



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



SÉRIE CHIRURGIE THORACIQUE
COORDONNÉE PAR T BERGHMANS

Place de la réanimation après chirurgie thoracique

The role of the intensive care unit after thoracic surgery

V. Fontana^a, M. Coureau^a, B. Grigoriu^a,
N. Tamburini^b, J. Lemaitre^c, A.-P. Meert^{a,*}

^a Service de médecine interne, soins intensifs et urgences oncologiques, université Libre de Bruxelles (ULB), institut Jules-Bordet, rue Héger-Bordet, 1, 1000 Bruxelles, Belgique

^b Département de morphologie, médecine expérimentale et chirurgie, section de chirurgie 1, hôpital Sant'Anna, université de Ferrara, Ferrara, Italie

^c Service de chirurgie thoracique, Ambroise Pare, Mons, Belgique

Reçu le 11 juin 2021 ; accepté le 8 décembre 2021

MOTS CLÉS

Cancer bronchique ;
Chirurgie thoracique ;
Pneumectomie ;
Lobectomie ;
Complications postopératoires ;
Fistule bronchopleurale

Résumé Le cancer bronchique est aujourd'hui la principale cause de décès liée au cancer dans les pays occidentaux. La chirurgie thoracique représente une des stratégies thérapeutiques majeures et les divers progrès faits ces dernières années ont permis de développer des techniques de moins en moins invasives. La période postopératoire reste parfois longue, l'approche post-chirurgicale a besoin d'être mieux codifiée et les différentes interventions mieux soutenues par des preuves scientifiques. À ce jour, il n'y a aucune preuve que l'admission postopératoire préventive aux soins intensifs soit bénéfique pour les patients subissant une chirurgie de résection pulmonaire sans complications immédiates. Une stratification du risque de complications qui prend en compte l'état de santé général du patient (ex : état nutritionnel, degré d'autonomie, etc.), les comorbidités et le type de chirurgie, peut être utile pour prédire le besoin de soins intensifs dans la période postopératoire. Cependant, les complications postopératoires graves restent relativement fréquentes et la gestion postopératoire de ces patients aux soins intensifs, peut être complexe et longue. Avec la validation de « enhanced recovery after surgery » (ERAS) en chirurgie thoracique, de nouveaux protocoles sont nécessaires pour optimiser la prise en charge des patients opérés d'une résection pulmonaire. Cet article se concentre sur les principales complications post-opératoires, et la prise en charge aux soins intensifs des patients post chirurgie thoracique.

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

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : ap.meert@bordet.be (A.-P. Meert).

<https://doi.org/10.1016/j.rmr.2021.12.006>

0761-8425/© 2021 SPLF. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

KEYWORDS

Lung cancer;
Thoracic surgery;
Pneumonectomy;
Lobectomy;
Postoperative
complications;
Broncho-pleural
fistula

Summary Lung (bronchial) cancer is the leading cause of cancer-related death in Western countries today. Thoracic surgery represents a major therapeutic strategy and the various advances made in recent years have made it possible to develop less and less invasive techniques. That said, the postoperative period may be lengthy, post-surgical approaches need to be more precisely codified, and it matters that the different interventions involved be supported by sound scientific evidence. To date, however, there exists no evidence that preventive post-operative admission to intensive care is beneficial for patients having undergone lung resection surgery without immediate complications. A stratification of the risk of complications taking into consideration the patient's general state of health (e.g., nutritional status, degree of autonomy, etc.), comorbidities and type of surgery could be a useful predictive tool regarding the need for postoperative intensive care. However, serious post-operative complications remain relatively frequent and post-operative management of these intensive care patients is liable to become complex and long-lasting. In the aftermath of the validation of "enhanced recovery after surgery" (ERAS) in thoracic surgery, new protocols are needed to optimize management of patients having undergone pulmonary resection. This article focuses on the main postoperative complications and more broadly on intensive care patient management following thoracic surgery.

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

Introduction

Le cancer bronchique reste la première cause de décès par cancer dans le monde, avec approximativement 1,6 million de décès par an et un taux de survie à 5 ans de 57 % pour les patients au stade I et de 4 % pour les patients au stade IV [1–3].

La chirurgie représente aujourd'hui, la meilleure chance de survie pour les patients présentant un cancer bronchique non-à-petites cellules localisé [4].

L'introduction des techniques minimalement invasives (en partie) limité l'impact fonctionnel de la chirurgie avec une meilleure gestion postopératoire de la douleur et une récupération plus rapide. Cela a permis d'élargir les indications chirurgicales à des patients plus âgés et avec des comorbidités [5,6].

Néanmoins, le taux de morbidité reste élevé, entre 20 % et 40 %, et la mortalité postopératoire varie selon le type d'intervention de 2 % pour les lobectomies, jusqu'au 10 % pour les pneumonectomies surtout droites [7–9]. La chirurgie onco-thoracique reste, dès lors, une chirurgie à haut risque de complications graves et la prise en charge postopératoire représente par conséquent, un challenge en unité de soins intensifs [10].

En unité de soins intensifs (USI), les patients atteints d'un cancer bronchique représentent approximativement 8 % des admissions de patients atteints de tumeurs malignes et 27 % de ceux atteints d'un cancer solide [11]. Le pourcentage d'admissions aux soins intensifs pour les patients opérés d'une résection pulmonaire peut varier considérablement d'un centre à l'autre : souvent, l'admission en réanimation est décidée à l'avance, en fonction des indices de risque des complications peropératoires, mais aussi des caractéristiques et des protocoles locaux. Globalement,

environ 30 % des patients subissant une chirurgie de résection pulmonaire sont admis aux soins intensifs [12–14]. Les complications respiratoires sont la principale cause de morbidité et de mortalité périopératoires dans cette population : atélectasie, pneumonie et insuffisance respiratoire aiguë surviennent chez 15 % à 20 % des patients et causent la majorité de la mortalité attendue. Les complications cardiaques (arythmie, ischémie, etc...) surviennent chez 10 % à 15 % des patients après chirurgie thoracique majeure.

La prédiction des complications postopératoires et l'évaluation de l'impact fonctionnel à long terme d'une résection pulmonaire sont essentielles et font partie de l'évaluation préopératoire.

Lors du choix des patients candidats à une résection pulmonaire, le calcul des scores composites de risque (ex. indice de risque cardio-pulmonaire multifactoriel, indice de comorbidité de Charlson, etc.) s'est avéré utile pour la stratification des risques et pour l'analyse comparative de groupes de patients spécifiques, mais elle manque généralement de précision dans l'attribution d'un risque spécifique à des patients individuels [15].

Dans l'évaluation préopératoire des patients atteints d'un cancer bronchique, compte tenu de l'âge avancé et de la présence de comorbidités associées, une approche multidisciplinaire est nécessaire afin d'évaluer l'opérabilité du patient, prédire les complications auxquelles le patient est le plus à risque, prendre toutes les mesures nécessaires pour assurer une prise en charge péri- et postopératoire rapide et efficace.

La validation et l'application croissante de techniques chirurgicales mini-invasives, l'éducation des patients au drainage bronchique autonome et l'utilisation de protocoles d'analgésie ciblés et individualisés semblent être efficaces pour réduire les complications infectieuses et améliorer

Tableau 1 Facteurs de risque indiquant un risque élevé de complications postopératoires.

Facteurs de risque liés au patient	Facteurs de risque liés à la procédure
ASA ≥ 3 S-MPM ≥ 6 points RCRI ≥ 2 points ThRCRI $> 1,5$ points ARISCAT > 45 points VEMS préopératoire < 60 % ppo-VEMS < 30 % ppo-DLCO < 30 % Peak $V'O_2 < 12 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ Dysfonction hépatique (<i>Score de Child Pugh A</i> ou <i>Model for End-Stage Liver Disease (MELD) > 8</i>)	Procédures à risque élevé Complications intra-opératoires majeurs ^a Faible niveau d'expertise des opérateurs et de l'hôpital Opération d'urgence

ASA : American Society of Anesthesiologists ; S-MPM : surgical mortality probability model ; RCRI : revised cardiac risk index ; ThRCRI : thoracic RCRI ; ARISCAT : Assess Respiratory Risk in Surgical Patients in Catalonia risk index ; VEMS : volume expiratoire maximal par seconde ; ppo : predictive postoperative (prédictif postopératoire) ; DLCO : capacité de diffusion du monoxyde de carbone ; $V'O_2$: consommation d'oxygène. Adapté de Meert et al. [11].
^a ex. : hypotension malgré remplissage et/ou vasopresseurs, hypoxémie, ischémie myocardique, arythmies cardiaques nécessitant d'un traitement, hémorragie sévère, bronchoinhalation.

la gestion de la douleur postopératoire. En outre il faut soutenir les patients pour obtenir un sevrage tabagique préopératoire [16].

L'Enhanced recovery after Surgery Society (ERAS) et l'European Society of Thoracic Surgery (ESTS) ont élaboré des recommandations à propos des préadmissions, admissions et soins postopératoires des patients candidats à une intervention de résection pulmonaire pour améliorer la récupération postopératoire, réduire la morbidité et diminuer la durée du séjour [17].

L'objectif de cet article est d'expliquer quelles sont les principales complications postopératoires en chirurgie oncothoracique et de définir les stratégies optimales de prise en charge de ces complications en réanimation.

Admission aux soins intensifs après chirurgie thoracique oncologique

Les critères d'admission après chirurgie de résection pulmonaire sont liés à des comorbidités préexistantes et/ou à des complications peropératoires. Différentes échelles ont tenté d'évaluer le risque générique dû aux comorbidités chez les patients chirurgicaux (ex. le score ASA) ou le risque spécifique à un organe (ex. RCRI, TRCRI, ARISCAT et autres) (Tableau 1). Cette stratification du risque est importante afin de définir le parcours que les patients suivront après la chirurgie et se fait en fonction des comorbidités et du type de chirurgie.

Selon l'European Respiratory Society (ERS), l'admission systématique en réanimation après thoracotomie n'est pas recommandée. La prise en charge post opératoire peut se faire, selon les possibilités liées aux différents milieux hospitaliers : en salle d'hospitalisation générale pour la chirurgie à faible risque, en unité de haute dépendance pour ceux à risque intermédiaire et en réanimation pour les patients à haut risque [18].

