



Disponible en ligne sur

ScienceDirect

www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte

www.em-consulte.com



Techniques chirurgicales : médiastinoscopie vidéo-assistée, thoracotomie, VATS, RATS

Surgical techniques: video-assisted mediastinoscopy, thoracotomy, VATS, RATS

P. E. Van Schil^{1,4,*}, H. Etienne², L. Brouchet³, J. Assouad²

¹Département de Chirurgie Thoracique et Vasculaire, Hôpital Universitaire d'Anvers, Edegem (Anvers), Belgique

²Service de Chirurgie Thoracique et Vasculaire, Centre Hospitalier Universitaire Tenon, Paris, France

³Service de Chirurgie Thoracique, Centre Hospitalier Universitaire de Toulouse, Toulouse, France

MOTS-CLÉS

Cancer bronchique non à petites cellules ;
Vidéo-médiastinoscopie ;
Thoracotomie ;
Thoracoscopie ;
Chirurgie robotique

KEYWORDS

Non-small cell lung cancer;

Résumé

Le traitement curatif de référence pour les cancers bronchiques non à petites cellules reste la chirurgie d'exérèse carcinologique. L'objectif de cet article est de décrire les techniques chirurgicales et notamment, les voies d'abord qui sont à notre disposition pour le staging et traitement radical du cancer bronchique.

Bien que la contribution du chirurgien thoracique reste controversée, une médiastinoscopie vidéo-assistée joue toujours un rôle dans le staging du cancer pulmonaire. Les indications les plus importantes sont un staging après une endosonographie négative et la réévaluation après une thérapie d'induction.

Les différentes voies d'abords qui sont à la disposition du chirurgien pour effectuer une exérèse présentent des avantages et des inconvénients. L'évolution s'est faite des thoracotomies conventionnelles à la chirurgie mini-invasive, représentée par la vidéo-thoracoscopie (VATS) et la chirurgie assistée par robot (RATS). Le but final reste toujours d'obtenir une résection complète qui reste un des facteurs les plus importants dans le pronostic du cancer pulmonaire.

© 2021 SPLF. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Oncologically complete resection is the mainstay of curative treatment for non-small cell lung cancer. The purpose of this manuscript is to provide an overview of surgical techniques and more specifically, the different approaches that are used for staging and radical treatment of lung cancer.

*Auteur correspondant.

Adresse e-mail : paul.van.schil@uza.be (P. E. Van Schil).

Video-
mediastinoscopy;
Thoracotomy;
Thoracoscopy;
Robotic surgery

Although the role of invasive surgical staging remains controversial, videomediastinoscopy remains a useful tool in staging of lung cancer. Its main indications are staging after a negative endosonographic examination and restaging after induction therapy. The different approaches that are available in thoracic surgery all have their advantages and disadvantages. Classical thoracotomies have evolved to minimally invasive surgery, mainly represented by video-assisted thoracic surgery (VATS) and robotically assisted thoracic surgery (RATS). Complete resection still remains the final aim, as this is one of the most important prognostic factors for lung cancer.

© 2021 SPLF. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Introduction

Le traitement curatif de référence pour les cancers bronchiques non à petites cellules (CBNPC) reste la chirurgie d'exérèse carcinologique. La survie est fortement corrélée au stade de la maladie au moment du diagnostic et de la prise en charge : tous stades confondus, la survie globale à 5 ans est de 14 % [1]. La chirurgie d'exérèse carcinologique répond à des critères spécifiques [2,3] :

- exérèse anatomique réglée (c'est-à-dire avec un contrôle séparé des éléments du pédicule broncho-vasculaire aux dépens desquels se développe la tumeur), mono-bloc sans effraction capsulaire per-opératoire de la tumeur ;
- respect de marges saines macroscopiques et microscopiques (R0) ;
- curage ganglionnaire radical associé selon la définition de l'International Association for the Study of Lung Cancer (IASLC), c'est-à-dire comportant au minimum la dissection de trois groupes ganglionnaires (dont le groupe 7) et l'exérèse au minimum de six ganglions dans chaque groupe [2]. Le but de cette définition est d'harmoniser les pratiques, mais le curage ganglionnaire doit emporter tout le contenu d'une aire ganglionnaire (graisse et ganglions) sans tenir compte du nombre de ganglions réséqués.

