

Comment optimiser le bilan d'opérabilité ?

¹Thierry Berghmans, ¹Mariana Brandão, ²Bogdan Grigoriu & ³Anne Charloix

¹Oncologie thoracique et ²Service de Médecine Interne, Institut Jules Bordet, Hôpital Universitaire de Bruxelles, Université Libre de Bruxelles, Belgique, ³Service de Physiologie et d'Explorations Fonctionnelles, Nouvel Hôpital Civil, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

Adresse de correspondance

Thierry Berghmans, MD, PhD

Institut Jules Bordet

Rue Meylemeersch 90

1070 Bruxelles

Belgique

e-mail : thierry.berghmans@bordet.be

Conflits d'intérêts

- TB : Consultance pour InhaTarget, participation à Advisory Board pour Bayer, Janssen, Merck, BMS, Daïchi-Sankyo, Astra Zeneca et Roche et est/a été investigateur pour Pfizer, Merck, Astra Zeneca, Novartis, Peregrine, Amgen, Novocure. Travel grant de Takeda
- MB : participation à Advisory Board pour Sanofi et Amgen ; speaker fee de Janssen, Takeda, Pfizer ; est/a été investigateur pour AstraZeneca, Boeringher, Merus, iTeos, Amgen, Roche/GNE ; travel grant de Takeda, Sanofi, AstraZeneca.

Résumé

La chirurgie reste le traitement central des cancers bronchiques non à petites cellules et des tumeurs carcinoïdes dans les stades limités, et peut être envisagée pour certains cancers à petites cellules. Avant de considérer un patient pour une résection chirurgicale, deux points doivent être envisagés : la résécabilité – la capacité du chirurgien à enlever l'ensemble de la masse tumorale - et l'opérabilité – la capacité du patient à tolérer l'intervention chirurgicale avec une récupération et une qualité de vie suffisantes. La résécabilité dépend du stade d'extension de la maladie néoplasique tandis que l'opérabilité, dont les conséquences sont mesurées en risque opératoire (mortalité et morbidité), prend en compte les caractéristiques du patient : comorbidités, fonctions cardiaques et respiratoires, état général. Cet article évaluera l'opérabilité avec une attention marquée sur le bilan fonctionnel cardiorespiratoire et les algorithmes décisionnels.

Abstract

Surgery is the cornerstone treatment for limited stage non-small cell lung cancer and carcinoid tumours, and may be considered for some cases of small-cell lung cancer. Before considering a patient for surgical resection, two points must be taken into account: the resectability – the surgeon’s ability for taking out all the cancer tissue - and the operability – the patient’s ability to tolerate the surgical intervention with adequate recovery and quality of life. Resectability depends on disease extent, while operability’s consequences are measured by the operative risk (mortality and morbidity), taking into account patient’s characteristics : comorbidities, cardiac and respiratory function, and general condition. This article will assess operability, with a particular attention to the cardiorespiratory work-up and decisional algorithms.

Key-words : surgery, lung function, FEV1, DLCO, cycloergometry, lung neoplasms

Introduction

La chirurgie reste la pierre angulaire de la prise en charge thérapeutique des cancers bronchiques non à petites cellules et des tumeurs carcinoïdes à un stade local (stades I-II) et peut être discutée dans certaines situations pour les cancers bronchiques à petites cellules. Pour des maladies localement avancées (stades III), sa place reste débattue par rapport à la radio-chimiothérapie (1). Cependant, les nouvelles avancées thérapeutiques avec l'introduction de l'immunothérapie dans les schémas d'induction (néo-adjuvant) ou adjuvant à la chirurgie pourraient modifier en partie cet algorithme décisionnel (2,3). De même, un acte chirurgical sur la tumeur primitive est parfois envisagé dans une approche multimodale pour des tumeurs oligo-métastatiques. Bien que la meilleure stratégie dans toutes ces situations ne soit pas définitivement établie, il est essentiel d'évaluer la capacité du patient à bénéficier d'une telle approche thérapeutique.

Cet article a pour but de discuter le bilan fonctionnel préopératoire en vue d'une chirurgie. Les examens supplémentaires dans le cadre des traitements systémiques (chimiothérapies et immunothérapies) ainsi que pour la radiothérapie ne seront pas abordés.

Résécabilité et opérabilité

Ces deux termes sont parfois utilisés indistinctement alors que leur signification est extrêmement différente.