Plusieurs travaux ont décrit le rôle des différentes comorbidités pouvant avoir un impact sur les résultats chez les patients en chirurgie thoracique oncologique. Parmi eux, des affections cardiovasculaires préexistantes comme une insuffisance cardiaque, un antécédent de maladie coronarienne, une arythmie ou un antécédent d'accident vasculaire cérébral peuvent entraîner des complications peropératoires. La fonction pulmonaire préopératoire est un autre aspect essentiel à prendre en compte chez ces patients ; un volume expiratoire maximal par seconde postopératoire prédit (ppo-VEMS) < 40 % ou une capacité de diffusion du monoxyde de carbone postopératoire prédite (ppo-DL_{CO}) < 40 % sont des situations associées à un risque élevé en cas de résection pulmonaire et à la nécessité d'une admission en soins intensifs en postopératoire. Enfin, le dysfonctionnement hépatique (considéré comme Child-Pugh A ou MELD > 8) est une condition qui doit être soigneusement évaluée. [11,18].

Le type de chirurgie est un autre aspect non négligeable à considérer pour stratifier le risque ; la pneumectomie, la bilobectomie, la résection pulmonaire bilatérale et la chirurgie impliquant le diaphragme et/ou le péricarde sont plus fréquemment associées à des complications peropératoires et suggèrent qu'une période postopératoire en réanimation doit être envisagée (Tableau 2).

Finalement, l'organisation des institutions et les différentes compétences de chaque unité, doit être prise en compte. Dans le cas d'interventions considérées comme à haut risque (en raison du risque chirurgical et/ou des comorbidités du patient), une stratégie couramment adoptée est de ne débiter l'intervention que si la disponibilité des lits en réanimation est confirmée.

Complications

Les complications sont des événements inattendus qui ne sont pas intrinsèques à la procédure [19].

Tableau 2 Patients à risque moyen à élevé : candidats pour une admission postopératoire en unité de haute dépendance ou soins intensifs.

Comorbidités et statut fonctionnel préopératoires

- Insuffisance cardiaque (IC)
 - Fraction d'éjection ventriculaire gauche (FEVG) < 40 %
 - Patients avec signes et symptômes d'IC et FEVG > 50 %
 - Antécédents d'IC
 - Coronaropathies
 - Angor
 - Antécédents de syndrome coronarien aigu (SCA)
 - Arythmies cardiaques et/ou bloc de conduction
 - Dysfonction rénale (créatinine plasmatique > 220 mg·dL⁻¹)
 - Pathologie vasculaire cérébrale ou artérite périphérique symptomatique
 - BPCO sévère (VEMS < 50 % des valeurs prédits)
 - Probable nécessité de ventilation mécanique**
 - Dysfonction hépatique : (*Score de Child Pugh A ou Model for End-Stage Liver Disease (MELD) > 8*)
 - VO₂ < 35 % des valeurs prédits
 - or < 10 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (haute risqué pour tout chirurgie de résection pulmonaire)
 - Pneumectomie, bilobectomie et résection pulmonaire bilatérale
 - Résection pulmonaire étendue impliquant le diaphragme, le péricarde ou la paroi
 - Saignement intraopératoire majeur
- Événement postopératoire immédiat**
 - Instabilité hémodynamique
 - Nécessité de remplissage et/ou transfusions
 - Nécessité de vasopresseurs et/ou inotropes
 - Nécessité de ventilation mécanique (invasive ou non invasive)

Adapté de Brunelli et al. [15].

L'incidence des complications chez les patients qui subissent une chirurgie thoracique majeure est d'environ 30 %. Parmi ceux-ci, 60 % développent des complications considérées comme « minimales » (grade I et II selon le système *Thoracic Morbidity and Mortality*) [20].

La mortalité globale est estimée entre 2 % et 3 %. Une discussion distincte est valable pour la « pneumectomie », qui se caractérise par un taux de complications et de mortalité plus élevée, en particulier la pneumectomie droite.

La période postopératoire d'une chirurgie thoracique majeure peut facilement se compliquer en raison de l'apparition d'un syndrome restrictif et d'une altération de la fonction diaphragmatique et des muscles intercostaux. Ceux-ci sont la conséquence des effets secondaires de l'anesthésie et de la chirurgie sur la mécanique respiratoire et sont à la base des principales complications respiratoires postopératoires.

Plusieurs modèles de classification des complications postopératoires ont été proposés, la classification Clavien-Dindo adaptée à la chirurgie thoracique est l'une des plus

utilisées [19]. Cette classification se base sur la division des niveaux de gravité des complications en fonction de l'intensité des mesures thérapeutiques nécessaires pour les combattre.

L'atélectasie, les hémorragies, l'œdème pulmonaire, la fibrillation auriculaire, l'infection des plaies chirurgicales, la pneumonie et les fuites d'air persistantes sont les complications les plus courantes qui surviennent après une chirurgie thoracique. La fistule bronchopleurale, l'empyème, la hernie cardiaque, la torsion pulmonaire, le chylothorax, la thromboembolie, l'insuffisance ventriculaire droite et les lésions neurologiques surviennent plus rarement.

Les facteurs de risque les plus fréquents comprennent l'âge, la classe ASA 3 ; le FEV1 préopératoire < 60 %, les comorbidités cardiovasculaires, le tabagisme et la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO) [10,21].

En réanimation, la prise en charge des patients subissant une chirurgie de résection pulmonaire doit faire face à la possibilité de diverses complications typiques de la chirurgie thoracique, pouvant survenir dans les 24 premières heures postopératoires (complications précoces) ou après (complications tardives).

Pour simplifier nous discuterons les complications dans l'ordre chronologique, précoces et tardives, et selon le type de chirurgie (Tableau 3).

Complications précoces

Les complications précoces se produisent dans les 24-48 premières heures après la chirurgie et sont très souvent directement liés à la chirurgie ou, dans un sens large, à des événements qui se sont produits dans la période peropératoire.

Complications précoces nerveuses

Lésions d'étirement

Leur incidence est inconnue, mais les lésions nerveuses iatrogènes sont bien décrites en chirurgie thoracique. Elles surviennent à la suite d'un mauvais positionnement du patient en salle d'opération et affectent principalement le plexus brachial, notamment dans les thorcotomies latérales dans lesquelles le bras du côté opéré reste en position verticale. La vérification de la bonne installation du patient lors de la check-list préopératoire est fondamentale. Cliniquement, elle se manifeste par une faiblesse indolore dans le territoire de distribution du plexus brachial supérieur et peut s'accompagner de paresthésies. Bien qu'il s'agisse de lésions démyélinisantes, dans la plupart des cas, la guérison est complète entre 4 et 8 semaines et un traitement conservateur est suffisant [22,23].

Paralysie récurrentielle

Les lésions du nerf laryngé récurrent surviennent avec une incidence < 2 % dans la chirurgie trachéale et le taux est beaucoup plus élevé dans les chirurgies pulmonaires et œsophagiennes, allant de 4 % à 31 % [24]. Généralement associée au curage ganglionnaire, elle est plus fréquente à gauche en raison du trajet du nerf laryngé récurrent en dessous de la crosse de l'aorte ou par lésion du nerf vague au-dessus

Tableau 3 Complications de la chirurgie thoracique.

Complications précoces	Complications tardives	Complications liées au type d'intervention
<p>Nerveuses :</p> <ul style="list-style-type: none"> D'étirement (plexus brachiale) Paralysie récurrentielle Paralysie phrénique <p>Mécaniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> Torsion lobaire Ischémie veineuse Hémorragie postopératoire Atélectasie Insuffisance respiratoire aiguë Syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA) Hernie cardiaque Fuites aériques prolongés Chylothorax 	<ul style="list-style-type: none"> Infection sur site opératoire Pneumopathie infectieuse Épanchements aériques persistantes (défauts de réhabilitation) Systémiques : Fibrillation auriculaire postopératoire Embolie pulmonaire 	<p>Complications post VATS :</p> <ul style="list-style-type: none"> Risque de durée majeure d'interventions Conversion en thoracotomie <p>Complications post-pneumectomie :</p> <ul style="list-style-type: none"> Fistule broncho-pleurale Syndrome post-pneumectomie Syndrome platypnée – orthodéoxie

de la crosse aortique. Cliniquement, elle se manifeste par un changement évident de la voix qui devient soufflée et bitonale [25]. Le patient, présente un risque plus élevé de fausses routes essentiellement aux liquides et de pneumonie d'inhalation (surtout pour la paralysie des cordes vocales en abduction) et doit être mis à jeun jusqu'à confirmation par fibroscopie associée à un test de déglutition. Une hydratation orale pourra être maintenue en épaississant les liquides.

Paralysie phrénique

La lésion du nerf phrénique peut être accidentelle ou nécessaire dans le cadre de l'extension de la résection tumorale. Une ventilation mécanique prolongée et des radiographies thoraciques prises avec le patient allongé peuvent retarder le diagnostic. Les facteurs de risque sont une tumeur proximale et le côté droit car le nerf phrénique est anatomiquement plus à proximité du hile pulmonaire. Une attention particulière doit être prise lors de sa dissection en évitant l'électrocoagulation et la dévascularisation. La lésion du nerf phrénique (partielle ou complète) est responsable de l'altération de la mécanique respiratoire et peut prolonger le sevrage de la ventilation mécanique [26]. La récupération de la fonction diaphragmatique peut être totale dans les 6 à 12 mois [27].