Le chirurgien thoracique joue un rôle important dans l'évaluation initiale et le bilan d'extension pré- et peropératoire [3]. Dans cette revue un aperçu est présenté du rôle d'un staging invasif par vidéo-médiastinoscopie pour un cancer bronchique. Ensuite, les abords chirurgicaux sont discutés. L'incision classique est une thoracotomie postérolatérale qui dans beaucoup de centres a évolué vers une incision antérieure ou antérolatérale épargnant le muscle grand dorsal. En plus, ces vingt dernières années ont vu l'émergence de nouvelles voies d'abords, dites mini-invasives. Il s'agit de la vidéothoracoscopie (VATS) et la chirurgie assistée par robot (RATS). Indépendant de l'abord choisi par le chirurgien thoracique, le but principal reste d'obtenir une résection complète du cancer bronchique.

Médiastinoscopie vidéo-assistée

Pour le staging du cancer bronchique la tomодensitométrie (TDM) et la Tomographie par Emission de Positrons (TEP) sont actuellement utilisées de routine pour démontrer non seulement sa localisation anatomique mais aussi bien son

activité métabolique. Au cours de ces dernières années, des techniques peu invasives ont été introduites et améliorées pour évaluer l'atteinte ganglionnaire par ponction cytologique des ganglions hilaires et médiastinaux autour de la trachée et de l'œsophage. Des biopsies transbronchiques précises sont devenues possibles à l'aide d'ultrasonographie (EBUS : endobronchial ultrasound) et par endoscopie œsophagienne en combinaison avec l'ultrasonographie (EUS : endoscopic ultrasound) [4].

À cause de ce développement, l'apport précis des techniques chirurgicales invasives est fortement discuté mais elles donnent l'avantage de prélever des biopsies larges permettant une évaluation histologique et génétique moléculaire approfondie.

Les techniques qui sont actuellement à notre disposition sont décrites dans le tableau 1 [3].

La médiastinoscopie cervicale a été introduite par Carlens en 1959 et actuellement une technique vidéo-assistée est utilisée qui donne une image très détaillée permettant des biopsies excisionnelles des ganglions médiastinaux. Sa morbidité et mortalité sont extrêmement faibles dans des centres expérimentés [5].

Les ganglions médiastinaux qui peuvent être atteints par endosonographie et staging invasif sont comparés dans le tableau 2 [3]. L'incision cervicale d'une médiastinoscopie cervicale permet également de prendre des biopsies des ganglions supraclaviculaires (station 1) [6]. Par une médiastinoscopie antérieure, le chirurgien sait évaluer le médiastin antérieur et prendre des biopsies des ganglions de la fenêtre aortopulmonaire, les stations 5 et 6 [7]. Une médiastinoscopie étendue représente une combinaison de la médiastinoscopie cervicale et antérieure par la même incision cervicale et suprasternale [8]. Dans beaucoup de centres de chirurgie thoracique, la médiastinoscopie antérieure est remplacée par une vidéothoracoscopie (video-assisted thoracic surgery, VATS) qui permet également une exploration complète de la cavité pleurale ipsilatérale.

La valeur prédictive positive de la médiastinoscopie pour le staging du cancer bronchique est de 100 % et sa valeur prédictive négative de 96 % [9]. Par les techniques avancées de VAMLA (video-assisted mediastinal lymphadenectomy) et TEMPLA (transcervical extended mediastinal lymphadenectomy), une dissection extensive des ganglions médiastinaux est réalisée avec un taux de faux négatifs extrêmement bas [9-11].

La combinaison d'EBUS et EUS donne accès aux stations ganglionnaires médiastinales et hilaires et est appelée

une médiastinoscopie "médicale". Ces techniques sont peu invasives et effectuées sous anesthésie locale avec une sédation légère. En utilisant un examen cytologique sur place (ROSE – rapid on site examination) l'exactitude est améliorée de façon significative [12]. Quand un résultat positif est obtenu, un staging invasif n'est plus nécessaire. Pour cette raison, l'EBUS et l'EUS sont devenus les examens préférés avec une exactitude élevée dans les centres expérimentés. En cas de ganglions médiastinaux positifs, une médiastinoscopie cervicale peut être effectuée après une thérapie d'induction pour réévaluer le médiastin.

