Université de Poitiers
Faculté de Médecine et Pharmacie

ANNEE 2020

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE
(Décret du 16 janvier 2004)

présentée et soutenue publiquement
le 8 juillet 2020 à Poitiers
par Madame Chloé Mimbimi
née le 31 juillet 1989 à Valenciennes (Nord)

Chirurgie Thoracique Robotiquement Assistée
Au Centre Hospitalier Universitaire de Poitiers :
Création d'une activité,
Expérience initiale
et Analyse de la courbe d'apprentissage

Composition du Jury

Président : Monsieur le Professeur Pierre CORBI

Membres : Monsieur le Professeur Jean-Pierre FAURE
Madame le Docteur Géraldine ALLAIN
Madame le Docteur Corinne LAMOUR

Directeur de thèse : Monsieur le Professeur Christophe JAYLE

Table des matières

Abréviations..... 10
Résumé 11
Introduction..... 12
Matériels et Méthodes 12
Analyse statistique 13
Résultats 13
Caractéristiques des patients..... 13
Résultats péri-opératoires 13
Histologie 14
Curage ganglionnaire.....15
Conversions 15
Durée de drainage 16
Durée d'hospitalisation 17
Redrainage et réhospitalisation 17
Courbe d'apprentissage 17
Durée opératoire 18
Réhospitalisation, redrainage..... 18
Durée de drainage.....18
Durée d'hospitalisation 18
Discussion 18
Conclusion.....28

Références bibliographiques

Serment d'Hippocrate

Abréviations

ASA : American Society of Anesthesiologists
CBNPC : Cancer Bronchique Non à Petites Cellules
CuSum : cumulative sum control chart
DLCO : Capacité de Diffusion du Monoxyde de Carbone (CO)
EFR : Explorations Fonctionnelles Respiratoires
IMC : Index de Masse Corporel
RATS : Robotic-Assisted Thoracic Surgery
RIL : Résections infra-lobaires
VATS : Vidéo-assisted Thoracic Surgery
VEMS : Vitesse d'Expiration Maximale Seconde

Résumé

Introduction : Les techniques dites Mini-Invasives, comprenant la chirurgie vidéo-thoracoscopique (VATS) et la chirurgie robotiquement assistée (RATS) sont maintenant largement rependues[1]. Apparue plus récemment la RATS semble donner des résultats similaires avec certains avantages technologiques[2]. Il n'existe pas à ce jour d'étude randomisée prospective de grande ampleur comparant la RATS aux techniques conventionnelles, mais de nombreux auteurs ont déjà publié leurs résultats sur la faisabilité, la sureté et les bénéfices de la RATS en termes de réduction de la douleur, de durées d'hospitalisation, et de suites opératoires. L'objectif de notre étude est d'analyser notre expérience initiale de RATS et d'en définir la courbe d'apprentissage.