Complications précoces mécaniques

Torsion lobaire

Il s'agit d'une complication très rare (< 0,5 %) qui peut avoir des conséquences désastreuses [28]. Elle se produit en raison de la rotation du lobe pulmonaire autour du pédicule bronchovasculaire, entraînant une obstruction des axes vasculaires et parfois bronchiques. Le lobe moyen est le plus sujet à telle complication mais le risque est important quand le lobe restant est de petite taille. La détorsion lobaire peut survenir spontanément mais elle peut s'accompagner de la persistance d'une ischémie veineuse. Cliniquement, le patient présente des symptômes non spécifiques tels que dyspnée, fièvre et douleurs thoraciques ; elle peut évoluer vers un état de choc si elle n'est pas diagnostiquée

et traitée à temps. À la radiographie, elle se présente comme une atélectasie, tandis que sur le scanner injecté, un arrêt brutal de la perfusion est observé. La bronchoscopie, importante dans le processus de diagnostic, montre une bronche complètement occluse. Le traitement doit être immédiat : une résection pulmonaire est indispensable si les manœuvres de détorsion s'avèrent inefficaces ou en cas d'ischémie sévère [29]. La fixation des lobes restants au tissu environnant par différentes techniques (ex. suture, agrafage, colle) et la vérification de la bonne aération du poumon restant sont les mesures préventives à prendre à la fin de l'opération.

Hémorragie postopératoire

Le saignement postopératoire survient dans moins de 3 % des cas et généralement dans les douze premières heures après la chirurgie [30]. Il peut survenir au niveau des vaisseaux médiastinaux ou bronchiques, des vaisseaux intercostaux ou d'un vaisseau pulmonaire [31]. Une adhésiolyse complexe, la présence de nombreuses brèches tissulaires et la réaction inflammatoire elle-même générée par l'incision chirurgicale sont des facteurs favorisants. Les saignements ont généralement tendance à s'autolimiter, mais s'ils dépassent un volume de 200 cc/h dans les premières deux heures après la chirurgie, le chirurgien doit être alerté, et une radiographie du thorax doit être faite. Contrôle et correction des paramètres de la coagulation sont indispensables avant une nouvelle exploration chirurgicale.

Atélectasies

L'apparition d'une atélectasie dans les 24 à 48 premières heures suivant la chirurgie thoracique n'est pas un événement rare, en particulier lors d'une exérèse pulmonaire ; elles sont classiquement associées à l'alitement, à un contrôle insuffisant de la douleur, à une kinésithérapie respiratoire peu efficace et concernent principalement les zones postéro-inférieures du poumon opéré.

Bien que l'anesthésie puisse entraîner une modification de la production de surfactant, elle ne semble pas contribuer de manière significative à l'apparition d'une

atélectasie. En revanche, la réabsorption des gaz alvéolaires et la compression tissulaire semblent être les deux mécanismes principaux. Dans les premières heures post-opératoires, l'hypotonie des muscles intercostaux et le déplacement du diaphragme dans le sens céphalique, l'hypersécrétion bronchique et la toux inefficace (due principalement à la douleur) sont les principaux facteurs de risque.

On assiste cliniquement à la disparition du murmure vésiculaire, à la réduction de l'expansion inspiratoire de l'hémithorax ipsilatéral et à l'arrêt du bullage dans le système de drainage. Radiologiquement, elles sont caractérisées par des opacités parenchymateuses (signes directs) ou par l'attraction du médiastin et de la trachée du côté de l'atélectasie, une ascension homolatérale de la coupole diaphragmatique et un pincement costal (signes indirects, liés aux phénomènes de rétraction).

La pression positive continue (CPAP) peut être utile chez certaines personnes qui sont hypoxémiques après la chirurgie. La ventilation non invasive (VNI) ou l'oxygénothérapie à haut débit (OHD) sont couramment utilisées, mais les avantages et les inconvénients de ces thérapies restent à déterminer. Une revue récente a montré que la VNI post-opératoire après une résection pulmonaire, ne permet pas d'améliorer le taux de complications pulmonaires, de réintubation, la durée de séjour aux soins intensifs et à l'hôpital ni le taux de mortalité [32].

L'alitement post-opératoire prolongé est associé à des complications pulmonaires telles qu'atélectasies et pneumonies. La kinésithérapie respiratoire et posturale et l'aspiration par bronchoscopie des sécrétions sont les points clés du traitement de l'atélectasie. Pour prévenir ces complications les protocoles ERAS (*Enhanced recovery after surgery*, ou en français RAAC : réhabilitation améliorée après chirurgie) favorisent la physiothérapie et la mobilisation précoce déjà dans les premières 24 h postopératoires [17].

Insuffisance respiratoire aiguë

L'insuffisance respiratoire aiguë (IRA) précoce postopératoire est l'une des complications les plus graves dont la mortalité est très élevée. Le postopératoire d'une pneumonectomie peut se compliquer d'une IRA nécessitant une ré-intubation dans environ 17 % des cas, avec une mortalité hospitalière allant jusqu'à 44 % [33].

BPCO, asthme, fibrose pulmonaire, insuffisance cardiaque et obésité font partie des facteurs de risque les plus importants, et leur prise en charge durant l'évaluation préopératoire est indispensable afin de mettre en place des mesures préventives chez ces patients.

Plusieurs facteurs peuvent être responsables individuellement ou en association dans l'apparition de l'IRA. Certains comme la douleur (cause de toux inefficace et encombrement bronchique), le bronchospasme ou le surdosage d'opioïdes peuvent être traités et résolus assez rapidement, limitant l'utilisation de mesures telles que la ventilation mécanique. L'hypoventilation pourrait être aussi le signe d'une atteinte des nerfs phrénique et/ou récurrent, ou d'une lésion pulmonaire entraînant une fistule bronchique. Atélectasies, surinfections broncho-pulmonaires, épanchements pleuraux et embolies pulmonaires sont d'autres causes possibles d'IRA, à rechercher précocement.

L'analyse des causes provoquant une IRA peut être assez compliquée mais est capitale pour le traitement étiologique. La radiographie du thorax n'apporte parfois pas d'information dans les stades précoces de l'IRA. La surveillance clinique, le suivi des paramètres vitaux, la gazométrie et les techniques d'imagerie (échographie, tomodynamomètres) sont couramment utilisés lors du processus diagnostique-thérapeutique, et permettent également d'en suivre l'évolution.

Syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA)

Le SDRA est défini selon les critères de Berlin comme l'apparition aiguë d'une hypoxémie (rapport PaO₂/FIO₂ < 300) et d'infiltrats bilatéraux (ou du poumon restant) sur la radiographie thoracique, non liée à une cause cardiaque. Il est classé comme léger, modéré ou sévère selon le niveau d'hypoxémie (paO₂/FiO₂ respectivement entre 300 et 201, entre 200 et 101, ≤ 100) [34].

Le SDRA post chirurgie thoracique survient généralement à partir du deuxième ou du troisième jour postopératoire, avec une incidence d'environ 1,5 % à 2 % après une lobectomie et jusqu'à 5 % après une pneumonectomie. La mortalité varie entre 45 et 70 % [35].

Dans une vaste étude rétrospective, Kim et al. ont montré que les patients avec un faible VEMS post-opératoire prédit (ppo-VEMS), une fraction de perfusion élevée du poumon réséqué, ou les deux, ont une incidence plus élevée de SDRA et une mortalité précoce après pneumonectomie plus élevée [36]. Récemment, Peretti et al. ont montré que le diamètre normalisé de l'artère pulmonaire (nPAD) est un prédicteur indépendant de la survenue d'une insuffisance respiratoire post-pneumonectomie et d'un SDRA [37].

Les recommandations internationales en cas de SDRA modérée ou sévère prévoient la mise en place d'une ventilation mécanique invasive, avec des volumes courants égaux ou inférieurs à 6 ml/kg du poids corporel prédictif, et des pressions plateau inférieures à 30 cmH₂O, afin d'éviter les dommages causés par volo- et le baro- traumatisme. Dans les cas réfractaires, le décubitus ventral et/ou le recours à la circulation l'oxygénation extracorporelle (ECMO) sont indiqués. Bien que certaines publications suggèrent que la VNI peut être réservée aux patients atteints d'un SDRA léger [5,17,21,22], l'impact de la VNI sur le SDRA n'est pas encore bien compris. Dans une étude prospective internationale, Bellani et al ont montré que la VNI semble être associée à une mortalité plus élevée chez les patients avec une PaO₂/FIO₂ inférieure à 150 mmHg [38] suggérant la nécessité d'y recourir de façon précoce.

Bien qu'elle ne soit pas exempte d'effets secondaires, une thérapie liquidienne restrictive associée ou non à l'utilisation de diurétiques est recommandé dans la gestion du SDRA. L'utilisation de corticostéroïdes reste actuellement controversée [39].

Hernie cardiaque

La hernie cardiaque est une complication aussi rare que grave, qui survient dans les 24 à 48 h après la chirurgie et qui a une issue fatale si elle n'est pas reconnue et traitée immédiatement. La hernie cardiaque peut se présenter après une pneumonectomie surtout droite, mais est

souvent limitée aux situations dans lesquelles une infiltration tumorale des gros vaisseaux pulmonaires nécessite un contrôle intra-péricardique. En présence d'une brèche péricardique importante et d'une dépression dans la cavité pleurale ou d'une surpression controlatérale, une hernie des structures cardiaques survient avec le plus souvent la rotation du cœur autour de l'axe des veines caves. Certains facteurs déclenchants sont habituellement retenus : ventilation assistée avec PEEP du poumon controlatéral, efforts de toux ainsi que les manœuvres qui la déclenchent : aspiration endotrachéale, extubation [40–43]. La présentation clinique peut être d'emblée très grave, se caractérisant par un choc de type obstructif qui peut évoluer rapidement vers l'arrêt cardiorespiratoire en absence d'une prise en charge immédiate. La radiographie thoracique est l'investigation diagnostique de référence, permettant de reconnaître des modifications de la silhouette cardiaque (dextro-rotation majeure du cœur et aspect de hernie de l'oreillette). L'embolie pulmonaire massive rentre également dans le diagnostic différentiel. Les autres techniques d'imagerie ne semblent pas apporter d'arguments supplémentaires et risquent de retarder le geste chirurgical [44]. La chirurgie est le seul traitement possible, permettant de remettre le cœur en place dans le sac péricardique, et d'obtenir de manière non étanche la brèche péricardique [45,46].