Dans l'essai randomisé et multicentrique ASTER (Assessment of Surgical Staging versus Endosonographic Ultrasound in Lung Cancer : a randomized study) 241 patients avec un CBNPC ont été inclus [13]. Un staging médiastinal était indiqué sur base des résultats de la TDM ou TEP scanner. Par uniquement un staging chirurgical une atteinte ganglionnaire a été trouvée dans 35 % des cas, par endosonographie (EBUS et EUS) dans 46 % des cas, et par un staging invasif après endosonographie dans 50 % des cas. Les valeurs prédictives négatives pour ces trois approches étaient de 86, 85 et 93 % ($p = 0,018$) [13].

Dans une étude rétrospective publiée par R. Cerfolio, 234 patients avec un CBNPC avec suspicion d'atteinte N2 sur la TDM ou TDM-TEP ont subi un examen EBUS ou EUS [14]. Une médiastinoscopie était indiquée quand les résultats d'EBUS/EUS étaient négatifs. La valeur prédictive négative des examens EBUS, EUS et médiastinoscopie pour détecter une atteinte ganglionnaire N2 était de 79, 80 et 93 %. Les taux de faux négatifs pour EBUS étaient de 28 % et pour EUS 22 % [14].

Dans un essai rétrospectif présenté par Defranchi, chez 494 patients avec un CBNPC un examen EBUS a été effectué suivi d'une médiastinoscopie quand le résultat de l'EBUS était négatif [15]. Chez les patients ayant un résultat négatif, une atteinte N2 prouvée par médiastinoscopie a été trouvée dans 28 % des cas. Pour cette raison un examen négatif d'EBUS ou EUS doit toujours être confirmé par une médiastinoscopie. L'ESTS (European Society of Thoracic Surgeons) préconise aussi cette attitude dans ses recommandations de 2014 [16]. Une revue récente publiée en 2021 dans Translational Lung Cancer Research montre que ses recommandations sont toujours d'actualité [17].

En ce qui concerne la réévaluation après une thérapie d'induction, la contribution de la TDM-TEP est plutôt limitée, en particulier après une thérapie d'induction avec immunothérapie. Dans ce dernier cas, une réponse pathologique peut être présente sans réponse sur l'imagerie non-invasive [18]. Pour le restaging une rémédiastinoscopie peut être appliquée mais la sensibilité est inférieure à celle d'une médiastinoscopie classique. Pour cette raison, il est indiqué dans les recommandations de l'ESTS qu'une technique invasive est possible mais que l'exactitude est inférieure comparé à la médiastinoscopie initiale [19]. Il est conseillé d'utiliser une technique peu invasive pour le diagnostic initial et de garder la médiastinoscopie pour réévaluer le médiastin après une thérapie d'induction. Cette attitude est aussi préférée dans une revue systématique sur la réévaluation après une thérapie d'induction et récemment confirmée dans la revue publiée dans Translational Lung Cancer Research [17,20].

Tableau 1. Méthodes disponibles pour évaluer les stations ganglionnaires médiastinales (adapté de [3])

Techniques non invasives	<ul style="list-style-type: none"> - tomodensitométrie (TDM) - résonance magnétique nucléaire - tomographie par émission de positrons (TEP) - TDM-TEP intégrée
Techniques peu invasives	<ul style="list-style-type: none"> - aspiration transthoracique - biopsies transbronchiques à l'aide d'ultrasonographie (EBUS : endobronchial ultrasound) - endoscopie oesophagienne à l'aide d'ultrasonographie (EUS : esophageal endoscopic ultrasound) - combinaison EBUS - EUS
Techniques invasives	<ul style="list-style-type: none"> - médiastinoscopie cervicale - rémédiastinoscopie cervicale - médiastinoscopie (médiastinotomie) antérieure - médiastinoscopie étendue (cervicale + antérieure) - lymphadénectomie médiastinale vidéo-assistée (VAMLA) - lymphadénectomie transcervicale étendue (TEMLA) - thoracoscopie (VATS : video-assisted thoracic surgery)

Tableau 2. Comparaison des ganglions médiastinaux qui peuvent être atteints par les techniques endosonographiques et invasives (repris de [3]).