La résécabilité consiste à déterminer la capacité, en l'occurrence celle du chirurgien, à enlever l'ensemble du tissu cancéreux en respectant les critères oncologiques. Elle dépend non seulement de l'extension de la tumeur mais aussi de l'expertise du chirurgien, de sa conviction à pouvoir réséquer des tumeurs avancées (T4 avec infiltration de la carène par exemple), du rapport chirurgien/radiothérapeute pour les maladies à la limite de la résécabilité comme les stades IIIA-N2. La décision quant à la résécabilité doit toujours être prise préalablement à l'intervention, en consultation multidisciplinaire, en présence d'un chirurgien expérimenté (ayant une activité significative en oncologie thoracique ; la reconnaissance de la chirurgie thoracique comme une spécialité à part entière n'étant pas homogène en Europe). Le bilan préopératoire en vue de déterminer l'extension de la maladie et son stade TNM est abordé dans un autre chapitre.

L'opérabilité consiste en la capacité du malade à pouvoir tolérer une intervention dans la cage thoracique. Le risque opératoire en termes de mortalité/morbidité est modulé à la

fois par l'expertise de l'équipe chirurgicale (chirurgien, anesthésiste, équipe infirmière, kinésithérapeute), les techniques chirurgicales employées et par des facteurs propres au patient (état général, comorbidités, fonctions cardiaque et respiratoire).

Etat général et comorbidités.

L'état général du patient peut être mesuré de différentes manières, de manière globale avec des échelles d'indice de performance (ECOG, Karnofski) ou en intégrant des variables liées au fonctionnement d'organes comme dans le score de Charlson. Les comorbidités sont nombreuses chez le patient cancéreux thoracique, en partie liées au facteur commun prédisposant qu'est le tabagisme (BPCO, maladies cardiovasculaires, autres cancers) mais aussi du fait de l'âge des patients (diabète, hypertension artérielle ...). L'impact de ces variables sur les choix thérapeutiques a été détaillé par l'auteur lors du cours du G.O.L.F. (Groupe d'Oncologie de Langue Française) 2021 (4).

On peut voir que généralement il existe une relation inverse entre l'indice de performance et/ou le nombre de comorbidités et le fait de proposer une résection chirurgicale, principalement pour les stades précoces (5-8) ou de lui préférer un traitement de radiothérapie (9). Ceci justifie d'intégrer dans le bilan d'opérabilité une évaluation globale de l'état du patient (examen physique, interrogatoire du patient et éventuellement des proches) ainsi que des principaux paramètres biologiques (au minimum examen hématologique, coagulation, ionogramme, glycémie, fonctions rénales et hépatiques).

Dès lors, on peut conclure à l'intérêt de contrôler au mieux les pathologies annexes en vue d'une résection chirurgicale, même si nous ne disposons pas d'étude de haut niveau de preuve pour valider cette assertion simplement logique.

Sevrage tabagique

L'impact du sevrage tabagique sur le pronostic périopératoire des patients cancéreux thoraciques a été l'objet de recommandations par l'European Society of Thoracic Surgeons (ESTS) (10). Sur la base d'une revue systématique de littérature, les auteurs montrent que le tabagisme actif au moment de l'intervention chirurgicale est associé à un plus grand nombre de complications postopératoires et de décès (11). A l'opposé, le sevrage tabagique permet de réduire ces risques même si le délai entre la chirurgie et le sevrage est sujet à certaines controverses, certains auteurs suggérant qu'un délai court est associé à un sur-risque (12). Sur cette base, les recommandations de l'ESTS concluent

que « Le tabagisme est associé à un risque accru de morbidité postopératoire (en particulier de complications pulmonaires) et de mortalité et devrait idéalement être arrêté au moins 4 semaines avant la chirurgie », avec un niveau de preuve élevé et un grade de recommandations fort.