Fuites aériques prolongées

La fuite aérique prolongée (FAP) est définie par une durée de la fuite supérieure à 5 jours. Avec une incidence pouvant aller jusqu'à 50 %, elle est la principale complication post-opératoire et la principale cause d'hospitalisation prolongée en chirurgie thoracique [47]. La FAP augmente également la probabilité d'emphyème et est associée à une mortalité accrue [48].

L'emphysème bulleux sévère est le principal facteur de risque, mais la technique opératoire et l'hyperinflation pulmonaire due à la ventilation mécanique peuvent favoriser son apparition. Les autres facteurs de risque sont : un faible ppo-VEMS, la lobectomie du lobe supérieur, les infections et les processus inflammatoires chroniques tels que la tuberculose et l'aspergillose [47,49,50].

Cliniquement, il peut se manifester par l'apparition d'un emphysème sous-cutané et médiastinal avec extension au niveau du cou, du visage et des paupières [51].

Un contrôle peropératoire du moignon bronchique et des lignes d'agrafes est recommandé [52].

Le traitement des fuites d'air prolongées postopératoires est réalisé sur une base individuelle et les pratiques peuvent varier considérablement. Dans la pratique clinique quotidienne, une stratégie très commune est « attendre et voir », et même si le débat reste controversé, la diminution des pressions d'aspiration et la mobilisation des drains permettent de ne pas entretenir de fuites alvéolaires en regard des orifices de drainage [53,54].

Cerfolio et al. ont démontré que la réduction des fistules parenchymateuses se produit plus rapidement en l'absence d'un système d'aspiration actif [55].

La valve Heimlich est une autre stratégie thérapeutique, à réserver aux patients asymptomatiques avec une fuite d'air prolongée ; elle présente l'avantage de faciliter la

mobilité des patients, permettant également une prise en charge ambulatoire [56].

Dans le cadre de procédures conservatrices, il est possible de recourir à l'utilisation de « blood patch » ou à l'instillation d'un agent sclérosant tel que le talc [57]. L'infection pleurale iatrogène est un risque critique associé à cette procédure [58]. Dans les cas difficiles, des procédures endoscopiques et des valves intrabronchiques ont été proposées pour faciliter la fermeture des fistules pleurales alvéolaires [47,59].

Même si il y a nombreuses options médicales et chirurgicales possibles dans le traitement des FAP, il n'y a pas d'algorithme ou de lignes directrices définies [60].

Chylothorax

Le chylothorax est défini par la présence de chyle dans la cavité pleurale. Il survient avec une incidence inférieure à 1 % suite à un curage ganglionnaire associé à une insuffisance valvulaire du système lymphatique ou, plus rarement, à une résection du canal thoracique ou de l'une de ses principales branches affluentes [61,62].

Dans les premiers jours postopératoires, le liquide provenant du drainage thoracique est de type séreux ou séro-sanglant, mais avec la reprise de l'alimentation, il devient plutôt blanchâtre et crémeux, et peut atteindre 1,5 à 2 L par jour.

Les analyses montrent la prévalence des lymphocytes, le diagnostic est fait sur une concentration dans le liquide de triglycérides supérieure à 1,24 mmol/L et un rapport cholestérol sur triglycérides inférieur à 1 [63]. Ces valeurs sont influencées par l'alimentation.

Les conséquences les plus importantes de la perte de chyle sont les altérations de l'équilibre hydro-électrolytique, une dénutrition sévère (pertes en lipides et en vitamines) et un déficit immunitaire liée à la perte des lymphocytes.

Le traitement du chylothorax reste à ce jour peu standardisé, mais il est communément admis que dans le chylothorax peu abondant (< 1 L/jour), la première approche thérapeutique est de nature médicale et a pour objectif : d'assurer le vide pleural en contrôlant la fonctionnalité de drainage, de diminuer la production de chyle grâce à un régime particulier pauvre/sans graisses éventuellement supplémente avec des acides gras à chaînes courtes/moyennes [64] mais l'efficacité reste inconstante. Un apport hydrique pur avec des glucides simples peut être maintenu [65] parfois un apport protéique. Une supplémentation des vitamines liposolubles est nécessaire L'utilisation d'octréotide pour diminuer la production lymphatique reste controversée [66]. En cas d'échec, le jeune strict, liquides compris associé à une alimentation parentérale totale est nécessaire [67]. Il faut dans tous les cas fournir un apport correct en électrolytes, protéines et nutriments afin de restaurer l'état nutritionnel et l'homéostasie [68].

Dans le cas où le chylothorax est immédiatement abondant ou si le traitement médical est inefficace, un traitement chirurgical ou de radiothérapie pour contrôler la perte de chyle peut être envisagé [69].

Complications tardives

Infections sur site opératoire

Les infections du site opératoire représentent un facteur de morbidité et de mortalité postopératoires. L'avènement des techniques mini-invasives semble réduire le risque : par rapport à la thoracotomie, la VATS est associée à une incidence plus faible d'infection des plaies [0,2 % vs 0,6 %] [70].

Par rapport à son étendue anatomique, l'infection de la plaie chirurgicale (ou du site du drain thoracique) peut rester localisée, s'étendre aux tissus et organes adjacents ou devenir systémique [71].

Le respect des règles d'hygiène et de stérilité, l'antibioprophylaxie peropératoire et la surveillance de la plaie chirurgicale sont les principaux facteurs de prévention des infections des plaies du site opératoire.

Des tests microbiologiques (frottis et prélèvements sanguins) sont indispensables si du matériel purulent se trouve au niveau de la plaie chirurgicale. Les techniques d'imagerie peuvent servir à exclure la propagation de l'infection aux tissus profonds.

Pneumopathie infectieuse

Avec une incidence allant jusqu'à 25 %, la pneumonie infectieuse est une complication relativement fréquente de la chirurgie thoracique [72]. En phase préopératoire et peropératoire, l'arrêt de la consommation de tabac minimum 15 jours avant la chirurgie et la prophylaxie antibiotique, respectivement, permettent de limiter le risque de pneumonie infectieuse postopératoire. En postopératoire, l'atélectasie, la douleur non contrôlée, la toux inefficace et en général les conditions qui impliquent une altération de la clairance muco-ciliaire normale sont les principaux facteurs de risque.

L'apparition de fièvre associée ou non à la présence de sécrétions bronchiques purulentes et l'augmentation de la fréquence respiratoire sont les symptômes les plus courants : l'analyse des gaz artériels montre l'apparition ou l'aggravation de l'hypoxémie. Sur la radiographie pulmonaire, on observe l'apparition d'infiltrats ou de zones de condensation du parenchyme. Les examens de laboratoire peuvent montrer : une hyperleucocytose neutrophile ; la PCR et la procalcitonine sont utiles pour distinguer les patients les plus à risque, par exemple ceux chez qui l'absence de réponse au traitement antibiotique peut conduire à la nécessité de traitements plus invasifs tels que l'intubation et/ou la ventilation mécanique [73]. La pneumonie nécessite une antibiothérapie rapide prenant en compte les colonisations antérieures du patient, si possible après culture microbiologique (culture d'expectorations, aspirations bronchiques et/ou lavage broncho-alvéolaire) en n'oubliant pas les prélèvements pour rechercher une nouvelle colonisation au niveau de la peau du tractus respiratoire ou digestif. Si elle survient dans les 48 heures suivant l'hospitalisation elle sera traitée comme une pneumonie communautaire ; les formes tardives (plus de 48 heures après l'hospitalisation) sont considérées comme nosocomiales et nécessitent une antibiothérapie adaptée généralement par voie intraveineuse [74,75].

Enfin, une attention particulière devra être portée aux patients immunodéprimés, pour lesquels la recherche d'agents opportunistes comme le CMV, le Pneumocystis devra être poursuivie.

L'adoption d'un plan d'analgésie multimodale en postopératoire, contribue à la récupération d'une mécanique respiratoire correcte, sert à favoriser une toux efficace, améliorant ainsi l'élimination des sécrétions bronchiques. La kinésithérapie respiratoire et un lever précoce sont également recommandés [76].

Les défauts de ré-expansion pulmonaire (décollements pleuraux persistants)

Les épanchements aériques persistants bien que très fréquents ne sont que rarement associés à des complications. Certains types de résections (par ex. la bilobectomie), la présence de fibrose et/ou d'emphysème pulmonaire, les fuites aériques prolongées et une rééducation postopératoire insuffisante favorisent leur apparition. Ils sont généralement asymptomatiques et disparaissent naturellement sans nécessiter d'intervention thérapeutique [46].

Complications systémiques

Fibrillation auriculaire (FA) postopératoire

La FA se produit généralement dans les trois jours suivants l'opération. L'incidence de FA est estimée entre 10 % et 20 % pour les lobectomies, et peut survenir dans jusqu'à 40 % des cas chez les patients subissant une pneumonectomie [77].

HTAP, hypoxie, irritation et surtout ouverture du péricarde et les lésions des branches nerveuses orthosympathiques (dans le cas d'un curage ganglionnaire) sont les principaux facteurs de risque de FA liés à la chirurgie thoracique ; à ceux-ci s'ajoutent les facteurs de risque généraux (âge, coronaropathie, hypertension artérielle, obésité, diabète, etc.) [78]. Si elle n'est pas traitée, la fibrillation auriculaire peut provoquer une insuffisance cardiaque et - en favorisant la formation de caillots dans l'oreillette gauche - des embolies artérielles. Le traitement implique principalement la reconnaissance et la correction des facteurs causaux potentiels tels que les infections, l'hypoxie, l'hypovolémie et la restauration de l'équilibre hydro-électrolytique (hypokaliémie surtout) ; l'utilisation de médicaments anti-arythmiques tels que l'amiodarone, peut être utile pour la restauration d'un rythme sinusal ou pour diminuer la fréquence cardiaque si la FA est trop rapide et mal tolérée du point de vue hémodynamique. En cas de persistance de la fibrillation auriculaire, un traitement anticoagulant à visée thérapeutique doit être instauré en fonction de l'évolution chirurgicale.

Embolie pulmonaire

Si la corrélation entre embolie pulmonaire et chirurgie est évidente, l'incidence et les facteurs de risque spécifiques à la chirurgie thoracique restent à établir.