LN	EBUS	EUS	Médiastinoscopie cervicale	VAMLA TEMLA	VATS G D
1	+	+	+	+	- -
2D	+	-	+	+	- +
2G	+	+	+	+	- -
4D	+	-	+	+	- +
4G	+	+	+	+	- -
5	-	-	-	+	+ -
6	-	-	-	+	+ -
7	+	+	+	+	+ +
8	-	+	-	+	+ +
9	-	+	-	-	+ +

EBUS : ultrasonographie endobronchique ; EUS : ultrasonographie endoscopique oesophagienne ; LN : station lymphatique, G : gauche ; D : droite ; TEMLA: transcervical extended mediastinal lymphadenectomy ; VAMLA : video-assisted mediastinal lymphadenectomy ; VATS : video-assisted thoracic surgery

Thoracotomie classique

La thoracotomie est la technique de référence pour la chirurgie d'exérèse carcinologique [21]. Elle présente plusieurs variantes :

- la thoracotomie postéro-latérale
- la thoracotomie verticale
- la thoracotomie axillaire
- la thoracotomie antéro-latérale

En raison de la section des muscles pariétaux, de l'écartement des côtes (avec disjonction costo-transversaire et possible fractures costales associées) et du traumatisme des nerfs intercostaux, c'est une incision particulièrement douloureuse. Les douleurs post-opératoires précoces ont un retentissement respiratoire pouvant limiter significativement le volume expiratoire maximal par seconde (VEMS) et être source d'encombrement bronchique post-opératoire. Pour cette raison, beaucoup de centres ont évolué vers une incision limitée antérieure épargnant le muscle grand dorsal qui est tout à fait préservé. En effet, la cicatrice se trouve au même niveau que l'incision de nécessité pratiquée lors d'une thoracoscopie. Par cette incision avec écartement des côtes limité, chaque opération thoracique est faisable, même une résection-anastomose bronchique ou trachéale [22]. Une thoracotomie verticale est rarement appliquée puisque l'incision se trouve en angle droit sur les plis cutanés, ce qui pose des problèmes pour une bonne guérison de la cicatrice.

VATS

La chirurgie mini-invasive cherche à diminuer le traumatisme chirurgical lié à ces incisions conventionnelles. Ainsi, la VATS se caractérise par :

- l'absence d'écartement costal
- la préservation des muscles à l'exception des muscles intercostaux au niveau de l'incision de nécessité.
- Il existe plusieurs approches décrites dans les voies d'abord en VATS :
- l'approche antérieure décrite par Hansen [23] : une incision de nécessité est faite dans le 4^e espace intercostal, en position axillaire et deux trocars sont mis en place pour compléter la triangulation ;
- l'approche postérieure qui diffère de la voie antérieure par la position de l'opérateur et de l'aide. Ces deux derniers se trouvent au dos du patient plutôt qu'à l'avant. L'incision de nécessité se trouve au niveau du 6^e ou 7^e espace intercostal, en avant du muscle grand dorsal [24] ;
- la technique totalement endoscopique décrite par Gossot et al. sans incision de nécessité [25] ;
- l'approche uniportale avec un trocar unique décrite par Gonzales-Rivas et al. [26].

Plusieurs études montrent un résultat carcinologique à long terme similaire entre la VATS et la thoracotomie conventionnelle : Jung et al. ne retrouvait pas de différence de survie à 3 ans entre les patients des groupes VATS et thoracotomie [27]. En 2017, dans une étude se basant sur la National Cancer Data Base (NCDB), Yang et al. vont encore plus loin : ils ne retrouvent pas de différence significative dans la survie à 5 ans après lobectomies par VATS, RATS

ou thoracotomie (73,5 %, 77,6 % et 77,9 % respectivement), ou de différence significative pour la survie sans récurrence (65,5 %, 72,7 % et 69 % respectivement) [28].