Évaluation fonctionnelle cardio-respiratoire

La résection de parenchyme pulmonaire qu'induit la chirurgie du cancer bronchique peut aboutir à une réduction de la fonction respiratoire, qui elle-même peut être responsable ou contribuer à des complications post-opératoires et à long terme à un handicap respiratoire. Le bilan fonctionnel est indispensable avant toute chirurgie thoracique, d'autant que la résection pulmonaire est large et que la fonction respiratoire du patient est réduite avant même la chirurgie. Des recommandations ont été rédigées afin de sélectionner et hiérarchiser les tests nécessaires en période pré-opératoire, et sont résumées habituellement sous forme d'algorithmes. Des valeurs seuils sont proposées pour chaque test, en deçà desquelles le risque de complications est considéré comme élevé, et conduisent à poursuivre les investigations ou à envisager une autre voie thérapeutique (13–16). Toutes les recommandations associent un bilan cardio-vasculaire minimal, des explorations fonctionnelles respiratoires (EFR), préconisent d'estimer la fonction respiratoire résiduelle après chirurgie et définissent le cadre de la demande d'une exploration fonctionnelle à l'exercice (EFX). Si ces éléments constituent le bilan pré-opératoire proprement-dit, tous les experts s'accordent sur la nécessité d'adjoindre une réhabilitation péri-opératoire. Celle-ci n'est néanmoins pas standardisée comme l'est le bilan préopératoire.

Ce bilan associe une évaluation cardiovasculaire, une évaluation de la fonction respiratoire basée sur le volume expiré maximal seconde (VEMS) et la capacité de diffusion ou transfert du monoxyde d'azote (DLCO ou TCO), suivie éventuellement de la mesure de la consommation maximale d'oxygène (VO_2max) ou d'un test d'effort « basse technologie » afin d'évaluer la réserve cardio-respiratoire du sujet. Les mesures invasives (gaz du sang, hémodynamique pulmonaire) n'ont pas démontré leur supériorité face à l'épreuve d'effort et n'ont pas été incluses dans les algorithmes récents (17).

Trois algorithmes ont été publiés par des sociétés savantes, en 2009 par l'ERS/ESTS, en 2010 par la BTS (British Thoracic Society) et en 2013 par l'ACCP (American College of Chest Physicians) (13–15).

Etapes de prise en charge

L'interrogatoire et l'examen clinique peuvent très rapidement orienter le clinicien sur un risque cardiovasculaire potentiel ou une altération potentiellement sévère de la fonction respiratoire. Des éléments simples comme la quantification de la dyspnée, la mesure du rythme respiratoire, l'aspect de la cage thoracique (thorax en tonneau), la coloration des téguments ou la désaturation (mesure de la SpO₂ avec toutes les précautions d'usage à son utilisation) sont aptes à donner des informations à intégrer dans la décision du bilan fonctionnel.

1. Évaluer l'état cardiaque

Les pathologies cardiovasculaires sont la seconde cause de complications sévères après chirurgie thoracique. Les RCP (Recommandations de Pratique Clinique) recommandent d'identifier les patients à risque de complications cardiovasculaires en se basant sur des éléments simples (anamnèse, examen clinique, ECG, créatininémie), l'échocardiographie ou l'écho-doppler carotidien ne devant pas être systématique. Les scores calculés à partir de ces éléments ont la capacité d'identifier les patients à faible risque de complication (18). Si le score est au-delà d'un seuil, le patient doit être confié au cardiologue pour une évaluation attentive. L'ACCP propose d'adresser à un cardiologue tout patient qui a ou est suspect de maladie cardiaque ou qui est dyspnéique à la montée de 2 étages ou dont le score ThRCRI est ≥ 2 . Le ThRCRI (thoracic revised cardiac risk index) est adapté du RCRI pour la chirurgie thoracique (19). Le traitement pré-résection pulmonaire de la pathologie cardiovasculaire doit prendre en compte le caractère « semi-urgent » de la chirurgie du cancer bronchique. Une insuffisance coronarienne ou une insuffisance cardiaque instables, une valvulopathie symptomatique ou une arythmie significative doivent être traitées avant la résection pulmonaire. La prise en charge péri-opératoire des pathologies cardiovasculaires lors d'une chirurgie non cardiaque (incluant la prescription des anticoagulants et bêtabloquants, l'indication d'une revascularisation coronaire) a fait l'objet de mises à jour récentes (20).