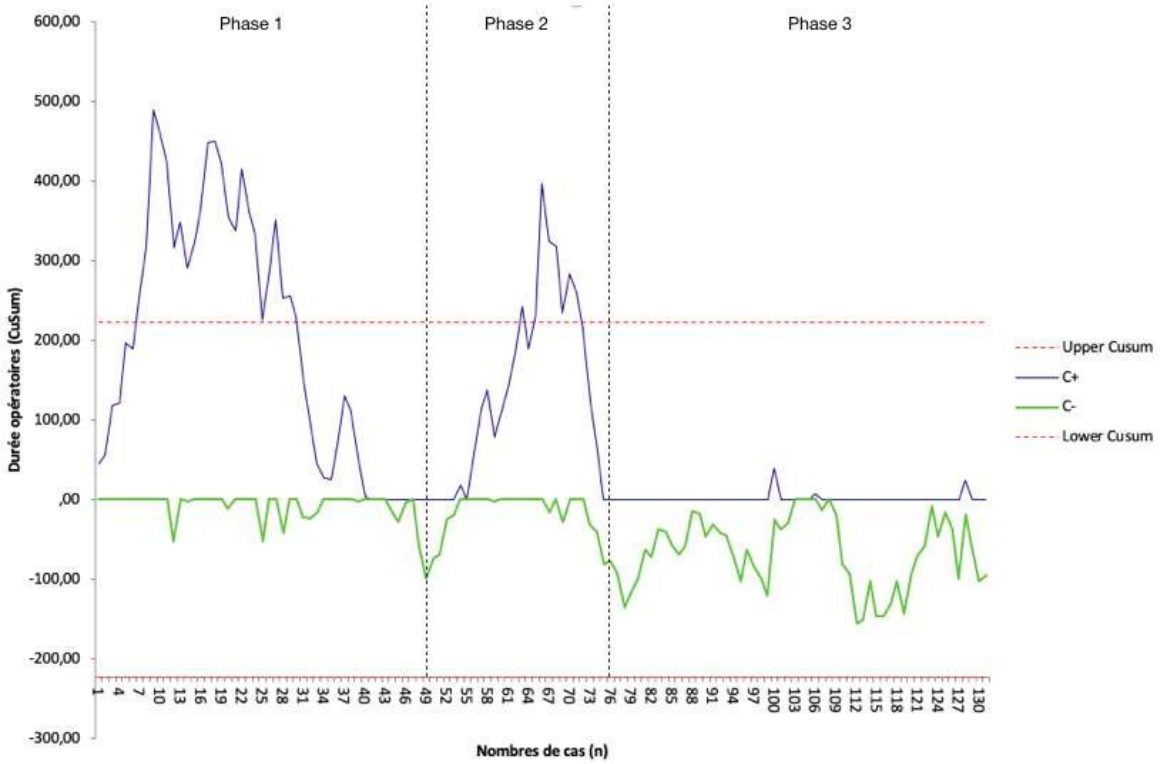
Matériels et Méthodes : Nous avons réalisé une étude rétrospective, unicentrique, mono-opérateur, portant sur les patients opérés au CHU de Poitiers du 21 juin 2016 au 15 octobre 2019 et ayant bénéficié d'une lobectomie ou résection infra-lobaire RATS à l'aide du robot Da Vinci Xi de Intuitive Surgical, Inc. selon la technique CPRL-4 à quatre bras[3].

Nous avons étudié les caractéristiques préopératoires et les comorbidités des patients, l'histologie, l'up-staging ganglionnaire, la durée opératoire, la durée d'hospitalisation, et les complications post-opératoires. Nous avons utilisé une analyse CuSum afin de définir la courbe d'apprentissage.

Résultats : Nous avons inclus 153 patients. Pour les lobectomies et les RIL respectivement, les durées moyennes d'interventions sont de 185 minutes et de 155 minutes (p=0,012), les durées d'hospitalisations sont de 5,15 jours et 4,16 jours (p=0,14). La durée d'hospitalisation moyenne des patients convertis est de 10,23 jours (p=0,002). A partir des durées opératoires et des durées d'hospitalisation nous avons identifié par analyse CuSum 3 phases et deux pics de la courbe d'apprentissage. La phase I et le premier pic d'apprentissage au 22eme patient correspondent à la maitrise de la technique et des cas simples. La phase II et le deuxième pic d'apprentissage au 67eme patient correspondent à la phase de consolidation avec introduction de cas complexes. La phase III correspond à la phase plateau de la courbe d'apprentissage.

Conclusion : La courbe d'apprentissage de notre étude est surmontée après 22 interventions, avec une maitrise complète de la technique à la 67eme intervention. La conversion représente un facteur de risque de complications post-opératoire et annule les bénéfices de la RATS.

Mots clefs : Chirurgie robotique, Learning curve, Résection pulmonaire majeure.



