponible sur la limitation de l'amplitude de l'activité.
___Y	<i>Handicap provoqué par des causes autres que l'essoufflement</i>	Par exemple, problème musculo-squelettique ou douleur dans la poitrine.

3. Amplitude de l'effort :

___ Degré 4	<i>Extraordinaire</i>	S'essouffle uniquement au cours du plus grand effort possible. Pas d'essoufflement au cours d'un effort ordinaire.
___ Degré 3	<i>Importante</i>	S'essouffle au cours d'efforts importants mais clairement non maximaux. Les tâches sont réalisées sans pause sauf celles demandant un effort extraordinaire, réalisées alors avec des pauses.
___ Degré 2	<i>Handicap modéré</i>	S'essouffle au cours d'efforts moyens. Les tâches sont réalisées avec des pauses occasionnelles et demandent plus de temps que pour une personne en bonne santé.
___ Degré 1	<i>Grave handicap</i>	S'essouffle au cours d'un effort léger. Les tâches sont exécutées avec peu d'effort ou les tâches plus difficiles sont exécutées avec des pauses fréquentes et demandent plus de temps (50 à 100%) que pour une personne en bonne santé.
___ Degré 0	<i>Très grave handicap</i>	S'essouffle au repos, en position assise ou couchée.
___W	<i>Niveau indéterminé</i>	L'essoufflement restreint la capacité du patient à fournir des efforts, mais son niveau ne peut être spécifié. Les informations sont insuffisantes ne permettent pas de catégoriser le handicap.
___X	<i>Inconnu</i>	Pas d'information disponible sur la limitation des efforts.
___Y	<i>Handicap provoqué par des causes autres que l'essoufflement</i>	Par exemple, problème musculo-squelettique ou douleur dans la poitrine.

Annexe 3 : Transition Dyspnea Index

TRANSITION DYSPNEA INDEX

Entourez une réponse décrivant le mieux la manière dont l'affection respiratoire influe sur la vie quotidienne du patient / de la patiente.

Référez vous à la mesure du Baseline Dyspnea Index remplie à la visite x.

1. Evolution du handicap fonctionnel :

-3	<i>Détérioration majeure.</i> Travaillait, a dû arrêter de travailler et a complètement abandonné certaines de ses activités habituelles en raison de l'essoufflement.
-2	<i>Détérioration modérée.</i> Travaillait et a dû arrêter de travailler <i>ou</i> a complètement abandonné certaines de ses activités habituelles en raison de l'essoufflement.
-1	<i>Détérioration légère.</i> A dû changer pour un emploi moins dur <i>et/ou</i> a réduit le nombre ou le temps passé à ses activités habituelles en raison de l'essoufflement. Toutes les détériorations constatées sont plus faibles que celles des catégories précédentes.
0	<i>Pas d'évolution.</i> Pas de changement de groupe fonctionnel dû à l'essoufflement.
+1	<i>Légère amélioration.</i> A pu reprendre un emploi à un rythme réduit ou a repris certaines de ses activités habituelles et les exerce avec plus de vigueur qu'avant, suite à l'amélioration de l'essoufflement.
+2	<i>Amélioration modérée.</i> A pu reprendre son travail presque à un rythme normal, <i>et/ou</i> est capable de reprendre la plupart de ses activités habituelles avec seulement des restrictions modérées.
+3	<i>Amélioration majeure.</i> A pu reprendre son travail à un rythme normal <i>et</i> l'intégralité de ses activités habituelles avec seulement de légères restrictions, suite à l'amélioration de l'essoufflement.
Z	<i>Autres atteintes provoquées par d'autres causes que l'essoufflement.</i> Le patient a arrêté de travailler, a réduit son activité, ou a abandonné ou réduit certaines de ses activités pour d'autres raisons. Par exemple, autres problèmes de santé, licenciement, etc.