2. Évaluer la fonction respiratoire

Tests de base

La spirométrie et une mesure du TCO sont les éléments de base de l'évaluation de la fonction respiratoire. Le VEMS est bien standardisé, facile à mesurer, aisément disponible

et peu coûteux même si des discussions récentes sous-tendent que d'autres manières de mesurer le VEMS devraient être prises en compte. Il doit être exprimé en % de la valeur « normale » du patient, et mesuré au mieux de la forme du patient, après bronchodilatateur si nécessaire. Plus le VEMS est bas, plus le risque de mortalité post-opératoire augmente (21). Les limites à son utilisation sont que la perte post-opératoire de VEMS n'est pas toujours proportionnelle à la quantité de parenchyme réséqué. Par exemple, en cas d'emphysème pulmonaire, la réduction de volume pulmonaire induite par la résection peut aboutir à un VEMS post-opératoire supérieur au VEMS pré-opératoire. Le TCO a démontré son fort pouvoir prédictif de mortalité, tant à court qu'à long terme (22,23). Ceci est sans doute dû au fait qu'il évalue tant la contribution du volume pulmonaire aux échanges gazeux que la diffusion alvéolocapillaire des gaz et la qualité de la perfusion pulmonaire. Le TCO peut être abaissé chez des patients ayant un VEMS normal, une forte diminution (TCO ppo <40%) étant associée à un risque élevé de complications (24).

La définition des seuils optimaux, comme ceux proposés dans les algorithmes décisionnels (13–15) fait face à l'écueil d'une littérature très hétérogène que ce soit en termes de population, d'acte thérapeutique (chirurgie seule ou approche multidisciplinaire, de technique chirurgicale employée, chaque thérapeutique pouvant impacter sur la fonction respiratoire) et sur globalement les biais importants liés au caractère rétrospectif de nombre d'études, au manque de puissance statistique (« overfitting ») ou à l'absence d'analyses multivariées intégrant des facteurs confondants comme l'âge, l'état général ou les comorbidités. Enfin, les seuils sont souvent arbitrairement choisis par les auteurs avec des conclusions pouvant varier d'une étude à l'autre.

Tests de capacité à l'effort dits « de basse technologie »

Plusieurs tests de réalisation simple ont été standardisés et sont en principe applicables dans la plupart des centres hospitaliers. Citons les tests de marche (« 6 minute walking test », test navette), de montée des escaliers ou de lever de chaise. Un appareillage minimal est nécessaire et une montée des escaliers peut même être effectuée en parallèle à la consultation médicale. Globalement, moins bon est le test, plus élevé est le risque de complications péri-opératoires. Les principaux seuils se situent aux alentours de 400-500 mètres pour les tests de distance et une montée de moins de 10 à 12 mètres (versus plus

de 20-22 mètres) (25). Une performance réduite lors de ces tests « basse technologie » doit inciter à réaliser une EFX avec mesure de la VO_2 max.

Tests de capacité respiratoire de haute technologie

La mesure de la consommation d'oxygène lors d'un exercice maximal est considérée par beaucoup d'experts comme le paramètre ayant le plus fort pouvoir prédictif de complications péri-opératoires (13,14). On considère que l'exercice reproduit l'augmentation de VO_2 induite par le stress chirurgical, donc l'augmentation de débit cardiaque et de ventilation nécessaire au transport de l' O_2 . Le paramètre retenu dans les algorithmes est principalement la VO_2 max mesurée lors d'épreuves d'efforts incrémentales et maximales. On trouve également dans la littérature des rapports sur la VO_2 peak, terme parfois utilisé à tort pour une VO_2 max. Il a été montré par une méta-analyse que le risque de complications post-opératoires augmente avec la diminution de la VO_2 max, quelle que soit l'étendue de la résection pulmonaire (16).

Le risque de complications est considéré comme faible lorsque la VO_2 max est > 20 mL/min/kg dans les algorithmes (13,14) et très modéré si la VO_2 max est > 15 mL/min/kg. Dans une étude prospective, le risque de complication ou de décès était significativement plus faible au-delà de 15 mL/min/kg qu'en deçà, bien que des patients de ce dernier groupe aient pu être opérés sans complication majeure (26). En deçà de 10 mL/min/kg, ou 35% de la valeur normale, le risque de complication est en revanche considéré comme très élevé par la majorité des auteurs. D'autres paramètres ont également montré avoir un rôle pronostique : l'équivalent ventilatoire du CO_2 , VE/VCO_2 (risque faible si < 35 ou 40), et la désaturation à l'effort notamment (27,28). Néanmoins, la même remarque que pour les tests fonctionnels de base concernant la détermination des seuils s'applique pour la mesure de la capacité à l'exercice.

La limitation principale à l'utilisation de l'EFX est sa disponibilité. Outre son caractère prédictif de complications, l'exercice physique permet de guider la prise en charge péri-opératoire et la réhabilitation.