Chez les patients opérés, la présence d'un cancer augmente jusqu'à trois fois le risque de thrombose veineuse profonde (TVP) : les patients porteurs d'un cancer

candidats à une chirurgie thoracique sont considérés à haut risque de TVP, et par conséquent d'embolie pulmonaire [79–81].

Cliniquement, l'embolie pulmonaire peut présenter une grande variabilité clinique avec de symptômes non spécifiques, qui ne sont pas déterminants dans le processus de diagnostic jusqu'à un arrêt cardiaque brutal en cas d'embolie massive. L'identification des patients à risque d'embolie pulmonaire et la stratification de leurs niveaux de risque fait partie de l'évaluation préopératoire et est essentielle pour définir la stratégie thérapeutique la plus appropriée.

En cas de suspicion d'embolie pulmonaire postopératoire, l'échocardiographie peut être très utile au début du processus de diagnostic, mais l'angioscanner reste l'investigation diagnostique de référence.

L'anticoagulation préventive doit être initiée dans la période postopératoire immédiate associée à l'utilisation d'une compression pneumatique intermittente au niveau des membres inférieurs.

Complications liées au type d'intervention

Complications liées à l'utilisation des voies minimalement invasives

Avec la validation et la diffusion de techniques mini-invasives, comme par exemple la chirurgie thoracique vidéo-assistée, il a été possible d'observer l'apparition d'une série de complications spécifiques, qui surviennent principalement dans les phases peropératoires, et qui nécessitent donc une attention tout aussi spécifique dans la gestion postopératoire. Bien que les techniques de chirurgie mini-invasive soient désormais considérées comme sûres et que les avantages par rapport à la thoracotomie postéro-latérale soient évidents, certaines complications, notamment les fuites d'air prolongés, saignements, infections et une récurrence tumorale au niveau du port d'entrée sont encore décrites [82].

Les temps opératoires peuvent être plus longs en chirurgie mini-invasive qu'en thoracotomie ouverte et peu de données sont disponibles concernant le taux et les causes des conversions de VATS en thoracotomie [83].

Certes, il existe une courbe d'apprentissage importante associée aux résections VATS, et cela pourrait également expliquer la durée de l'intervention, moyennement plus longue par rapport aux voies d'accès conventionnelles.

Dans une étude multicentrique de 3076 patients subissant une VATS, des lésions vasculaires ont été signalées chez 2,9 % des patients et ont entraîné une conversion chez 2,3 % ; des complications peropératoires majeures ont été rapportées dans 1,5 % des cas : il s'agissait de lésions des structures bronchovasculaires, de blessures aux organes intestinaux ou des voies respiratoires proximales, complications nécessitant une intervention chirurgicale majeure non planifiée supplémentaire (n = 9) ou des complications potentiellement mortelles immédiates, comme par exemple les déjà mentionnées ischémie veineuse et torsion lobaire [84].

Complications fréquentes post-pneumectomie

La pneumectomie est, parmi les opérations de résection pulmonaire, celle avec le taux de mortalité le plus élevé. Dans une étude rétrospective incluant 543 patients ayant subi une pneumectomie entre 2005 et 2015, une mortalité globale à 30 jours de 7,7 % a été observée ; celle-ci augmente jusqu'à 41,6 % chez les patients pour lesquels une ventilation mécanique invasive était nécessaire en postopératoire, et est de 53,3 % chez les patients atteints d'un SDRA [85]. Une insuffisance respiratoire aiguë conduisant à une ventilation invasive survient fréquemment après une pneumectomie. L'incidence de réintubation post-pneumectomie peut dépasser 16 % et environ un quart des réintubations surviennent dans les premières 24 heures postopératoires. La pneumectomie droite, la présence de cardiopathies chroniques, un indice de comorbidité de Charlson élevé, la résection carinale et la pneumectomie extra-pleurale sont des facteurs de risque indépendants de ré-intubation [86].

La pneumonie, l'atélectasie et les bactériémies sont des complications communes et se produisent avec une fréquence nettement plus élevée chez les patients ré-intubés, par rapport aux patients en respiration spontanée [85].

Avec une incidence comprise entre 1,5 % et 28 %, et une mortalité supérieure à 50 %, la fistule broncho-pleurale est la complication la plus redoutable après une pneumectomie [87]. Il s'agit d'une communication directe entre le moignon bronchique restant et l'espace pleural. La fistule broncho-pleurale aiguë survient jusqu'à une semaine après chirurgie ; elle est liée à un problème chirurgical technique et nécessite une réintervention immédiate, avec fermeture chirurgicale du moignon. Les formes tardives sont plutôt liées à une cicatrisation incomplète ou inefficace de la plaie chirurgicale et ont souvent une étiologie infectieuse ou ischémique. La pneumectomie droite, due à une résection chirurgicale plus étendue et à une vascularisation bronchique plus faible, est le principal facteur de risque de fistule broncho-pleurale. Les autres facteurs de risque sont : diabète, chimiothérapie, radiothérapie, tabagisme actif, BPCO et dénutrition. Dans la forme aiguë, les principaux symptômes cliniques incluent : apparition soudaine de dyspnée, hypotension, emphysème sous-cutané, toux avec expectoration de liquide noirâtre. Une attention particulière doit être portée aux patients ventilés mécaniquement, chez qui une pression positive des voies respiratoires peut favoriser l'apparition d'un pneumothorax sous tension et un déplacement médiastinal [88]. L'apparition d'une fistule broncho-pleurale s'accompagne quasi automatiquement d'un empyème. Au vu de la mortalité de cette complication, il est important de prendre des mesures pré-, per- et postopératoires afin de limiter son incidence. En préopératoire, il s'agit de la correction d'une dénutrition et l'obtention d'un sevrage tabagique le plus précoce possible [89] et en peropératoire le recouvrement du moignon bronchique avec un tissu viable [90].

La bronchoscopie est indiquée pour inspecter la suture bronchique. Des fistules plus petites peuvent être détectées par l'injection de bleu de méthylène au niveau du moignon [91]. Des petites fistules peuvent parfois être oblitérées par voie bronchoscopique par injection de colle ou d'un

agent sclérosant [92,93] mais les résultats sont décevants. La fermeture chirurgicale d'une fistule bronchopleurale plus importante doit être tentée après résolution de l'infection pleurale, avec excision du tissu nécrotique et recouvrement du moignon bronchique restant avec du tissu viable comme un lambeau musculaire, du péricarde ou chaque fois que cela est possible par de l'épiploon [51].

La prise en charge postopératoire consiste en une mobilisation précoce, une physiothérapie thoracique, des bronchodilatateurs en aérosol et une analgésie multimodale contrôlée comprenant un bloc péridural ou paravertébral.

À moyen terme et long terme

Syndrome post-pneumectomie (SPP)

Le SPP est une affection rare, causée par un déplacement extrême du médiastin et du cœur avec les gros vaisseaux vers l'hémithorax vide [94]. Son incidence est estimée autour du 1,5 % [95]. Du point de vue physiopathologique la SPP résulte de l'hyperinflation du poumon restant et de la rétraction de la poche de pneumonectomie.

La trachée distale restante, la bronche principale et l'artère pulmonaire se compriment contre la colonne vertébrale ou l'aorte, ce qui entraîne une compression symptomatique des voies aériennes centrales et une hypertension pulmonaire [96].

Le traitement est chirurgical et consiste à restaurer le médiastin dans sa position physiologique : plusieurs techniques ont été décrites pour remplir l'hémithorax vide, y compris le plombage par des billes en plastique, le stenting des voies respiratoires, les injections d'hexafluorure de soufre et les prothèses extensibles [97,98].

Syndrome platypnée-orthodéoxie

Il s'agit d'une complication rare et tardive de la pneumonectomie droite, bien qu'exceptionnellement, elle peut également survenir dans la pneumonectomie gauche et la bilobectomie.

Le mécanisme physiopathologique sous-jacent au syndrome platypnée-orthodéoxie est la réouverture du foramen ovale perméable, suite à une inversion des flux intra-atriaux consécutifs aux remaniements médiastinaux (spécialement la latéralisation des gros vaisseaux) [99].

Du point de vue clinique, il se caractérise par l'association de : dyspnée majorée en orthostatisme (platypnée), grandes variations positionnelles de la saturation en oxygène avec désaturation en orthostatisme (orthodéoxie), et tachycardie accompagnant ces désaturations. Il s'accompagne souvent d'une hypoxémie réfractaire à l'oxygénothérapie avec 100 % de FiO₂ (épreuve d'hyperoxie).

Étant donné que le syndrome platypnée-orthodéoxie lié au shunt intracardiaque est l'étiologie la plus fréquemment rapportée, un échocardiogramme avec contraste à bulles doit être le premier test de l'algorithme de diagnostic.

Progression de la maladie, BPCO, HTAP, syndrome post-pneumonectomie, doivent être considérés lors du diagnostic différentiel.

Le traitement définitif du syndrome platypnée-orthodéoxie implique la correction chirurgicale ou percutanée de l'anomalie cardiaque primaire [100].

Prise en charge

Grâce aux progrès observés, le programme ERAS, initialement développé pour la chirurgie du côlon, est désormais bien implanté dans d'autres domaines de la chirurgie, dont la chirurgie thoracique. Il a été rapporté que les programmes ERAS réduisent les complications et raccourcissent les séjours à l'hôpital après une résection pulmonaire [101,102].

Le programme ERAS, à travers une approche multidisciplinaire qui vise à intégrer les différentes mesures préventives, thérapeutiques et comportementales, intervenant dans les phases préopératoire, périopératoire et postopératoire, vise à réduire le stress chirurgical et à maintenir au maximum les fonctions physiologiques des patients, réduisant ainsi les complications postopératoires, les temps d'hospitalisation et les coûts.

L'application du programme ERAS implique une collaboration étroite entre chirurgiens, anesthésistes réanimateurs, infirmières, kinésithérapeutes et nutritionnistes, et a pour éléments clés : information du patient et gestion des attentes avant l'admission, préférence pour les techniques chirurgicales mini-invasives, l'approche analgésique péri- et postopératoire multimodale, ventilation protectrice, extubation précoce, restriction des apports hydriques péri- et postopératoire, kinésithérapie respiratoire, éducation du patient à la gestion du drainage, mobilisation précoce, reprise de la nutrition, planification de la sortie et extension de la prophylaxie du risque thromboembolique [17].