2. Evolution de l'amplitude de l'activité :

-3	<i>Détérioration majeure.</i> S'est détérioré de deux degrés ou plus par rapport à l'état initial.
-2	<i>Détérioration modérée.</i> S'est détérioré d'au moins un degré mais de moins de deux degrés par rapport à l'état initial.
-1	<i>Détérioration légère.</i> S'est détérioré de moins d'un degré par rapport à l'état initial. Patient présentant une détérioration évidente à l'intérieur du degré, mais sans changement de degré.
0	<i>Pas d'évolution.</i> Pas de changement par rapport à l'état initial.
+1	<i>Légère amélioration.</i> S'est amélioré de moins d'un degré par rapport à l'état initial. Patient présentant une amélioration évidente à l'intérieur du degré, mais sans changement de degré.
+2	<i>Moyenne amélioration.</i> S'est amélioré d'au moins un degré mais de moins de deux degrés par rapport à l'état initial.
+3	<i>Amélioration majeure.</i> S'est amélioré de deux degrés ou plus par rapport à l'état initial.
Z	<i>Autres atteintes provoquées par d'autres causes que l'essoufflement.</i> Le patient a réduit sa capacité à l'effort, pour des causes non liées à l'essoufflement. Par exemple, problème musculo-squelettique ou douleur dans la poitrine.

3 Evolution dans l'amplitude de l'effort :

-3	<i>Détérioration majeure.</i> Forte diminution des efforts pour éviter d'être essoufflé. Les activités prennent désormais 50 à 100% de temps en plus pour être réalisées comparativement à l'état initial.
-2	<i>Détérioration modérée.</i> Diminution de l'effort pour éviter d'être essoufflé, quoique moins prononcée que celle de la catégorie précédente. Les pauses nécessaires pour certaines activités sont plus importantes.
-1	<i>Détérioration légère.</i> Ne nécessite pas plus de pauses pour éviter d'être essoufflé, mais réalise les choses avec nettement moins d'efforts qu'avant de manière à éviter d'être essoufflé.
0	<i>Pas d'évolution.</i> Pas de changement dans l'amplitude d'effort permettant d'éviter l'essoufflement.
+1	<i>Légère amélioration.</i> Capable de faire les choses avec nettement plus d'efforts sans être essoufflé. Par exemple, peut être capable d'exécuter des tâches un peu plus rapidement qu'auparavant.
+2	<i>Amélioration modérée.</i> Capable de faire les choses avec moins de pauses et nettement plus d'efforts sans être essoufflé. Amélioration supérieure à celle de la catégorie précédente, quoique sans éléments majeurs.
+3	<i>Amélioration majeure.</i> Capable de faire les choses avec beaucoup plus d'efforts qu'avant avec peu, voire aucune pause. Par exemple, les activités peuvent être réalisées 50 à 100% plus vite qu'à l'état initial.
Z	<i>Autres atteintes provoquées par d'autres causes que l'essoufflement.</i> Le patient a réduit sa capacité à l'effort, pour des causes non liées à l'essoufflement. Par exemple, problème musculo-squelettique ou douleur dans la poitrine.

Annexe 4 : Multidimensional Dyspnea Profile

Échelle A1 (affect)

Utilisez cette échelle pour évaluer le **caractère désagréable ou l'inconfort** de vos sensations respiratoires, le degré de **gêne** que vous ressentez [avez ressenti] en respirant.

Veillez prendre en considération la période/l'événement suivant(e) : _____

← ← 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 AGRÉABLE NI AGRÉABLE INSUPPORTABLE
 NI GÊNANT

Choix QS (qualificateurs sensoriels)

Dans le tableau ci-dessous, chaque ligne regroupe des propositions ayant un sens similaire.

Étape 1 : Cochez chaque ligne s'appliquant à vos sensations respiratoires pendant _____ (indiquez la période concernée).

Étape 2 : Choisissez ensuite *une seule* ligne, celle qui s'applique le mieux à vos sensations respiratoires.