L'estimation de la fonction respiratoire résiduelle

Outre la fonction respiratoire du patient, l'étendue de la résection (voire le geste chirurgical dans son ensemble) doit être prise en compte. Il est recommandé d'estimer la fonction respiratoire résiduelle en calculant des valeurs appelées « post-opératoires

prédites » (ou ppo : « predicted postoperative ») à partir des valeurs fonctionnelles pré-opératoires (VEMS, TCO, VO₂max) et du nombre de segments que l'on envisage de réséquer (tableau 1). Il est proposé d'utiliser la répartition droite-gauche de la perfusion ou de la ventilation mesurée par scintigraphie pulmonaire en cas de pneumonectomie. Cependant, la fonction respiratoire est très altérée en post-opératoire immédiat, avec une perte de près de 40% de VEMS au premier jour après lobectomie par thoracotomie (29), puis s'améliore progressivement pour se stabiliser au bout de plusieurs mois (30). Le VEMS pop surestime le VEMS post-opératoire immédiat, et sous-estime le VEMS « définitif » (30). Ce paramètre est donc plutôt utilisé pour évaluer le risque péri-opératoire que prévoir le réel VEMS ou TCO du patient en post-opératoire. C'est à partir de ces valeurs que l'on va décider de poursuivre ou non le bilan.

Selon l'algorithme de l'ACCP (31), si les valeurs VEMS pop et TCO ppo sont > 60% de la valeur normale, le risque de mortalité est considéré comme faible (<1%). Si ces valeurs sont entre 30 et 60%, il est conseillé de réaliser une EFX. Si le VEMS ppo ou le TCO ppo sont < 30%, il est conseillé de réaliser une EFX avec VO₂max.

3. Orientations à l'issue des calculs des valeurs fonctionnelles résiduelles et de la mesure de la VO₂max

En s'attachant aux résultats les plus récents, l'algorithme de l'ACCP (14) aboutit aux conclusions suivantes:

Un VEMS pop et un TCO ppo > 60% et/ou une VO₂max > 20 mL/kg/min (65%) sont associés à un risque faible de mortalité (< 1%).

Un VEMS pop ou un TCO ppo < 60%, et une VO₂max < 10 mL/kg/min (35%) sont associés à un risque élevé de mortalité (qui peut être > 10%), de complications cardiorespiratoires et de détérioration importante de la fonction respiratoire après une résection majeure par thoracotomie. Une résection sublobaire ou un traitement non chirurgical sont conseillés. L'ACCP recommande la réhabilitation aux patients à haut risque de complications.

4. Comment réduire le risque opératoire : la réhabilitation respiratoire

Outre la gestion des comorbidités et le sevrage tabagique déjà discutés, une réhabilitation respiratoire peut être proposée au patient, prenant en compte qu'outre l'altération de la fonction respiratoire, ces patients dont l'âge moyen se situe aux alentours de 65 ans ont

régulièrement un déconditionnement à l'effort qui n'est parfois clairement objectivé que lors des mesures des EFX.

L'efficacité de la réhabilitation a été prouvée dans de nombreuses pathologies respiratoires, avant une chirurgie de réduction de volume pulmonaire et avant transplantation pulmonaire (32,33). La difficulté de proposer une réhabilitation réside dans le fait qu'elle doit être réalisée dans des délais brefs après le diagnostic, pour des raisons oncologiques évidentes. Il faut donc adapter les modalités de cette réhabilitation à une courte période (1-4 semaines). La réhabilitation a deux composantes: le réentraînement à l'exercice (REE) et l'éducation thérapeutique, auxquels sont associés le sevrage tabagique, le bilan et le suivi nutritionnel et la prise en charge psycho-sociale. A ce jour aucun protocole n'a été défini ou recommandé par les sociétés savantes. Il n'existe pas non plus aujourd'hui de recommandations précisant comment sélectionner les patients qui vont bénéficier d'un REE. Enfin, une Réhabilitation Améliorée Après Chirurgie (RAAC) est maintenant proposée dans de nombreux centres de chirurgie thoracique. Rappelons qu'elle intègre également dans la phase pré-opératoire la correction d'une anémie et l'éducation du patient.