Contrôle volémique

Les patients atteints d'un cancer bronchique qui subissent une chirurgie de résection pulmonaire ont un risque plus élevé de développer un œdème interstitiel et alvéolaire. Ce risque est en partie lié au stress subi par le parenchyme pulmonaire suite à la reprise chirurgicale et en partie à des facteurs précédant l'intervention tels que la chimiothérapie et les maladies respiratoires préexistantes (BPCO, asthme, etc.). Pour ces raisons, la fluidothérapie en phase postopératoire peut parfois devenir complexe et exige la nécessité d'une surveillance étroite du patient.

Plusieurs études ont montré qu'un régime hydrique libéral augmente le risque de SDRA, d'atélectasie et d'empyème [103]. D'autre part, le choix d'un régime restrictif expose le patient au risque d'hypovolémie, perfusion périphérique inadéquate et insuffisance rénale aiguë [104].

Pour assurer l'état euvoémique du patient, en plus de la clinique, la surveillance du débit cardiaque, l'estimation de l'eau pulmonaire extravasculaire et l'évaluation de l'oxymétrie veineuse centrale, se sont avérées efficaces pour guider les cliniciens vers l'administration de liquides et/ou vasopresseurs [105,106].

Analgésie

La douleur postopératoire reste un phénomène assez fréquent. Chez les patients subissant une chirurgie thoracique, elle est le résultat des fractures ou luxations des côtes, lésions des nerfs intercostaux, irritation de la plèvre ou des faisceaux intercostaux et peut donc être très intense. Un contrôle analgésique inadéquat peut entraîner une respiration superficielle et une toux inefficace, avec pour conséquence une accumulation de sécrétions et des atelectasies, augmentant ainsi le risque de pneumonie et de détresse respiratoire. De plus, en augmentant le risque d'hypoxie, la douleur augmente le travail du myocarde avec un risque accru d'arythmies et d'ischémie cardiaque.

L'utilisation de modèles d'analgésie multimodale est fortement recommandée. Le but est d'éviter ou de limiter au maximum l'utilisation des opioïdes et d'exploiter l'effet additif ou synergique de différentes molécules, avec l'avantage de réduire les doses thérapeutiques et donc aussi les effets secondaires des médicaments individuels. La limitation des opioïdes, évitant les effets sédatifs et réduisant le risque de nausées, vomissements et iléus, promeut la reprise de la mobilisation et de l'alimentation entérale.

Les protocoles ERAS pour la chirurgie thoracique favorisent l'analgésie péridurale dans les phases péri- et postopératoires [17]. D'autres stratégies d'anesthésie locale comprennent les blocs paravertébraux unilatéraux et intercostaux. Les effets indésirables majeurs sont la rétention urinaire et l'hypotension artérielle. Une attention particulière doit être portée aux patients traités avec des anticoagulants, en particulier s'ils souffrent d'insuffisance rénale.

Les cathéters intercostaux peuvent aussi être une stratégie sûre et efficace pour réduire la douleur postopératoire ; le rapport coût-bénéfice est favorable et la mise en place à la fin de l'intervention avant le réveil du patient permet d'éviter le stress et la douleur liés à la ponction [107].

Le paracétamol est couramment utilisé pour le traitement de la douleur postopératoire, seul ou en association avec des anti inflammatoires non stéroïdes (AINS) pour l'effet analgésique additif.

Aux doses subanesthésiques, la kétamine présente des propriétés analgésiques et anti-hyperalgésiques [108]. Dans une étude menée sur des patients subissant une chirurgie thoracique, la kétamine était associée à une consommation réduite de morphine. Pour les patients qui montrent une tolérance aux opioïdes, la kétamine doit être envisagée [109].

L'efficacité des gabapentinoïdes dans la réduction de la douleur postopératoire en chirurgie thoracique manque actuellement de preuves et par conséquent, ils ne sont pas recommandés [110,111].

Nutrition

L'état nutritionnel est un facteur de risque de complications postopératoires, en particulier pour les patients à risque nutritionnel comme les patients cancéreux. L'intégration de la nutrition dans la prise en charge globale du patient et le rétablissement de l'alimentation orale le plus tôt possible après la chirurgie doivent être considérés comme des mesures clés des soins postopératoires. La chirurgie, comme

toute blessure, provoque une série de réactions, y compris la libération d'hormones de stress et de médiateurs inflammatoires, ayant un impact majeur sur le métabolisme. Pour obtenir une guérison appropriée et une récupération fonctionnelle, une réponse métabolique est nécessaire, mais cela nécessite une thérapie nutritionnelle surtout lorsque le patient souffre de malnutrition et que la réponse au stress inflammatoire est prolongée [112].

Les recommandations ERAS se concentrent notamment sur l'évaluation préopératoire de l'état nutritionnel : l'intégration du régime alimentaire par des compléments nutritionnels oraux chez les patients considérés à risque (perte de poids > 10 à 15 % en 6 mois, indice de masse corporelle (IMC) < 18,5 kg/m² et albumine sérique < 30 g/L (sans signe de dysfonctionnement hépatique ou rénal)) est recommandé alors que le bénéfice des formules nutritionnelles immunostimulantes reste douteux [112].

Le jeûne préopératoire ne doit pas durer plus de 6 h : la charge orale en glucides semble améliorer la résistance à l'insuline postopératoire et diminuer le risque de nausées et de vomissements [113].

Drains

La prise en charge du drainage thoracique est souvent un point crucial de la période postopératoire et peut affecter les jours de convalescence et d'hospitalisation du patient.

Le drainage thoracique nécessaire pour favoriser l'expansion pulmonaire jusqu'à la juxtaposition de la plèvre viscérale à la plèvre pariétale, permet de contrôler la présence d'éventuels saignements ou fuites d'air. En même temps, il représente souvent un obstacle à la mobilisation des patients ainsi qu'une cause de douleur et par conséquent de limitation des mouvements respiratoires [114].

L'application d'une pression négative au drainage thoracique est encore un sujet de discussion dans la littérature, et reste donc souvent une décision chirurgicale : d'une part, l'application d'une aspiration externe au drainage thoracique favorise l'expansion pulmonaire, jusqu'à l'apposition des deux plèvres, d'autre part, cela pourrait favoriser la persistance de fuites d'air, proportionnellement à l'aspiration appliquée et prolonger la récupération du patient [115]. L'absence d'aspiration externe, en revanche, est associée à un risque accru de pneumonie et d'arythmies, mais son rôle dans la ré-expansion pulmonaire n'est pas clair [116].

L'utilisation de systèmes aspiratifs pourrait s'avérer utile car grâce à la taille relativement petite et ne nécessitant pas de fixation murale et leur autonomie, ils facilitent la mobilisation du patient.

Le retrait du drainage thoracique est généralement déterminé par la qualité et la quantité du liquide pleural produit quotidiennement : il est courant que le drainage puisse être enlevé si le liquide a un aspect séreux et que le volume ne dépasse pas 200 mL/jour. Cependant, certaines études en chirurgie accélérée montrent qu'un seuil liquidien non chyleux de 450 mL/jour après thoracotomie était associé à un taux de réadmission de 0,55 % seulement pour un épanchement pleural symptomatique récurrent [117]. En fait, actuellement, le seul facteur déterminant est la présence ou non d'une fuite aérienne et non le débit du drain.

Mobilisation et kinésithérapie

Le repos au lit et l'hypomobilité en phase postopératoire, déjà associés à une perte de masse musculaire et à un risque thromboembolique veineux, peuvent favoriser le déconditionnement musculaire, l'apparition d'atélectasies et de complications infectieuses (ex. pneumonie), allongeant par conséquent les jours d'hospitalisation [118].

La prise en charge du patient selon les protocoles ERAS comprend, avec un plan analgésique adéquat et une reprise précoce de la nutrition, un programme de rééducation centré sur la mobilisation précoce (dans les 24h postopératoires) et la physiothérapie [17].

Les drains thoraciques, les sondes urinaires, l'apport intraveineux continu de liquides et un contrôle inadéquat de la douleur sont des obstacles importants à la marche précoce, soulignant l'importance d'une gestion optimale de ces paramètres.

L'application des protocoles ERAS est assez récente en chirurgie thoracique, mais l'immobilité postopératoire est un facteur de risque important d'augmentation de l'hospitalisation dans diverses disciplines chirurgicales (comme par exemple en chirurgie du côlon et post-cystectomie) [119,120].

Toutefois, dans une étude prospective de 422 patients subissant une chirurgie de résection pulmonaire, Rogers et al. ont démontré que la mobilisation tardive est un prédicteur indépendant d'une hospitalisation prolongée [121].

D'une manière générale, les bénéfices d'une mobilisation postopératoire précoce ont été mis en évidence dans plusieurs études en chirurgie non thoracique, engendrant l'application relativement récente des protocoles ERAS en chirurgie thoracique.

Conclusions

La prise en charge postopératoire du patient subissant une résection pulmonaire peut être caractérisée par diverses complications, parfois très graves. Bien que la plupart des complications soient liées aux comorbidités du patient, certaines complications sont spécifiques au type de chirurgie.

L'évaluation du risque périopératoire et postopératoire est essentielle pour une prise en charge adéquate des patients et doit prendre en compte une discussion multidisciplinaire qui inclut des oncologues, des pneumologues, des anesthésistes, des chirurgiens et des réanimateurs.

Les protocoles ERAS définissent une prise en charge transversale du patient à partir de la phase préopératoire (information du patient, adoption de mesures diététiques et comportementales). Ils favorisent également les techniques chirurgicales mini-invasives, l'analgésie multimodale, la reprise précoce de la nutrition, la mobilisation postopératoire précoce et la physiothérapie, dans le but de diminuer les complications, d'améliorer les temps de récupération des patients, réduisant ainsi les jours d'hospitalisation et la récupération des activités quotidiennes normales.