Sélectionnez les lignes contenant au moins <i>UNE</i> proposition qui s'applique.	Étape 1		Étape 2
	NE S'APPLIQUE PAS	S'APPLIQUE	S'APPLIQUE LE MIEUX
Je dois fournir un travail <i>ou</i> un effort musculaire pour respirer.			
Je manque d'air <i>ou</i> j'étouffe <i>ou</i> je sens que j'ai besoin d'air.			
J'ai la sensation que ma poitrine et mes poumons sont serrés <i>ou</i> comprimés.			
Je dois me concentrer <i>ou</i> faire un effort mental pour respirer.			
Je respire fort.			

Échelles QS (qualificateurs sensoriels)

Évaluez maintenant sur les échelles suivantes l'intensité des sensations respiratoires que vous éprouvez [avez éprouvées] (qu'elles aient été agréables ou désagréables. En effet, une sensation peut, comme une musique, être forte sans être désagréable).

Veuillez prendre en considération la période/l'événement suivant(e) : _____

Évaluez toutes les lignes contenant au moins <i>UNE</i> proposition qui s'applique.	JE N'AI PAS ÉPROUVÉ CETTE SENSATION											LA PLUS FORTE INTENSITÉ IMAGINABLE
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Je dois fournir un travail <i>ou</i> un effort musculaire pour respirer.												
Je manque d'air <i>ou</i> j'étouffe <i>ou</i> je sens que j'ai besoin d'air.												
J'ai la sensation que ma poitrine et mes poumons sont serrés <i>ou</i> comprimés.												
Je dois me concentrer <i>ou</i> faire un effort mental pour respirer.												
Je respire fort.												
Autre*												

Echelles A2 (affect)

Lorsque vous sentez que vous ne respirez pas normalement, il est possible que vous éprouviez des émotions ou des « sentiments ». À l'aide des échelles ci-dessous, veuillez indiquer comment vous vous êtes senti(e) face à vos sensations respiratoires – entourez zéro pour les sentiments que vous n'avez pas éprouvés.

Veuillez prendre en considération la façon dont vous vous êtes senti(e) pendant la période/l'événement suivant(e) : _____

	JE N'AI PAS EPROUVÉ CE SENTIMENT											J'AI EPROUVÉ CE SENTIMENT DE LA PIRE FAÇON IMAGINABLE
Déprimé(e)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Anxieux(se)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Frustré(e)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
En colère	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Effrayé(e)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Autre ?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Annexe 5 : score CAT

Questionnaire CAT

Exemple: Je suis très heureux (heureuse) 0 1 2 3 4 5 Je suis très triste

	SCORE
Je ne tousse jamais <input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 Je tousse tout le temps	<input type="text"/>
Je n'ai pas du tout de glaire (mucus) dans les poumons <input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 J'ai les poumons entièrement encombrés de glaire (mucus)	<input type="text"/>
Je n'ai pas du tout la poitrine oppressée <input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 J'ai la poitrine très oppressée	<input type="text"/>
Quand je monte une côte ou une volée de marches, je ne suis pas essouffé(e) <input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 Quand je monte une côte ou une volée de marches, je suis très essouffé(e)	<input type="text"/>
Je ne suis pas limité(e) dans mes activités chez moi <input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 Je suis très limité(e) dans mes activités chez moi	<input type="text"/>
Je ne suis pas inquiet(e) quand je quitte la maison, en dépit de mes problèmes pulmonaires <input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 Je suis très inquiet(e) quand je quitte la maison, en raison de mes problèmes pulmonaires	<input type="text"/>
Je dors bien <input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 Je dors mal à cause de mes problèmes pulmonaires	<input type="text"/>
Je suis plein(e) d'énergie <input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 Je n'ai pas d'énergie du tout	<input type="text"/>

Annexe 6 : Échelle HAD

QUESTIONNAIRE D'ANXIÉTÉ – DÉPRESSION HAD

Ce texte a pour but de nous aider à mieux percevoir ce que vous ressentez. Lisez chaque question et entourez la réponse qui convient le mieux à ce que vous avez ressenti ces derniers jours. Donnez une réponse rapide : votre réaction immédiate est celle qui correspond le mieux à votre état.