Le cancer du poumon est le second cancer le plus fréquent et la première cause de décès par cancer en France. Il a été démontré que la chirurgie est le gold-standard thérapeutique du cancer du poumon à des stades résécables et il est actuellement recommandé de traiter chirurgicalement les Cancers Bronchiques Non à Petites Cellules de stade I, II et certains stades IIIA sélectionnés[4]. Avec la standardisation des protocoles de dépistage du cancer du poumon à l'aide de scanners « faibles doses » chez les patients à haut risque, de nombreuses tumeurs du poumon ont été ou vont être découvertes à des stades précoces[5]. Les chirurgies mini-invasives et d'épargne parenchymateuse, semblent être des alternatives chirurgicales acceptables pour ces lésion de petites tailles et en particulier celles en « verre dépoli »[6].
Les techniques dites Mini-Invasives, comprenant la chirurgie vidéo-thoracoscopique (VATS) et la chirurgie robotiquement assistée (RATS) sont maintenant largement rependues. De nombreux auteurs ont déjà publié leurs résultats sur la faisabilité, la sureté et les bénéfices de la VATS en termes de réduction de la douleur, de durées d'hospitalisations, et de suites opératoires[7,1]. Apparue plus récemment la RATS semble donner des résultats similaires avec certains avantages[2] :
-Une haute définition d'images
-Des conditions opératoires ergonomiques pour l'opérateur
-Le système "EndoWrist", permettant 7 degrés d'angulations différents et une rotation A 360 degrés des instruments.
-La diminution du "Fulcrum-effect", avec un point pivot et une stabilité des trocarts évitant les cisaillements et compressions intercostaux
-Le filtrage des tremblements et la mise à l'échelle des mouvements
-L'ambidextrie et l'Independence du chirurgien
-La facilité à réaliser un curage ganglionnaire de qualité et l'up-staging ganglionnaire attribuables aux avantages techniques suscités.
-Une courbe d'apprentissage/learning curve plus rapide qu'en VATS
-Des indications étendues grâce aux avantages techniques suscités.
-Des outils « connectés », l'intégration des données cliniques, un écran digital.

Il est essentiel et primordial d'évaluer toute innovation chirurgicale y compris au niveau institutionnel, d'où l'objet de ce travail. Nous pensons que l'appréciation qualitative et quantitative de cette activité contribuera à l'amélioration de nos bonnes pratiques et de la prise en charge de nos malades.

MATERIELS ET METHODES

Nous avons réalisé une étude rétrospective, unicentrique, portant sur 163 patients opérés au CHU de Poitiers et ayant bénéficié d'une chirurgie RATS à l'aide du robot Da Vinci Xi de Intuitive Surgical, Inc. Selon la technique CPRL-4 à quatre bras (Image 1a, 1b), totalement portale comme décrite par Cerfolio[3]. Notre étude se déroule du 21 juin 2016 au 15 octobre 2019. Tous les patients opérés durant cette période ont été inclus dans notre étude. Tous les patients convertis en thoracotomie ont été inclus dans notre étude. Tous les patients ont été opérés par le même opérateur. Cet opérateur a réalisé 40 heures de simulation robotique avant d'opérer le 1er patient. L'évaluation pré opératoire de chaque patient a compris un examen clinique complet, une consultation anesthésique, un scanner thoracique, un TEP-Scanner, un scanner cérébral ou une IRM cérébrale, et des explorations fonctionnelles respiratoires.
Nous avons recueilli l'âge, le genre, le score ASA, l'Index de Masse Corporelle (IMC), le statut tabagique, les stades cTNM et pTNM, la durée opératoire (de l'incision à la fermeture cutanée), la nécessité de conversion, la durée de drainage, la durée d'hospitalisation, la mortalité à 30 jours, le taux de redrainage, le taux de réhospitalisation à 30 jours, le nombre d'aires ganglionnaires explorées, l'histologie de la pièce opératoire, l'up-staging ganglionnaire à partir de la base de données du service et d'EPITHOR.