La chirurgie thoracique doit être pratiquée dans des centres d'expertise à haut volume de procédures et ce par une équipe de soignants dédiée (Chirurgiens, Anesthésistes, instrumentistes, kiné, infirmières) permettant

l'implémentation d'une prise en charge multimodale complexe.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- [1] Miller KD, et al. Cancer treatment and survivorship statistics, 2016. *CA Cancer J Clin* 2016;66:71–89.
- [2] Bray F, et al. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin* 2018;68:394–424.
- [3] SEER Cancer Statistics Review, 1975-2015</BT>, National Cancer Institute. Bethesda, MD. Bethesda, MD: National Cancer Institute; 2018. https://seer.cancer.gov/csr/1975_2015/.
- [4] Colice GL, et al. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: ACCP evidenced-based clinical practice guidelines (2nd edition). *Chest* 2007;132:161s–77s.
- [5] Brioude G, Orsini B, Natale C, et al. Résections pulmonaires majeures par vidéothoroscopie : un nouveau standard pour le traitement chirurgical des cancers primitifs de stades précoces? *Rev Mal Respir Actual* 2011;3:395–9.
- [6] Rivera C, et al. Lung cancer in the elderly: what about surgery? *Rev Pneumol Clin* 2014;70:69–78.
- [7] Kawano D, et al. Surgical results of resectable small cell lung cancer. *Thorac Cancer* 2015;6:141–5.
- [8] Wada H, et al. Thirty-day operative mortality for thoracotomy in lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998;115:70–3.
- [9] Doddoli C, et al. One hundred consecutive pneumonectomies after induction therapy for non-small cell lung cancer: an uncertain balance between risks and benefits. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2005;130:416–25.
- [10] Licker MJ, et al. Operative mortality and respiratory complications after lung resection for cancer: impact of chronic obstructive pulmonary disease and time trends. *Ann Thorac Surg* 2006;81:1830–7.
- [11] Meert AP, Berghmans T, Sculier JP. Le patient atteint de cancer bronchique en réanimation. *Rev Mal Respir* 2014;4309:961–74.
- [12] Soares M, et al. Characteristics and outcomes of patients with cancer requiring admission to intensive care units: a prospective multicenter study. *Crit Care Med* 2010;38:9–15.
- [13] Azoulay E, et al. Predictors of short-term mortality in critically ill patients with solid malignancies. *Intensive Care Med* 2000;26:1817–23.
- [14] Melley DD, et al. Incidence, duration and causes of intensive care unit admission following pulmonary resection for malignancy. *Intensive Care Med* 2006;32:1419–22.
- [15] Brunelli A, et al. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 2013;143:e166S–90S.
- [16] Lugg ST, et al. Smoking and timing of cessation on post-operative pulmonary complications after curative-intent lung cancer surgery. *J Cardiothorac Surg* 2017;12:52.
- [17] Batchelor TJP, et al. Guidelines for enhanced recovery after lung surgery: recommendations of the Enhanced Recovery After Surgery (ERAS(R)) Society and the European Society of Thoracic Surgeons (ESTS). *Eur J Cardiothorac Surg* 2019;55:91–115.

- [18] Brunelli A, et al. ERS/ESTS clinical guidelines on fitness for radical therapy in lung cancer patients (surgery and chemoradiotherapy). *Eur Respir J* 2009;34:17–41.
- [19] Clavien PA, Sanabria JR, Strasberg SM. Proposed classification of complications of surgery with examples of utility in cholecystectomy. *Surgery* 1992;111:518–26.
- [20] Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg* 2004;240:205–13.
- [21] Stephan F, et al. Pulmonary complications following lung resection: a comprehensive analysis of incidence and possible risk factors. *Chest* 2000;118:1263–70.
- [22] Ben-David B, Stahl S. Prognosis of intraoperative brachial plexus injury: a review of 22 cases. *Br J Anaesth* 1997;79:440–5.
- [23] Chui J, et al. Perioperative peripheral nerve injury after general anesthesia: a qualitative systematic review. *Anesth Analg* 2018;127:134–43.
- [24] Schneider B, et al. Concept for diagnosis and therapy of unilateral recurrent laryngeal nerve paralysis following thoracic surgery. *Thorac Cardiovasc Surg* 2003;51:327–31.
- [25] Filaire M, et al. Vocal cord dysfunction after left lung resection for cancer. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001;20:705–11.
- [26] Joho-Arreola AL, et al. Incidence and treatment of diaphragmatic paralysis after cardiac surgery in children. *Eur J Cardiothorac Surg* 2005;27:53–7.
- [27] Iverson LI, et al. Injuries to the phrenic nerve resulting in diaphragmatic paralysis with special reference to stretch trauma. *Am J Surg* 1976;132:263–9.
- [28] Dai J, et al. Predictors of survival in lung torsion: A systematic review and pooled analysis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2016;152 [737-45 e3].
- [29] Cable DG, et al. Lobar torsion after pulmonary resection: presentation and outcome. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001;122:1091–3.
- [30] Peterffy A, Henze A. Haemorrhagic complications during pulmonary resection. A retrospective review of 1428 resections with 113 haemorrhagic episodes. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg* 1983;17:283–7.
- [31] Sirbu H, et al. Chest re-exploration for complications after lung surgery. *Thorac Cardiovasc Surg* 1999;47:73–6.
- [32] Torres MF, et al. Non-invasive positive pressure ventilation for prevention of complications after pulmonary resection in lung cancer patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2019;3:CD010355.
- [33] Blanc K, et al. Early acute respiratory distress syndrome after pneumonectomy: Presentation, management, and short- and long-term outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2018;156 [1706-14 e5].
- [34] Force ADT, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition. *JAMA* 2012;307:2526–33.
- [35] Tang SS, et al. The mortality from acute respiratory distress syndrome after pulmonary resection is reducing: a 10-year single institutional experience. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;34:898–902.
- [36] Kim JB, et al. Risk factor analysis for postoperative acute respiratory distress syndrome and early mortality after pneumonectomy: the predictive value of preoperative lung perfusion distribution. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;140:26–31.
- [37] Peretti M, et al. Predictors of post-pneumonectomy respiratory failure and ARDS: usefulness of normalized pulmonary artery diameter. *Intensive Care Med* 2018;44:1357–9.
- [38] Bellani G, et al. Noninvasive Ventilation of Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. Insights from the LUNG SAFE Study. *Am J Respir Crit Care Med* 2017;195:67–77.
- [39] Griffiths MJD, et al. Guidelines on the management of acute respiratory distress syndrome. *BMJ Open Respir Res* 2019;6:e000420.
- [40] Forget AP, et al. Luxation et subluxation cardiaques. Complications des pneumonectomies intrapéricardiques. *Ann Fr Anesthésie Reanim* 1992;11:111–4.
- [41] Aubert MBC, Bouchet C, Latreille R, et al. Luxation du coeur apres pneumonectomie elargie. *Lyon Chir* 1980;76:200–2.
- [42] Dippel WF, Ehrenhaft JL. Herniation of the heart after pneumonectomy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1973;65:207–9.
- [43] Dombey JJ, et al. Heart herniation after extended pneumonectomy. À propos of 3 cases. *Ann Chir Thorac Cardiovasc* 1971;10:155–9.
- [44] Levin PD, Faber LP, Carleton RA. Cardiac herniation after pneumonectomy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1971;61:104–6.
- [45] Forget AP, et al. Cardiac herniation and sub-herniation. Complication of intrapericardial pneumonectomy. *Ann Fr Anesthésie Reanim* 1992;11:111–4.
- [46] Jayle C, Corbi P. Complications of pulmonary resection. *Rev Mal Respir* 2007;24:967–82.
- [47] Mueller MR, Marzluf BA. The anticipation and management of air leaks and residual spaces post lung resection. *J Thorac Dis* 2014;6:271–84.
- [48] Brunelli A, et al. Air leaks after lobectomy increase the risk of empyema but not of cardiopulmonary complications: a case-matched analysis. *Chest* 2006;130:1150–6.
- [49] Mohsen T, Zeid AA, Haj-Yahia S. Lobectomy or pneumonectomy for multidrug-resistant pulmonary tuberculosis can be performed with acceptable morbidity and mortality: a seven-year review of a single institution's experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007;134:194–8.
- [50] Lang-Lazdunski L, et al. Pulmonary resection for Mycobacterium xenopi pulmonary infection. *Ann Thorac Surg* 2001;72:1877–82.
- [51] Meert AP, et al. Intensive care in thoracic oncology. *Eur Respir J* 2017;49:1602189.
- [52] Belda-Sanchis J, et al. Surgical sealant for preventing air leaks after pulmonary resections in patients with lung cancer. *Cochrane Database Syst Rev* 2010:CD003051.
- [53] Rivera C, et al. Characterization and prediction of prolonged air leak after pulmonary resection: a nationwide study setting up the index of prolonged air leak. *Ann Thorac Surg* 2011;92:1062–8 [discussion 1068].
- [54] Brunelli A, et al. Predictors of prolonged air leak after pulmonary lobectomy. *Ann Thorac Surg* 2004;77:1205–10 [discussion 1210].
- [55] Cerfolio RJ, Bass C, Katholi CR. Prospective randomized trial compares suction versus water seal for air leaks. *Ann Thorac Surg* 2001;71:1613–7.
- [56] Brims FJ, Maskell NA. Ambulatory treatment in the management of pneumothorax: a systematic review of the literature. *Thorax* 2013;68:664–9.
- [57] Rice TW, Okereke IC, Blackstone EH. Persistent air-leak following pulmonary resection. *Chest Surg Clin N Am* 2002;12:529–39.
- [58] Chambers A, et al. Is blood pleurodesis effective for determining the cessation of persistent air leak? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2010;11:468–72.
- [59] Mahajan AK, Doeing DC, Hogarth DK. Isolation of persistent air leaks and placement of intrabronchial valves. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013;145:626–30.
- [60] Bronstein ME, Koo DC, Weigel TL. Management of air leaks post-surgical lung resection. *Ann Transl Med* 2019;7:361.
- [61] Takuwa T, et al. Low-fat diet management strategy for chylothorax after pulmonary resection and lymph node dissection for primary lung cancer. *J Thorac Cardiovasc*