A. Je me sens tendu, énervé :		D. Je me sens ralenti :	
- La plupart du temps	3	- Pratiquement tout le temps	3
- Souvent	2	- Très souvent	2
- De temps en temps	1	- Quelquefois	1
- Jamais	0	- Pas du tout	0
D. J'ai toujours autant de plaisir à faire les choses qui me plaisent habituellement :		A. J'éprouve des sensations d'angoisse et j'ai comme une boule dans la gorge :	
- Oui, toujours	0	- Très souvent	3
- Pas autant	1	- Assez souvent	2
- De plus en plus rarement	2	- Parfois	1
- Presque plus du tout	3	- Jamais	0
A. J'ai une sensation de peur, comme si quelque chose d'horrible allait arriver :		D. J'ai perdu l'intérêt pour mon apparence :	
- Oui très nettement	3	- Totalemment	3
- Oui mais ce n'est pas trop grave	2	- Je n'y fais plus attention	2
- Un peu mais cela ne m'inquiète pas	1	- Je n'y fais plus assez attention	1
- Pas du tout	0	- J'y fais attention comme d'habitude	0
D. Je sais rire et voir le côté amusant des choses :		A. J'ai la bougeotte et je ne tiens pas en place :	
- Toujours autant	0	- Oui c'est tout à fait le cas	3
- Plutôt moins	1	- Un peu	2
- Nettement moins	2	- Pas tellement	1
- Plus du tout	3	- Pas du tout	0
A. Je me fais souvent du souci :		D. J'envisage l'avenir avec optimisme :	
- Très souvent	3	- Comme d'habitude	0
- Assez souvent	2	- Plutôt moins qu'avant	1
- Occasionnellement	1	- Beaucoup moins qu'avant	2
- Très occasionnellement	0	- Pas du tout	3
D. Je me sens gai, de bonne humeur :		A. J'éprouve des sensations soudaines de panique :	
- Jamais	3	- Très souvent	3
- Pas souvent	2	- Assez souvent	2
- Quelquefois	1	- Rarement	1
- La plupart du temps	0	- Pratiquement jamais	0
A. Je peux rester tranquillement assis au repos et me sentir détendu :		D. Je m'intéresse à la lecture d'un bon livre ou à un bon programme (radio ou télévision) :	
- Jamais	3	- Souvent	0
- Rarement	2	- Assez souvent	1
- Oui, en général	1	- Rarement	2
- Oui, toujours	0	- Pratiquement jamais	3

Annexe 7 : questionnaire Saint Georges

1ère PARTIE

Les questions qui suivent cherchent à déterminer l'importance des problèmes respiratoires que vous avez pu ressentir **AU COURS DES 12 DERNIERS MOIS** (Mettez une croix dans la case correspondant à votre réponse à chaque question)

	Presque tous les jours de la semaine (5-7jours)	Plusieurs jours par semaine (2-4jours)	Quelques jours par mois	Seulement pendant une infection respiratoire	Pas du tout
1) Au cours des 12 derniers mois, avez-vous toussé ?					
2) Au cours des 12 derniers mois, avez-vous craché ?					
3) Au cours des 12 derniers mois, avez-vous été essouffé(e) ?					
4) Au cours des 12 derniers mois, avez-vous eu des crises de sifflement dans la poitrine ?					