Discussion

Outre les remarques faites sur les définitions de seuil appliquées dans les algorithmes décisionnels, il faut ici intégrer les limitations inhérentes au patient. A titre d'exemple, un patient hémiparétique peut très bien avoir une fonction respiratoire permettant d'envisager une résection chirurgicale, mais sa capacité physique ne lui permet pas de réaliser un test de mesure de capacité à l'exercice (EFX). Les troubles de compréhension (barrière linguistique, démence) peuvent limiter la réalisation et l'efficacité des tests pratiqués. Plus pragmatiquement, les patients ayant une trachéotomie définitive peuvent aussi éprouver des difficultés à réaliser des tests simples comme la spirométrie ou la mesure du TCO.

L'évolution des prises en charge thérapeutiques a modifié le paysage du cancer bronchique. L'abord multidisciplinaire des CBNPC de stade II-III se répand incluant des traitements pré-opératoires comme de la chimiothérapie, de la radio-chimiothérapie (tumeur de Pancoast) et plus récemment des stratégies à base d'immunothérapie. Tous ces traitements peuvent avoir un impact sur la mesure de la fonction respiratoire (toxicité

pulmonaire, anémie ...) justifiant de considérer au minimum une nouvelle spirométrie et détermination de la TCO avant l'acte chirurgical.

Les recommandations ici présentées sont essentiellement valables pour les chirurgies étendues (lobectomie, bilobectomie, pneumectomie) et non pour les résections limitées (résection en coin, segmentectomie). Il faut différencier le caractère prédictif des tests respiratoires pour les complications post-opératoires qui reste sans doute peu différent pour les résections limitées (bien qu'à confirmer), de celui de l'évaluation fonctionnelle respiratoire à moyen terme (> 6 mois post chirurgie). Les résections sublobaires entraînent en moyenne une perte de fonction respiratoire moindre qu'une lobectomie (30). Enfin, ces recommandations sont basées sur des résections réalisées par thoracotomie. Le recours à la chirurgie mini-invasive permet de diminuer la mortalité, les complications post-opératoires et la durée de séjour post-opératoire. Des études incluant des patients ayant une fonction respiratoire très altérée (VEMS ppo et/ou TCO ppo < 40%) suggèrent que les seuils d'opérabilité pourraient être abaissés pour certains patients lors du recours à ces techniques (34). L'ERS/ESTS, la BTS et l'ACCP (13-15) se sont concentrés sur les variables cardiaques et respiratoires afin de proposer des algorithmes décisionnels. Comme discuté en début de cet article, d'autres facteurs comme l'âge, l'état général ou les comorbidités peuvent aussi influencer sur la capacité du patient à tolérer une intervention chirurgicale. Ces RCP sont principalement basées sur des avis d'experts. Une initiative en cours de l'ERS/ESTS a pour but de mettre à jour les RCP de 2009 (13), sur base d'une revue systématique de littérature, en utilisant la méthode GRADE et en intégrant à l'algorithme définitif des paramètres tels que les comorbidités.

Conclusions

La chirurgie thoracique reste, même dans des mains expérimentées, un acte potentiellement grevé d'une morbi-mortalité significative. Une sélection attentive des patients est nécessaire afin de minimiser le risque opératoire. Au-delà des évaluations fonctionnelles cardiorespiratoires, il est indispensable d'agir sur les autres facteurs de risque de complications comme le tabagisme actif. Enfin, la réhabilitation péri-opératoire s'est installée dans le paysage oncologique et constitue certainement un des piliers de la prise en charge des patients d'oncologie thoracique.