Avec des résultats carcinologiques non inférieurs à la thoracotomie conventionnelle, la VATS simplifie les suites post-opératoires car elle diminue le traumatisme chirurgical par son caractère mini-invasif. Dans une étude de cohorte à partir de la base de données de l'ESTS (European Society of Thoracic Surgeons), regroupant 26 050 patients bénéficiant d'une thoracotomie conventionnelle et 2 721 patients ayant eu la VATS, Falcoz et al. retrouvent une diminution significative des complications post-opératoires avec la VATS ainsi que la durée d'hospitalisation [29]. Il existe d'autres études, utilisant également de larges bases de données avec des scores de propension qui corroborent les conclusions de Falcoz et al. [30-32]. Mais les études comprenant des scores de propension ne doivent pas se substituer aux études randomisées contrôlées car elles ne prennent pas en compte les variables inconnues pouvant avoir un effet sur les critères de jugement [33,34]. Bendixen et al. ont réalisé une étude contrôlée, randomisée, unicentrique, en aveugle comparant la VATS à la thoracotomie antéro-latérale [35]. Ils parviennent à démontrer une diminution de la douleur post-opératoire et une amélioration de la qualité de vie significatives dans le groupe VATS. Mais il n'y a pas de différence significative entre les 2 groupes en termes de morbi-mortalité péri-opératoire. Il est déploré l'absence d'informations sur les résultats carcinologiques sur le long terme.

Un essai anglais, l'étude VIOLET a été présenté très récemment au congrès virtuel d'ASCO en juin 2021 (ASCO Annual Meeting 2021, abstract #8504). Il s'agit d'une étude multicentrique randomisée entre thoracotomie et VATS pour des patients avec un cancer bronchique prouvé ou soupçonné. Au total, 503 patients ont été inclus. Les résultats préliminaires montraient une journée d'hospitalisation en moins pour les patients qui ont subi une VATS lobectomie (4 versus 5 jours, $p = .006$), une réduction significative de la douleur postopératoire et également une réduction du nombre de complications, bien qu'il n'y avait pas de différence en ce qui concerne les complications graves. Les résultats oncologiques à un an post-opératoire ne montrent pas de différence concernant la survie globale ou le taux des récurrences. Malheureusement, dans le groupe des thoracotomies, 70 % des patients ont subi une incision postérolatérale, qui est moins pratiquée en Europe continentale ces dernières années.

Selon les recommandations de l'American College of Chest Physicians (ACCP), sauf cas particulier, les résections pulmonaires majeures pour CBNPC de stade I doivent de préférence être réalisées par VATS [36].

- Les contre-indications relatives à la VATS sont :
- CBNPC à un stade avancé : T2, T3 ou T4, N1 ou N2 ;
 - tumeurs avec des lésions endobronchiques proximales ;
 - lésions pouvant nécessiter une ou plusieurs résections-anastomoses bronchiques et/ou vasculaires ;
 - tumeurs avec un envahissement pariétal ;
 - thérapies d'induction consistant en chimio-immunothérapie.

Les contre-indications absolues sont :

- tumeurs centrales avec envahissement des structures hilaires ;
- VEMS post-opératoire calculé inférieur à 30 % de la valeur théorique et le DLCO post-opératoire calculé inférieur à 30 % de la valeur théorique (contre-indication absolue confirmant la non-opérabilité du patient) [37,38].

Certains centres experts ont élargi les indications de la VATS aux tumeurs T3, aux tumeurs avec résection de paroi et aux résections-anastomoses bronchiques.

RATS

La RATS se distingue par :

- une vision en trois dimensions ;
- un confort ergonomique limitant la fatigue du chirurgien ;
- l'utilisation d'instruments articulés permettant ainsi d'améliorer la dextérité du chirurgien
- l'absence d'écartement des côtes et de section musculaire, à l'image de la VATS.
- L'absence de retour de force peut être déroutant dans un premier temps pour le chirurgien mais cela s'estompe rapidement avec l'expérimentation [39]. Pendant longtemps, le seul robot disponible sur le marché était le système Da Vinci (Intuitive Surgical, Inc, Mountain View, Californie), composé de deux éléments :
- une console où est installé le chirurgien aux commandes du robot. Sur le dernier modèle du robot Da Vinci Xi, il y a deux consoles pour les opérateurs. Cela permet de faciliter l'apprentissage du chirurgien.
- le robot à proprement parler, comportant les instruments chirurgicaux et la caméra. Le robot Da Vinci Xi possède quatre bras articulés au lieu de trois bras articulés comme les précédents modèles. Cela facilite l'exposition sur le champ opératoire. Les instruments chirurgicaux vendus par la société ont également été améliorés avec l'introduction des pinces d'agrafage automatique, type EndoGia.