5) Au cours des 12 derniers mois, combien de fois avez-vous eu de crises graves ?	Plus de 3 crises	<input type="checkbox"/>
	3 crises.....	<input type="checkbox"/>
	2 crises.....	<input type="checkbox"/>
	1 crise.....	<input type="checkbox"/>
	Aucune crise.....	<input type="checkbox"/>

(passez à la question 7 si vous n'avez pas eu de crise grave)

6) Au cours des 12 derniers mois, combien de temps a duré la crise la plus pénible ?	Une semaine ou plus ...	<input type="checkbox"/>
	3 jours ou plus.....	<input type="checkbox"/>
	1 ou 2 jours.....	<input type="checkbox"/>
	Moins d'une journée....	<input type="checkbox"/>
	Aucune journée.....	<input type="checkbox"/>
	1 ou 2 jours.....	<input type="checkbox"/>
	3 ou 4 jours.....	<input type="checkbox"/>
	Presque tous les jours..	<input type="checkbox"/>
	Tous les jours.....	<input type="checkbox"/>
8) Quand vous avez des sifflements, est-ce pire le matin ?	oui.....	<input type="checkbox"/>
	non.....	<input type="checkbox"/>

2ème PARTIE

SECTION 1 Mettez une croix dans la case correspondant à votre réponse à chaque question.

QUE PENSEZ-VOUS DE VOTRE ETAT RESPIRATOIRE ?

- C'est mon plus gros problème.....
- Cela me pose pas mal de problèmes.....
- Cela me pose quelques problèmes.....
- Cela ne me pose aucun problème.....

SI VOUS AVEZ OU SI VOUS AVEZ EU UNE ACTIVITE PROFESSIONNELLE

- Mes problèmes respiratoires m'ont obligé(e) à ne plus travailler.....
- Mes problèmes respiratoires m'empêchent parfois de travailler.....
- Mes problèmes respiratoires ne m'empêchent pas de travailler.....

SECTION 2 VOICI QUELQUES SITUATIONS QUI, HABITUELLEMENT, VOUS ESSOUFFLENT.

Répondez en mettant une croix dans la case correspondant à votre situation ces jours-ci

	VRAI	FAUX
Etre assis au repos.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Faire sa toilette ou s'habiller.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Marcher dans la maison.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Marcher à l'extérieur sur terrain plat.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Monter un étage.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Monter une côte.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pratiquer une activité physique ou sportive.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

SECTION 3 VOICI ENCORE QUELQUES SITUATIONS CONCERNANT VOTRE TOUX ET VOTRE ESSOUFFLEMENT.

Vous signalez celles qui correspondent à votre état ces jours-ci ?

- | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Ca me fait mal quand je tousse..... | VRAI | FAUX |
| Ca me fatigue quand je tousse..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Je suis essoufflé quand je parle..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Je suis essoufflé quand je me penche..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ma toux ou ma respiration perturbe mon sommeil..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Je m'épuise vite en faisant une activité quotidienne (par exemple : toilette, habillage, ménage)..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

SECTION 4 VOICI D'AUTRES EFFETS QUE VOS PROBLÈMES RESPIRATOIRES PEUVENT ENTRAINER CHEZ VOUS.

Vous signalez celles qui s'appliquent à vous ces jours-ci ?

- | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Devant les autres je me sens gêné de tousser ou d'être essoufflé..... | VRAI | FAUX |
| Mes problèmes respiratoires gênent ma famille, mes amis ou mon voisinage..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| J'ai peur ou je panique quand je n'arrive plus à respirer..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Je sens que je ne peux pas contrôler ma respiration..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Je pense que mon état respiratoire ne va pas s'améliorer..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Je suis devenu un grand malade en raison de mon état respiratoire..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| L'exercice physique est dangereux pour moi..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Tout me demande un effort..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

SECTION 5 CETTE SECTION CONCERNE VOTRE TRAITEMENT

(Médicaments, aérosols, oxygène, kinésithérapie...)

- | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| Mon traitement ne m'aide pas beaucoup..... | VRAI | FAUX |
| Devant les autres, je me sens gêné de suivre mon traitement..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Mon traitement a des effets désagréables chez moi..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Mon traitement me gêne beaucoup dans ma vie de tous les jours..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

SECTION 6 CETTE SECTION CONCERNE LES ACTIVITÉS QUOTIDIENNES QUI POURRAIENT ÊTRE GÊNÉES PAR VOTRE RESPIRATION

Vous signalez celles qui correspondent à votre état ces jours-ci ?

- | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| J'ai besoin de beaucoup de temps pour faire ma toilette ou pour m'habiller..... | VRAI | FAUX |
| Je ne peux pas prendre un bain ou une douche, ou alors j'ai besoin de beaucoup de temps pour le faire..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Je marche plus lentement que les autres ou je m'arrête pour me reposer..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Des travaux comme le ménage me prennent beaucoup de temps ou je dois m'arrêter pour me reposer..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Si je monte un étage, je dois aller lentement ou m'arrêter..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Si je me dépêche ou si je marche vite, je dois m'arrêter ou ralentir..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ma respiration rend pénible les activités telles que monter une côte, porter des objets en montant un étage, effectuer des travaux légers de jardinage, danser, jouer aux boules..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ma respiration rend pénible les activités telles que porter des charges lourdes, bêcher le jardin, déblayer la neige, faire du jogging ou marcher rapidement, jouer au tennis, nager..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ma respiration rend pénible les activités telles que les travaux manuels lourds, la course à pied, le vélo, la natation rapide ou les sports de compétition..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

SECTION 7 DECRIVEZ AVEC QUELLE INTENSITÉ VOTRE ÉTAT RESPIRATOIRE RETIENT L'ORDINAIRE SUR VOTRE VIE QUOTIDIENNE ?

Vous signalez celle qui correspond à votre état ces jours-ci ?

- | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Je ne peux pratiquer aucun sport..... | VRAI | FAUX |
| Je ne peux pas sortir pour me distraire ou me détendre..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Je ne peux pas sortir faire les courses..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Je ne peux pas faire le ménage ou bricoler..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Je ne peux pas m'éloigner beaucoup de mon lit ou de mon fauteuil..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

MAINTENANT, POURRIEZ-VOUS COCHER LA CASE CORRESPONDANT À CE QUI DÉCRIT LE MIEUX, SELON VOUS, LA MANIÈRE DONT VOTRE ÉTAT RESPIRATOIRE VOUS GÈNE

(Ne cochez qu'une seule case)

- | | |
|--|--------------------------|
| Cela ne m'empêche pas de faire ce que je veux..... | <input type="checkbox"/> |
| Cela m'empêche de faire une ou deux choses que j'aurais envie de faire..... | <input type="checkbox"/> |
| Cela m'empêche de faire la plupart des choses que j'aurais envie de faire..... | <input type="checkbox"/> |
| Cela m'empêche de faire tout ce que j'aurais envie de faire..... | <input type="checkbox"/> |

Annexe 8 : Échelle de Borg

Evaluation	Intensité de la sensation de dyspnée
0	Rien
0.5	Très, très légère
1	Très légère
2	Légère
3	Modérée
4	Un peu forte
5	Forte
6	
7	Très forte
8	
9	Très, très forte
10	Maximale

AUTEURE : Nom : NOKIN

Prénom : Camille

Date de soutenance : 25 Septembre 2023

Titre de la thèse : « Évolution de la capacité d'exercice chez les patients BPCO sévères traités par valves endobronchiques »

Thèse – Médecine – Lille 2023

Cadre de classement : Doctorat de Médecine

DES + FST/option : Pneumologie

Mots clés : BPCO, dyspnée, capacité à l'effort, distension dynamique, explorations fonctionnelles respiratoires, valves endobronchiques