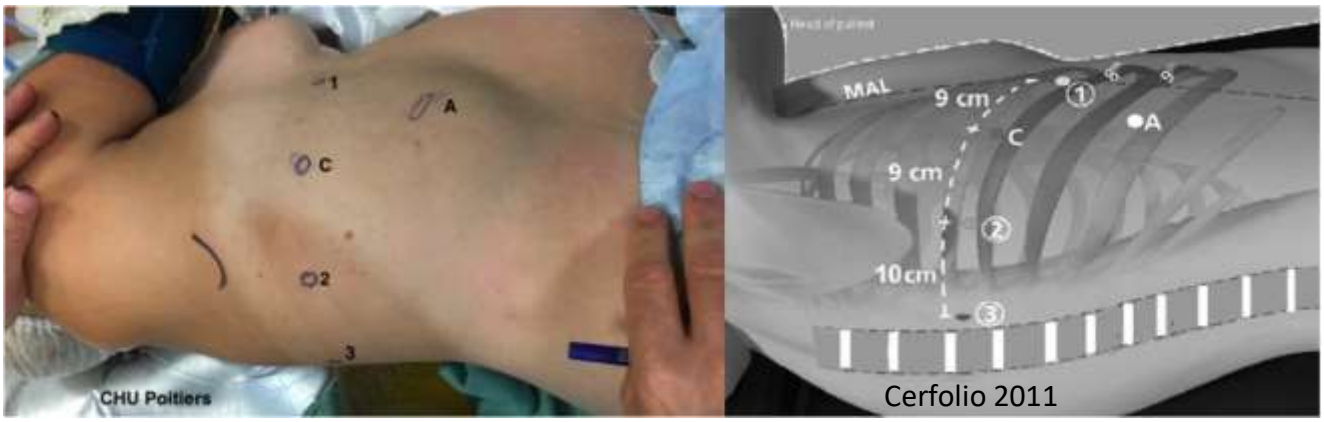


Image 1a: Repérage du positionnement des trocart en pré-opératoire. Image 1b: Technique CPRL-4 (completely portal robot lobectomy with 4 arms) selon Cerfolio[14]. MAL= Midaxillary Line, A= trocart d'aide opératoire, C= Trocart optique, 1,2,3 = Trocarts des bras robotique

Analyse Statistique

Nous avons utilisé le test Chi^2 pour comparer les variables qualitatives. Nous avons utilisé le test de Student pour comparer les variables quantitatives. Le seuil de significativité était admis pour p<0,05. Les données définissant la courbe d'apprentissage (Durées opératoires, Durées d'hospitalisations, durées de drainages, up-staging ganglionnaire) ont été étudiées de façon chronologique, par régression linéaire, par comparaison des déciles et par analyse des cartes de contrôle des sommes cumulées CuSum (Cu- mulative Sum algorythm) selon l'équation suivante (Figure 1) par le logiciel Qi Macro :

Cumulativesum n=cumulative sum n−1+(value n−value mean).

$$\sum_{i=1}^{n} (x_i - \mu)$$

Figure 1 xi représente la valeur cumulable, mu représente la moyenne de la variable quantitative étudiée.

Le CuSum permet la détection de changements, même faibles, subtils ou lents, qui n'auraient pas été détectés par d'autres méthodes de mesure. Une courbe positive représente une série de données au-dessus de la valeur cible définie, une courbe négative représente une série de donnée en dessous de la valeur cible. Une courbe croissante représente une croissance de la valeur étudiée, à l'inverse une courbe descendante représente une inflexion du paramètre de l'étude[8]. Pour notre étude nous avons défini notre valeur cible comme la moyenne de la variable analysée.

RESULTATS

Caractéristiques des patients

Nous avons étudié 163 patients, dont les caractéristiques cliniques sont présentées dans les tableaux 1, 2a et 2b.