Depuis peu, la compagnie TransEnterix (Morrisville, Caroline du Nord, États-Unis) commercialise également un robot chirurgical : le système Senhance dont le premier modèle à être utilisé en France se trouve au centre hospitalier universitaire de Saint-Étienne, depuis février 2017. Bao et al. ne retrouvent pas de différence en termes de durée d'hospitalisation, de durée de drainage, de la qualité du curage ganglionnaire, des pertes sanguines ou de morbidité comparé à la VATS [40].

Le coût du robot, du consommable, de son entretien et la nécessité d'avoir un personnel au bloc opératoire formé à sa manipulation limitent la diffusion de cette technique d'autant plus que les études ne montrent pas de gain de survie comparée à la VATS ou à la thoracotomie conventionnelle [36]. En conclusion, la VATS et la RATS présentent des bénéfices superposables lorsqu'il s'agit de patients atteints de stade précoce de cancer pulmonaire. Le choix d'une technique par rapport à l'autre ne devrait dépendre que du plateau technique accessible au chirurgien et de ses préférences personnelles.

Conclusion

Le chirurgien thoracique joue un rôle essentiel dans le staging et traitement radical du cancer pulmonaire. Une vidéo-médiastinoscopie offre l'avantage d'offrir des biopsies larges aux pathologies. À côté d'une thoracotomie

classique, la chirurgie mini-invasive permet de diminuer le traumatisme chirurgical en réalisant une épargne musculaire et en évitant l'écartement des côtes contrairement aux thoracotomies conventionnelles. Ces voies d'abord ont des résultats carcinologiques à long terme similaires aux voies d'abord conventionnelles tout en permettant de diminuer la morbidité post-opératoire et la durée d'hospitalisation. Deux voies d'abord mini-invasives existent : la VATS et la RATS. Les principes de la chirurgie carcinologique des CBNPC demeurent inchangés lorsqu'il s'agit d'approches mini-invasives.

Liens d'intérêts

Au cours des 5 dernières années, P. E. Van Schil a perçu des honoraires ou financements pour participation à des groupes d'experts de la part de l'Institut National du cancer (France) et des laboratoires MSD et AstraZeneca.

H. Etienne : aucun.

L. Brouchet : aucun.

J. Assouad : aucun.

Cet article fait partie du numéro supplément *Cours du GOLF 2021* réalisé avec le soutien institutionnel des laboratoires AstraZeneca, MSD, Novartis et Takeda.

Références

- [1] Reck M, Heigener DF, Mok T, Soria JC, Rabe KF. Management of non-small-cell lung cancer: recent developments. *Lancet*. 2013;382:709-19.
- [2] Rami-Porta R, Wittekind C, Goldstraw P, International Association for the Study of Lung Cancer Staging C. Complete resection in lung cancer surgery: proposed definition. *Lung Cancer* 2005;49:25-33.
- [3] Van Schil P, De Waele M, Hendriks J, Lauwers P. Place du chirurgien dans le bilan d'extension du cancer pulmonaire. Role of the surgeon in lung cancer staging. *Revue des Maladies Respiratoires - Actualités* 2014;6:379-87.
- [4] Yasufuku K. Relevance of endoscopic ultrasonography and endobronchial ultrasonography to thoracic surgeons. *Thorac Surg Clin* 2013;23:199-210.
- [5] Rusch VW. Mediastinoscopy: an obsolete procedure? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2011;142:1400-2.
- [6] Lee JD, Ginsberg RJ. Lung cancer staging: the value of ipsilateral scalene lymph node biopsy performed at mediastinoscopy. *Ann Thorac Surg*. 1996;62:338-41.
- [7] Rami-Porta R, Call S. Invasive staging of mediastinal lymph nodes: mediastinoscopy and re-mediastinoscopy. *Thorac Surg Clin* 2012;22:177-89.
- [8] Obiols C, Call S, Rami-Porta R, Iglesias M, Saumench R, Serra-Mitjans M, et al. Extended cervical mediastinoscopy: mature results of a clinical protocol for staging bronchogenic carcinoma of the left lung. *Eur J Cardio-thorac Surg* 2012;41:1043-6.
- [9] Witte B, Hurtgen M. Video-assisted mediastinoscopic lymphadenectomy (VAMLA). *J Thorac Oncol* 2007;2:367-9.
- [10] Leschber G, Holinka G, Linder A. Video-assisted mediastinoscopic lymphadenectomy (VAMLA)--a method for systematic mediastinal lymphnode dissection. *Eur J Cardio-thorac Surg* 2003;24:192-5.