Introduction : La dyspnée et la limitation à l'effort chez les patients BPCO sévères est en majeure partie en lien avec la distension thoracique et le développement d'une distension dynamique à l'effort. La pose de valves endobronchiques entraîne l'atélectasie du ou des lobes cibles ce qui permet de réduire la distension thoracique et d'améliorer la dyspnée et la capacité à l'effort sur le test de marche. L'objectif principal de cette étude était d'étudier l'évolution de la capacité à l'effort, par la VO₂ au pic de l'effort, après traitement par valves endobronchiques. Les objectifs secondaires étaient d'étudier l'évolution de la dyspnée, de son impact et de la qualité de vie ainsi que l'évolution des paramètres fonctionnels de repos et d'exercice après traitement.

Matériels et méthodes : Nous avons mené une étude observationnelle descriptive monocentrique au Centre Hospitalier Universitaire de Lille. Les patients BPCO sévères étaient inclus s'ils avaient bénéficié d'explorations fonctionnelles d'exercice (EFX) avant et après traitement par valves endobronchiques à visée de réduction volumique d'emphysème. Il a été recueilli avant et après le traitement les données des questionnaires de dyspnée et de qualité de vie (Échelle modified Medical Research Council (mMRC), les échelles Baseline Dyspnea Index (BDI) et Transition Dyspnea Index (TDI), le questionnaire Multidimensionnal Dyspnea Profile (MDP), le questionnaire de Saint Georges (SGRQ), le COPD Assesment Test (CAT), le Hospital Anxiety and Depression (HAD)), les données des explorations fonctionnelles de repos (spirométrie, pléthysmographie, DLCO, oscillations forcées), les données des explorations fonctionnelles d'exercice (test de marche 6 minutes (TM6) et EFX).

Résultats : Les 13 patients inclus ont été réévalués entre 3 et 12 mois après traitement. On observait une amélioration de la dyspnée sur l'échelle mMRC (-1 point [-1,5 ; 0], p = 0,047) avec une amélioration du score de plus de 1 point chez 6 patients), de l'inconfort immédiat lié à la dyspnée sur l'échelle A1 du MDP (- 3 points [-4 ; 1,5], p = 0,018) ainsi une diminution de l'impact de la dyspnée sur les activités de la vie quotidienne (score BDI activité : +1 point [0 ; 1], p = 0,02 et score total : +2 points [1 ; 4], p = 0,027). On observait une augmentation de la CVF (+ 0,41L [0 ; 0,78], p = 0,050 et + 19 points [2 ; 26], p = 0,028), ainsi qu'une diminution de la distension thoracique avec une diminution de la CRF (- 0,84L [-1,7 ; 0], p = 0,046 et -19 points [-50 ; 2], p = 0,031), le VR diminuait d'au moins 350 ml chez 7 patients. La capacité à l'exercice ne variait pas après la procédure que ce soit la VO₂ pic (- 0,9 ml/kg/min [-3,7 ; 0,4], p = 0,062) ou la distance au TM6 (+75 mètres [-10 ; 85], p = 0,135). Chez les 10 patients pour lesquels on observait une atélectasie du lobe cible, on observait en plus des améliorations décrites, une amélioration de la qualité de vie (SGRQ) (-4 points [-24 ; -2,5], p = 0,025), une diminution des symptômes dépressifs (HAD-D) (-4 points [-5 ; -1], p = 0,018) et une amélioration de l'obstruction bronchique (VEMS : +6% [-0,25 ; 15], p = 0,035).

Conclusion : Après le traitement par valves endobronchiques, on observait chez 13 patients BPCO sévères une amélioration de la dyspnée et de la distension thoracique. La capacité à l'effort, évaluée par la VO₂ pic, ne s'améliorait pas.

Composition du jury :

Président du jury : Monsieur le Professeur Olivier LE ROUZIC

Assesseurs : Monsieur le Docteur Frédéric WALLYN, Monsieur le Docteur Thierry PEREZ

Directrice de thèse : Madame la Docteure Nathalie BAUTIN