Résultats péri-opératoires (Tableau 3)

La durée opératoire moyenne des lobectomies est de 185 minutes, celle des RIL est de 155 minutes (p=0,012). Cependant il n'y a pas de différence significative en termes de durée d'occupation de salle. Il n'y a pas de différence significative entre les RIL et les lobectomies en termes d'évaluation ganglionnaire (2,87 vs 3,48, p>0,05). La durée d'hospitalisation est de 5,15 jours pour les lobectomies et de 4,16 jours pour les RIL (p=0,14). Les patients ayant subi une conversion présentent des suites opératoires péjoratives avec une durée d'hospitalisation moyenne supérieure à 10 jours (p= 0,002) et 68% des patients convertis sont hospitalisés 7 jours ou plus (p=0,05). Il n'y a pas de différence significative pour la mortalité, la conversion ou la

Caractéristiques	N=	%
Patients, n	163	
Age, moyenne (range), ans	65,23 (25-87)	
Hommes	109	67
Tabagisme	110	67,48
SAOS	15	9,2
BPCO	53	32,51
ASA		
1	10	6,13
2	67	41,10
3	78	47,85
4	8	4,9
IMC		
<18,5	13	7,9
18,5-24,9	66	40,49
25 – 29,5	52	31,90
>30	32	19,63
VEMS		
<40%	1	0,6
40 – 59,9%	8	4,9
60 – 79,9%	34	20,9
>80%	120	73,6
Chirurgie		
Lobectomies	123	73,46
Bi-lobectomies	2	1,22
Pneumonectomies	0	0
Médiastin	10	6,13
Résections infra-lobaires	28	17,17
Lésions Bénignes	29	17,79
CBNPC Primaires	118	72,39

Tableau 1. Caractéristiques cliniques

Caractéristiques	N=	%
Patients (n)	28	
Segmentectomies	21	75
Résections atypiques	7	25
Conversions	3	10,7^{NS}

Tableau 2a Lobectomies (N=125)

Caractéristiques		%
Patients (n)	125	
Droite	71	56,8
LM	4	3,2
LID	22	17,6
LSD	43	34,4
Bilobectomies inf.	2	1,6
Gauche	54	43,2
LSG	37	29,6
LIG	17	13,6
Conversions	19	15,2^{NS}

Tableau 2b Résection infra-lobaires (N=28), NS : Non significatif

réadmission post opératoire entre les lobectomies et les RIL non convertis.

Histologie

On constate que parmi les patients convertis et les RIL il y a plus de pathologies bénignes (respectivement 20% et 32%, p<0,05), alors qu'il y a 7,5% de pathologies bénignes parmi les lobectomies non converties. L'histologie et la taille tumorale semblent influencer la durée opératoire. Les durées opératoires des CBNPC de stade I, II et III sont respectivement de 182, 191 et 197 minutes (p=0,01, p=0,006 et p=0,16) (Figure 3) il n'y a pas de différence significative entre les patients N0 et N+ (Figure 4).

	Total N= 163 (%)	Résections pulmonaires N= 153 (%)				
		Lobectomies N= 106	RIL N= 25	Conversions N=22	p^a	p^b
Caractéristiques						
Durée d'hospitalisation Moyenne (j) Médiane (j)	5,13• 4	5,15• 4	4,16• 3	10,23• 8	0,14	0,002
Hospitalisation prolongée (>=7j)	43 (26)	21 (19,8)	6(24)	15 (68)	0,65	0,05
Réadmission à 30 jours	27 (16,5)	17(16)	4(16)	6(27)	0,99	0,20
Durée de drainage Moyenne(j) Médiane (j)	3,6• 2	3,25•	4,72• 1	4,72• 3,5	0,27	0,26
Redrainage	5(3)	2(1,8)	1(4)	2(9)	0,5	0,14
Mortalité à 30 jours	3 (1,8)	2 (1,88)	0	1 (4,5)	0,5	0,3
Conversions	24 (14,72)					
Durée d'intervention moyenne (min.)	174*	185	155		0,012	
Durée d'occupation de salle (min.)	277	286	260		0,06	
Aires ganglionnaires explorées (moy.)		3,48	2,87	3,18	0,1	
Stade pTNM CBP		92(86,8)	12(48)	14(63,6)	0,001	0,5
I		57(62)	8(66,6)	9(64,3)	0,7	0,8
II		28(30,4)	3(25)	4(28,6)	0,6	0,9
III		7(7,6)	1(8)	1(7,1)	0,9	0,7
IV		0	0	0		
Bénin		8(7,5)	5(20)	7 (32)	0,02	0,01