Bibliographie

1. Pöttgen C, Eberhardt W, Stamatidis G, Stuschke M. Definitive radiochemotherapy versus surgery within multimodality treatment in stage III non-small cell lung cancer (NSCLC) - a cumulative meta-analysis of the randomized evidence. *Oncotarget*. 2017 Jun 20;8(25):41670–8.
2. Forde PM, Spicer J, Lu S, Provencio M, Mitsudomi T, Awad MM, et al. Neoadjuvant Nivolumab plus Chemotherapy in Resectable Lung Cancer. *N Engl J Med*. 2022 May 26;386(21):1973–85.
3. O'Brien M, Paz-Ares L, Marreaud S, Dafni U, Oselin K, Havel L, et al. Pembrolizumab versus placebo as adjuvant therapy for completely resected stage IB-IIIA non-small-cell lung cancer (PEARLS/KEYNOTE-091): an interim analysis of a randomised, triple-blind, phase 3 trial. *Lancet Oncol*. 2022 Oct;23(10):1274–86.
4. Berghmans T, Brandao, M. Co-morbidités et prise en charge des cancers bronchiques. *Revue des Maladies Respiratoires Actualités*. 2021;2S292-299.
5. Janssen-Heijnen ML, Schipper RM, Razenberg PP, Crommelin MA, Coebergh JW. Prevalence of co-morbidity in lung cancer patients and its relationship with treatment: a population-based study. *Lung Cancer Amst Neth*. 1998 Aug;21(2):105–13.
6. Wei YF, Chen JY, Lee HS, Wu JT, Hsu CK, Hsu YC. Association of chronic kidney disease with mortality risk in patients with lung cancer: a nationwide Taiwan population-based cohort study. *BMJ Open*. 2018 Jan 24;8(1):e019661.
7. de Rijke JM, Schouten LJ, ten Velde GPM, Wanders SL, Bollen ECM, Lalisang RI, et al. Influence of age, comorbidity and performance status on the choice of treatment for patients with non-small cell lung cancer; results of a population-based study. *Lung Cancer Amst Neth*. 2004 Nov;46(2):233–45.
8. Belot A, Fowler H, Njagi EN, Luque-Fernandez MA, Maringe C, Magadi W, et al. Association between age, deprivation and specific comorbid conditions and the receipt of major surgery in patients with non-small cell lung cancer in England: A population-based study. *Thorax*. 2019 Jan;74(1):51–9.
9. Nilsson J, Berglund A, Bergström S, Bergqvist M, Lambe M. The role of comorbidity in the management and prognosis in nonsmall cell lung cancer: a population-based study. *Acta Oncol Stockh Swed*. 2017 Jul;56(7):949–56.
10. Batchelor TJP, Rasburn NJ, Abdelnour-Berchtold E, Brunelli A, Cerfolio RJ, Gonzalez M, et al. Guidelines for enhanced recovery after lung surgery: recommendations of the Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society and the European Society of Thoracic Surgeons (ESTS). *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg*. 2019 Jan 1;55(1):91–115.
11. Nakagawa M, Tanaka H, Tsukuma H, Kishi Y. Relationship between the duration of the preoperative smoke-free period and the incidence of postoperative pulmonary complications after pulmonary surgery. *Chest*. 2001 Sep;120(3):705–10.

12. Mason DP, Subramanian S, Nowicki ER, Grab JD, Murthy SC, Rice TW, et al. Impact of smoking cessation before resection of lung cancer: a Society of Thoracic Surgeons General Thoracic Surgery Database study. *Ann Thorac Surg*. 2009 Aug;88(2):362-370-371.
13. Brunelli A, Charloux A, Bolliger CT, Rocco G, Sculier JP, Varela G, et al. ERS/ESTS clinical guidelines on fitness for radical therapy in lung cancer patients (surgery and chemo-radiotherapy). *Eur Respir J*. 2009 Jul;34(1):17-41.
14. Brunelli A, Kim AW, Berger KI, Addrizzo-Harris DJ. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*. 2013 May;143(5 Suppl):e166S-e190S.
15. Lim E, Baldwin D, Beckles M, Duffy J, Entwisle J, Faivre-Finn C, et al. Guidelines on the radical management of patients with lung cancer. *Thorax*. 2010 Oct;65 Suppl 3:iii1-27.
16. Benzo R, Kelley GA, Recchi L, Hofman A, Sciruba F. Complications of lung resection and exercise capacity: a meta-analysis. *Respir Med*. 2007 Aug;101(8):1790-7.
17. Bolliger CT, Perruchoud AP. Functional evaluation of the lung resection candidate. *Eur Respir J*. 1998 Jan;11(1):198-212.
18. Cohn SL, Fernandez Ros N. Comparison of 4 Cardiac Risk Calculators in Predicting Postoperative Cardiac Complications After Noncardiac Operations. *Am J Cardiol*. 2018 Jan 1;121(1):125-30.
19. Thomas DC, Blasberg JD, Arnold BN, Rosen JE, Salazar MC, Detterbeck FC, et al. Validating the Thoracic Revised Cardiac Risk Index Following Lung Resection. *Ann Thorac Surg*. 2017 Aug;104(2):389-94.
20. Halvorsen S, Mehilli J, Cassese S, Hall TS, Abdelhamid M, Barbato E, et al. 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery. *Eur Heart J*. 2022 Oct 14;43(39):3826-924.
21. Powell HA, Tata LJ, Baldwin DR, Stanley RA, Khakwani A, Hubbard RB. Early mortality after surgical resection for lung cancer: an analysis of the English National Lung cancer audit. *Thorax*. 2013 Sep;68(9):826-34.
22. Ferguson MK, Dignam JJ, Siddique J, Vigneswaran WT, Celauro AD. Diffusing capacity predicts long-term survival after lung resection for cancer. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg*. 2012 May;41(5):e81-86.
23. Ferguson MK, Vigneswaran WT. Diffusing capacity predicts morbidity after lung resection in patients without obstructive lung disease. *Ann Thorac Surg*. 2008 Apr;85(4):1158-1164-1165.
24. Brunelli A, Refai MA, Salati M, Sabbatini A, Morgan-Hughes NJ, Rocco G. Carbon monoxide lung diffusion capacity improves risk stratification in patients without