- [11] Zielinski M, Hauer L, Hauer J, Pankowski J, Szlubowski A, Nabialek T. [Transcervical Extended Mediastinal Lymphadenectomy (TEMLA) for staging of non-small-cell lung cancer (NSCLC)]. *Pneumonol Alergol Pol* 2011;79:196-206.
- [12] Nakajima T, Yasufuku K, Saegusa F, Fujiwara T, Sakairi Y, Hiroshima K, et al. Rapid on-site cytologic evaluation during endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration for nodal staging in patients with lung cancer. *Ann Thorac Surg* 2013;95:1695-9.
- [13] Annema JT, van Meerbeeck JP, Rintoul RC, Dooms C, Deschepper E, Dekkers OM, et al. Mediastinoscopy vs endosonography for mediastinal nodal staging of lung cancer: a randomized trial. *JAMA* 2010;304:2245-52.
- [14] Cerfolio RJ, Bryant AS, Eloubeidi MA, Frederick PA, Minnich DJ, Harbour KC, et al. The true false negative rates of esophageal and endobronchial ultrasound in the staging of mediastinal lymph nodes in patients with non-small cell lung cancer. *Ann Thorac Surg* 2010;90:427-34.
- [15] Defranchi SA, Edell ES, Daniels CE, Prakash UB, Swanson KL, Utz JP, et al. Mediastinoscopy in patients with lung cancer and negative endobronchial ultrasound guided needle aspiration. *Ann Thorac Surg* 2010;90:1753-7.
- [16] De Leyn P, Dooms C, Kuzdzal J, Lardinois D, Passlick B, Rami-Porta R, et al. Revised ESTS guidelines for preoperative mediastinal lymph node staging for non-small-cell lung cancer. *Eur J Cardiothorac Surg* 2014;45:787-98.
- [17] Leiro-Fernandez V, Fernandez-Villar A. Mediastinal staging for non-small cell lung cancer. *Transl Lung Cancer Res* 2021;10:496-505.
- [18] Provencio M, Nadal E, Insa A, Garcia-Campelo MR, Casal-Rubio J, Domine M et al. Neoadjuvant chemotherapy and nivolumab in resectable non-small-cell lung cancer (NADIM): an open-label, multicentre, single-arm, phase 2 trial. *Lancet Oncol* 2020;21:1413-22.
- [19] De Waele M, Serra-Mitjans M, Hendriks J, Lauwers P, Belda-Sanchis J, Van Schil P et al. Accuracy and survival of repeat mediastinoscopy after induction therapy for non-small cell lung cancer in a combined series of 104 patients. *Eur J Cardio-thorac Surg* 2008;33:824-8.
- [20] de Cabanyes Candela S, Detterbeck FC. A systematic review of restaging after induction therapy for stage IIIa lung cancer: prediction of pathologic stage. *J Thorac Oncol* 2010; 5:389-98.
- [21] Ginsberg RJ, Rubinstein LV. Randomized trial of lobectomy versus limited resection for T1 N0 non-small cell lung cancer. Lung Cancer Study Group. *Ann Thorac Surg* 1995;60:615-22.
- [22] Hendriks J, Lauwers P, Van Schil P. Extrapericardial pneumonectomy. *Multimed Man Cardiothorac Surg* 2005; doi:10.1510/mmcts.2004.000083.
- [23] Hansen HJ, Petersen RH, Christensen M. Video-assisted thoracoscopic surgery (VATS) lobectomy using a standardized anterior approach. *Surg Endosc* 2011;25:1263-19.
- [24] Yan TD. Surgical atlas of thoracoscopic lobectomy and segmentectomy. *Ann Cardiothorac Surg* 2014;3:183-91.
- [25] Gossot D, Stern JB, Girard P, et al. [Full thoracoscopic lobectomy and segmentectomy for benign or metastatic conditions]. *Rev Mal Respir* 2008;25:50-8.