*Tableau 3 Caractéristiques péri-opératoires ; *hors patients convertis en thoracotomie •hors patients décédés ; pa : Lobectomie vs RIL, pb : Conversion vs Lobectomies +RIL (RIL : Résections infra-lobaires) seuil de significativité : p<0,05*

Curage ganglionnaire

L'upstaging ganglionnaire a été défini par le pourcentage de patients qui ont eu une augmentation de leur stade N selon la classification pTNM, après analyse anatomo-pathologique, comparativement à leur classification cTNM pré opératoire. Il s'agit donc des situations suivantes :

cN0 → pN1
cN1 → pN2
cN0 → pN2

Dans notre étude 16 patients présentent une atteinte ganglionnaire selon la classification pTNM, parmi lesquels 68% (n=11) avaient une évaluation ganglionnaire préopératoire erronée minorée. Nous retrouvons, en excluant les patients convertis et les lésions d'origine bénignes et métastatiques, un taux d'up-staging ganglionnaire de 9,73%.

Conversions (Tableau 3)

La conversion est définie par toute conversion vers une thoracotomie, qu'elle soit faite en urgence ou non, à tout moment après

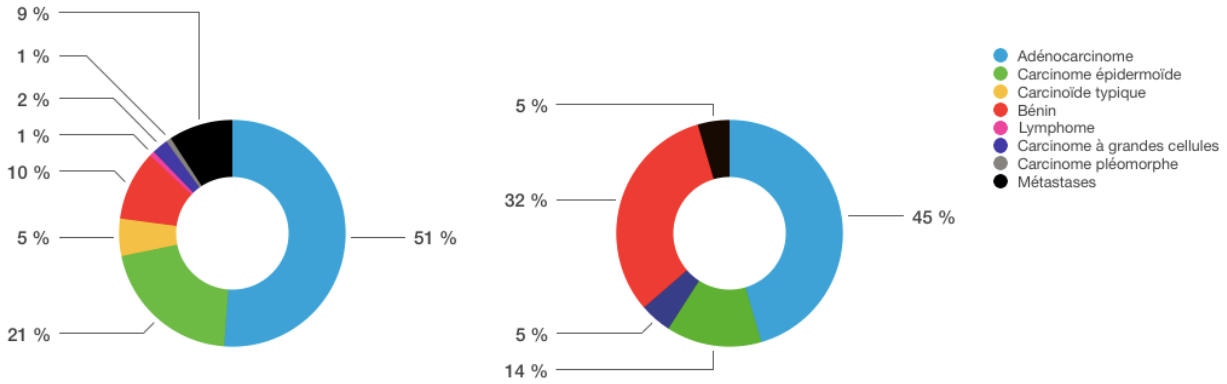


Figure 2 Répartition des histologies entre les patients convertis et non convertis, Il y a 10% de pathologies bénignes parmi les patients non convertis et 32% de pathologie bénignes parmi les patients convertis (p<0,05)