- Surg 2013;146:571–4, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.04.015>. Epub 2013 Jun 12.
- [62] Cerfolio RJ, et al. Postoperative chylothorax. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996;112:1361–5 [discussion 1365-6].
- [63] Staats BA, et al. The lipoprotein profile of chylous and non-chylous pleural effusions. *Mayo Clin Proc* 1980;55:700–4.
- [64] Sriram K, Meguid RA, Meguid MM. Nutritional support in adults with chyle leaks. *Nutrition* 2016;32:281–6.
- [65] Heffner J.E. Management of chylothorax. UpToDate, Post. In: G Finlay, VC Broaddus, (Eds.), Waltham: UpToDate. 2016 [Accessed in 2014. <https://www.uptodate.com/contents/management-of-chylothorax>].
- [66] Smoke A, DeLegge MH, Leaks C. Consensus on management? *Nutr Clin Pract* 2008;23:529–32.
- [67] Sriram K, Meguid RA, Meguid MM. Nutritional support in adults with chyle leaks. *Nutrition* 2016;32:281–6.
- [68] Maldonado F, et al. Medical and surgical management of chylothorax and associated outcomes. *Am J Med Sci* 2010;339:314–8.
- [69] Chen CS, et al. Lymphatic imaging and intervention for chylothorax following thoracic aortic surgery. *Medicine (Baltimore)* 2020;99:e21725.
- [70] Falcoz PE, et al. Video-assisted thoracoscopic surgery versus open lobectomy for primary non-small-cell lung cancer: a propensity-matched analysis of outcome from the European Society of Thoracic Surgeon database. *Eur J Cardiothorac Surg* 2016;49:602–9.
- [71] Horan TC, et al. CDC definitions of nosocomial surgical site infections, 1992: a modification of CDC definitions of surgical wound infections. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1992;13:606–8.
- [72] Schussler O, et al. Postoperative pneumonia after major lung resection. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;173:1161–9.
- [73] Torres A, et al. Biomarkers and community-acquired pneumonia: tailoring management with biological data. *Semin Respir Crit Care Med* 2012;33:266–71.
- [74] Kollef M. Appropriate empirical antibacterial therapy for nosocomial infections: getting it right the first time. *Drugs* 2003;63:2157–68.
- [75] Lanks CW, Musani AI, Hsia DW. Community-acquired pneumonia and hospital-acquired pneumonia. *Med Clin North Am* 2019;103:487–501.
- [76] Celis R, et al. Nosocomial pneumonia. A multivariate analysis of risk and prognosis. *Chest* 1988;93:318–24.
- [77] Merritt RE, Shrager JB. Prophylaxis and management of atrial fibrillation after general thoracic surgery. *Thorac Surg Clin* 2012;22:13–23.
- [78] Cardinale D, et al. Atrial fibrillation after operation for lung cancer: clinical and prognostic significance. *Ann Thorac Surg* 1999;68:1827–31.
- [79] Gallus AS. Prevention of post-operative deep leg vein thrombosis in patients with cancer. *Thromb Haemost* 1997;78:126–32.
- [80] Kakkar VV, et al. Deep vein thrombosis of the leg. Is there a “high risk” group? *Am J Surg* 1970;120:527–30.
- [81] Rahr HB, Sorensen JV. Venous thromboembolism and cancer. *Blood Coagul Fibrinolysis* 1992;3:451–60.
- [82] Imperatori A, et al. Peri-operative complications of video-assisted thoracoscopic surgery (VATS). *Int J Surg* 2008;6:578–81.
- [83] Bendixen M, et al. 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.
- [84] Decaluwe H, et al. Major intraoperative complications during video-assisted thoracoscopic anatomical lung resections: an intention-to-treat analysis. *Eur J Cardiothorac Surg* 2015;48:588–98 [discussion 599].
- [85] Blanc K, et al. Patients experiencing early acute respiratory failure have high postoperative mortality after pneumonectomy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2018;156:2368–76.
- [86] Burton BN, et al. Perioperative risk factors associated with postoperative unplanned intubation after lung resection. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2018;32:1739–46.
- [87] Mazzella A, et al. Bronchopleural fistula after pneumonectomy: risk factors and management, focusing on open-window thoracostomy. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2018;30:104–13.
- [88] Sato M, et al. Study of postoperative bronchopleural fistulas—analysis of factors related to bronchopleural fistulas. *Nihon Kyobu Geka Gakkai Zasshi* 1989;37:498–503.
- [89] Pforr A, et al. A predictive score for bronchopleural fistula established using the French Database Epithor. *Ann Thorac Surg* 2016;101:287–93.
- [90] Llewellyn-Bennett R, Wotton R, West D. Prophylactic flap coverage and the incidence of bronchopleural fistulae after pneumonectomy. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2013;16:681–5.
- [91] Sakata KK, et al. Persistent air leak – review. *Respir Med* 2018;137:213–8.
- [92] de Lima A, et al. Treatment of persistent bronchopleural fistula with a manually modified endobronchial stent: a case-report and brief literature review. *J Thorac Dis* 2018;10:5960–3.
- [93] Fuso L, et al. Incidence and management of post-lobectomy and pneumonectomy bronchopleural fistula. *Lung* 2016;194:299–305.
- [94] Shen KR, et al. Postpneumonectomy syndrome: surgical management and long-term results. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008;135:1210–6 [discussion 1216-9].
- [95] Jansen JP, et al. Postpneumonectomy syndrome in adulthood. Surgical correction using an expandable prosthesis. *Chest* 1992;101:1167–70.
- [96] Rodefeld MD, et al. Pulmonary vascular compromise in a child with postpneumonectomy syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000;1194Pt1:851–3.
- [97] Petrella F, Spaggiari L. Postpneumonectomy syndrome: An old challenge for new technologies. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2018;155:e139–40.
- [98] Wihlm JM, Massard G. Late complications. Late respiratory failure. *Chest Surg Clin N Am* 1999;9 [633-54, ix-x].
- [99] Bhattacharya K, et al. Platypnea-orthodeoxia syndrome: a rare complication after right pneumonectomy. *Ann Thorac Surg* 2009;88:2018–9.
- [100] Agrawal A, Palkar A, Talwar A. The multiple dimensions of Platypnea-Orthodeoxia syndrome: A review. *Respir Med* 2017;129:31–8.
- [101] Batchelor TJP, Ljungqvist O. A surgical perspective of ERAS guidelines in thoracic surgery. *Curr Opin Anaesthesiol* 2019;32:17–22.
- [102] Berna P, Quesnel C, Assouad J, et al. Réhabilitation améliorée après lobectomie pulmonaire. *RFE commune SFAR- SFCTCV*; 2019.
- [103] Evans RG, Naidu B. Does a conservative fluid management strategy in the perioperative management of lung resection patients reduce the risk of acute lung injury? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2012;15:498–504.
- [104] Ahn HJ, et al. The risk of acute kidney injury from fluid resuscitation and hydroxyethyl starch in thoracic surgery. *Anesth Analg* 2016;122:186–93.

- [105] Lee JH, et al. Pulse pressure variation as a predictor of fluid responsiveness during one-lung ventilation for lung surgery using thoracotomy: randomised controlled study. *Eur J Anaesthesiol* 2011;28:39–44.
- [106] Suehiro K, et al. Stroke volume variation as a predictor of fluid responsiveness in patients undergoing airway pressure release ventilation. *Anaesth Intensive Care* 2012;40:767–72.
- [107] Wildgaard K, et al. Multimodal analgesic treatment in video-assisted thoracic surgery lobectomy using an intraoperative intercostal catheter. *Eur J Cardiothorac Surg* 2012;41:1072–7.
- [108] De Kock MF, Lavand'homme PM. The clinical role of NMDA receptor antagonists for the treatment of postoperative pain. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2007;21:85–98.
- [109] Michelet P, et al. Adding ketamine to morphine for patient-controlled analgesia after thoracic surgery: influence on morphine consumption, respiratory function, and nocturnal desaturation. *Br J Anaesth* 2007;99:396–403.
- [110] Grosen K, et al. Perioperative gabapentin for the prevention of persistent pain after thoracotomy: a randomized controlled trial. *Eur J Cardiothorac Surg* 2014;46:76–85.
- [111] Zakkar M, Frazer S, Hunt I. Is there a role for gabapentin in preventing or treating pain following thoracic surgery? *Interactive CardiovascThorac Surg* 2013;17:716–9.
- [112] Weimann A, et al. ESPEN practical guideline: clinical nutrition in surgery. *Clin Nutr* 2021;40:4745–61.
- [113] Hausel J, et al. Randomized clinical trial of the effects of oral preoperative carbohydrates on postoperative nausea and vomiting after laparoscopic cholecystectomy. *Br J Surg* 2005;92:415–21.
- [114] Refai M, et al. The impact of chest tube removal on pain and pulmonary function after pulmonary resection. *Eur J Cardiothorac Surg* 2012;41:820–2 [discussion 823].
- [115] Manzanet G, et al. A hydrodynamic study of pleural drainage systems: some practical consequences. *Chest* 2005;127:2211–21.
- [116] Gocyk W, et al. Comparison of suction versus nonsuction drainage after lung resections: a prospective randomized trial. *Ann Thorac Surg* 2016;102:1119–24.
- [117] Cerfolio RJ, Bryant AS. Results of a prospective algorithm to remove chest tubes after pulmonary resection with high output. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008;135:269–73.
- [118] Hoogeboom TJ, et al. Merits of exercise therapy before and after major surgery. *Curr Opin Anaesthesiol* 2014;27:161–6.
- [119] Smart NJ, et al. Deviation and failure of enhanced recovery after surgery following laparoscopic colorectal surgery: early prediction model. *Colorectal Dis* 2012;14:e727–34.
- [120] Baldini A, et al. L'application d'un programme de réhabilitation précoce (ERAS) améliore-t-elle les résultats périopératoires après cystectomie? *Prog Urol* 2017;27:752–3.
- [121] Rogers LJ, et al. The impact of enhanced recovery after surgery (ERAS) protocol compliance on morbidity from resection for primary lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2018;155:1843–52.