- [26] Gonzalez-Rivas D, Fieira E, Mendez L, Garcia J. Single-port video-assisted thoracoscopic anatomic segmentectomy and right upper lobectomy. *Eur J Cardiothorac Surg* 2012;42:e169-171.
- [27] Jung HS, Kim HR, Choi SH, Kim YH, Kim DK, Park SI. Clinical feasibility and efficacy of video-assisted thoracic surgery (VATS) anatomical resection in patients with central lung cancer: a comparison with thoracotomy. *J Thorac Dis* 2015;7:1774-9.
- [28] Yang HX, Woo KM, Sima CS, et al. Long-term Survival Based on the Surgical Approach to Lobectomy For Clinical Stage I Nonsmall Cell Lung Cancer: Comparison of Robotic, Video-assisted Thoracic Surgery, and Thoracotomy Lobectomy. *Ann Surg* 2017;265:431-7.
- [29] Falcoz PE, Puyraveau M, Thomas PA, et al. Video-assisted thoracoscopic surgery versus open lobectomy for primary non-smallcell lung cancer: a propensity-matched analysis of outcome from the European Society of Thoracic Surgeon database. *Eur J Cardiothorac Surg* 2016;49:602-9.
- [30] Boffa DJ, Dhamija A, Kosinski AS, et al. Fewer complications result from a video-assisted approach to anatomic resection of clinical stage I lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014;148:637-43.
- [31] Scott WJ, Allen MS, Darling G, et al. Video-assisted thoracic surgery versus open lobectomy for lung cancer: a secondary analysis of data from the American College of Surgeons Oncology Group Z0030 randomized clinical trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;139:976-81.
- [32] Smith CB, Kale M, Mhango G, et al. Comparative outcomes of elderly stage I lung cancer patients treated with segmentectomy via video-assisted thoracoscopic surgery versus open resection. *J Thorac Oncol* 2014;9:383-9.
- [33] Blackstone EH. Comparing apples and oranges. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002;123:8-15.
- [34] Kuritzky AM, Aswad BI, Jones RN, Ng T. Lobectomy by Video-Assisted Thoracic Surgery vs Muscle-Sparing Thoracotomy for Stage I Lung Cancer: A Critical Evaluation of Short- and Long-Term Outcomes. *J Am Coll Surg* 2015;220:1044-53.
- [35] Bendixen M, Jorgensen OD, Kronborg C, Andersen C, Licht PB. Postoperative pain and quality of life after lobectomy via video-assisted thoracoscopic surgery or anterolateral thoracotomy for early stage lung cancer: a randomised controlled trial. *Lancet Oncol* 2016;17:836-44.
- [36] Fan J, Wang L, Jiang GN, Gao W. Sublobectomy versus lobectomy for stage I non-small-cell lung cancer, a meta-analysis of published studies. *Ann Surg Oncol* 2012;19:661-8.
- [37] Yan TD, Cao C, D'Amico TA, et al. Video-assisted thoracoscopic surgery lobectomy at 20 years: a consensus statement. *Eur J Cardiothorac Surg* 2014;45:633-9.
- [38] Assouad J MH, Agrafiotis A, Debrosse D, Etienne H. Voies d'abord mini-invasives en chirurgie thoracique EMC - Techniques chirurgicales - Thorax 2017; doi 10.1016/S1241-8226(17)64582-1.
- [39] Hendriks J, Yogeswaran SK, Berzenji L, Goedemé J, Lauwers P, Van Schil P. Robotic-assisted thoracoscopic lobectomy of the right middle lobe. *Multimed Man Cardiothorac Surg* 2020; doi:10.1510/mmcts.2020.24.
- [40] Bao F, Zhang C, Yang Y, He Z, Wang L, Hu J. Comparison of robotic and video-assisted thoracic surgery for lung cancer: a propensity-matched analysis. *J Thorac Dis* 2016;8:1798-803.