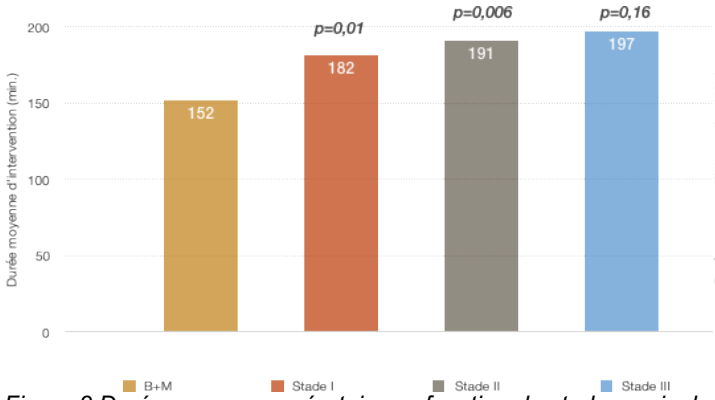


Figure 3 Durée moyenne opératoire en fonction du stade carcinologique pTNM ; B+M : Bénin et métastases

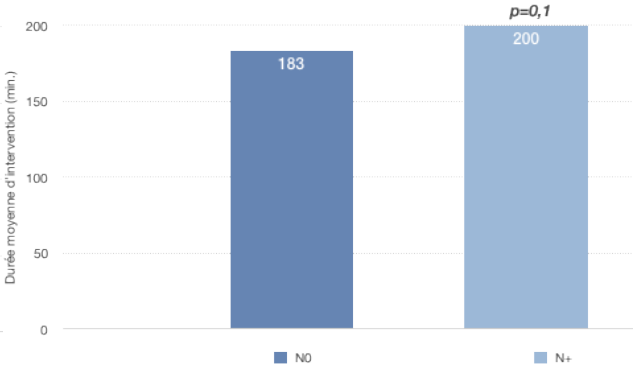


Figure 4 Durée moyenne opératoire en fonction du pN

l'amarrage des bras robotiques et le début de la dissection robotiquement assistée. Parmi les résections parenchymateuses il y 22 patients ayant nécessité une conversion. Il n'y a pas de différence d'âge, de sexe, de fonction respiratoire ou de comorbidités préopératoires par rapport au groupe non convertis (p>0,05). Le score ASA > 2, BMI>29, Le type de résection (lobectomie ou segmentectomie), l'atteinte ganglionnaire ne sont pas des facteurs de risques de conversion (OR=1,57. IC95%[0,62-3,99], OR=0,67 IC95%[0,18-2,44] , OR=1,49 IC95%[0,41-5,43], OR= 0,62 IC95%[0,13-2,88] ; OR=1,06 IC95%[0,28-3,97]). Seule l'origine histologique semble différer (Figure 2). On constate que le taux de pathologies bénignes dans le groupe conversion est de 32% vs 10% dans le groupe non convertis (p< 0,05).

Durée de drainage

Dès le départ le parti a été pris de dédrainer précocement les malades, nous n'observons pas de diminution des durées de drainage globale par analyse de régression linéaire avec un R^2= 0,0116 (Figure 11). Il n'y a pas de différence significative entre les résections parenchymateuses non converties et les patients ayant nécessité une conversion (3,53 jours vs 4,72 jours ; p=0,26). Il n'y a pas de différences significatives entre les lobectomies et les résections infra-lobaires (3,23 jours vs 4,72 jours, p= 0,27). Pour les drainages supérieurs à 4 jours (Figure 5), il n'y a pas de différence significative entre les RIL et les lobectomies (36% vs 24%, p=0,2) les RIL ne représentent pas un facteur de risque de bullage supérieur à 4 jours (OR= 1,78 IC 95%[0,7-4,52]). Les patients nécessitant un drainage pendant 4 jours ou plus (Figure 5) sont plus nombreux