- airflow limitation: evidence for systematic measurement before lung resection. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg*. 2006 Apr;29(4):567–70.
25. Boujibar F, Gillibert A, Gravier FE, Gillot T, Bonnevie T, Cuvelier A, et al. Performance at stair-climbing test is associated with postoperative complications after lung resection: a systematic review and meta-analysis. *Thorax*. 2020 Sep;75(9):791–7.
 26. Loewen GM, Watson D, Kohman L, Herndon JE, Shennib H, Kernstine K, et al. Preoperative exercise Vo₂ measurement for lung resection candidates: results of Cancer and Leukemia Group B Protocol 9238. *J Thorac Oncol Off Publ Int Assoc Study Lung Cancer*. 2007 Jul;2(7):619–25.
 27. Miyazaki T, Callister MEJ, Franks K, Dinesh P, Nagayasu T, Brunelli A. Minute ventilation-to-carbon dioxide slope is associated with postoperative survival after anatomical lung resection. *Lung Cancer Amst Neth*. 2018 Nov;125:218–22.
 28. Brunelli A, Refai M, Xiumé F, Salati M, Marasco R, Sciarra V, et al. Oxygen desaturation during maximal stair-climbing test and postoperative complications after major lung resections. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg*. 2008 Jan;33(1):77–82.
 29. Varela G, Brunelli A, Rocco G, Marasco R, Jiménez MF, Sciarra V, et al. Predicted versus observed FEV₁ in the immediate postoperative period after pulmonary lobectomy. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg*. 2006 Oct;30(4):644–8.
 30. Charloux A, Quoix E. Lung segmentectomy: does it offer a real functional benefit over lobectomy? *Eur Respir Rev Off J Eur Respir Soc*. 2017 Dec 31;26(146).
 31. Charloux A, Enache I, Pisteu C, Olland A. Approches de l'évaluation fonctionnelle pré-opératoire des patients avec cancer bronchique et réhabilitation pré-opératoire. *Rev Mal Respir*. 2020 Dec;37(10):800–10.
 32. Granger C, Cavalheri V. Preoperative exercise training for people with non-small cell lung cancer. *Cochrane Database Syst Rev*. 2022 Sep 28;9(9):CD012020.
 33. Wang J, Dong Y, Su J, Wang Y, Yu P, Che G. Postoperative exercise training improves the quality of life in patients receiving pulmonary resection: A systematic review and meta-analysis based on randomized controlled trials. *Respir Med*. 2022 Feb;192:106721.
 34. Burt BM, Kosinski AS, Shrager JB, Onaitis MW, Weigel T. Thoracoscopic lobectomy is associated with acceptable morbidity and mortality in patients with predicted postoperative forced expiratory volume in 1 second or diffusing capacity for carbon monoxide less than 40% of normal. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014 Jul;148(1):19–28, discussion 28–29.e1.

Tableau 1. Calcul des valeurs prédites basé sur le décompte des segments pulmonaires fonctionnels

Nombre de segments fonctionnels : 19	
Poumon droit lobe supérieur : 3 lobe moyen : 2 lobe inférieur : 5	Poumon gauche culmen : 3 lingula : 2 lobe inférieur : 4
VEMS ppo = VEMS préopérateur x (1 - a/b)	
(a) nombre de segments non obstrués à réséquer	
(b) nombre total de segments non obstrués	
Le caractère « non obstrué » est défini d'après les résultats de la fibroscopie et de la TDM	

pop : post-opérateur