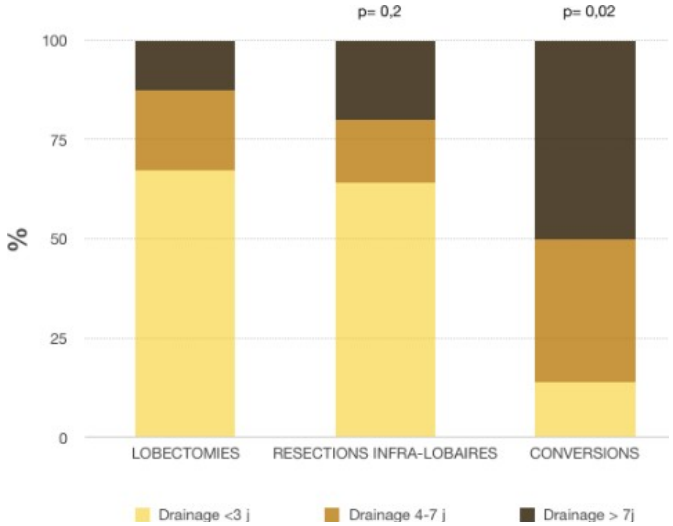


Figure 5 Répartition des durées de drainage en fonction du type d'intervention

dans le groupe convertis que dans le groupe non convertis (50% vs 26%, p= 0,02) la conversion représente un facteur de risque de drainage prolongé (OR=2,79 IC95% [1,11-7,02]).

Durée d'hospitalisation

La durée moyenne d'hospitalisation, hors conversions, est de 4,93 jours, avec une tendance à la régression au cours de l'étude (R^2=0,03, Figure 13). Il n'y a pas de différence significative entre les RIL et les lobectomies hors conversion (4,12 jours versus 5,15 jours, p=0,14). Les patients ayant nécessité une conversion voient leur durée d'hospitalisation prolongée de plus de 5 jours (10,23 jours ; p= 0,0021) (Figure 6). La conversion est le seul facteur de risque significatif de durée d'hospitalisation prolongée au-delà du 7eme jour post-opératoire (OR=8,81 ; IC95% [3,09-25,08])

Un score ASA>2, l'âge > à 65 ans et le tabac, une VEMS <80% et un IMC> 30 ne sont pas des facteurs de risques d'hospitalisation prolongée (Tableau 5).

Redrainage et réhospitalisation

L'âge supérieur à 65 ans, le statut tabagique, le score ASA supérieur à 2, l'IMC supérieur à 30, une VEMS inférieure à 80% et la conversion ne sont pas des facteurs de risques de

	Total= 22	14,32 %
	n	%
Cause		
Saignement	10	45,4
Défaut d'exclusion	4	18,2
Dissection	8	36,4
Drainage >4j	10	41,7
Stade		
I	9	40,9
II	4	18,18
III	1	4,5
N+	3	13,63
Taille tumorale		
>3cm	4	18,18
>4,9cn	1	4,5
Bénin	7	31,81
Métastases	1	4,5
VEMS		
<40%	0	0
40 – 59,9%	2	9
60 – 79,9%	8	36,5
>80%	11	50
NR	1	4,5

Tableau 4 Caractéristiques des conversions

réhospitalisation (OR= 1, IC95% [0,39-2,55] ; OR=0,76, IC95%[0,28-2,07] ; OR=2,04, IC95%[0,76-5,45], OR=1,39, IC95% [0,46-4,24] ; OR=1,05, IC95%[0,35-3,15] OR=1,61, IC95% [0,56-4,61] respectivement). Nous n'observons pas de différence significative en termes de réhospitalisation entre les patients convertis et les non-convertis (27,27% vs 21 16,03% p= 0,2). Nous n'observons pas de différence significative en termes de redrainage entre les patients convertis et les patients non convertis (9% versus 2,3%), p=0,14 (Tableau 3). Le taux de redrainage est trop faible pour définir des facteurs de risques significatifs.

Courbe d'apprentissage

Nous avons étudié l'évolution et l'amélioration des données peropératoires et post-opératoires par 3 méthodes :

Régression linéaire, CuSum et comparaison de déciles au cours du temps.

Durée opératoire : La droite de régression linéaire montre une diminution de la durée opératoire au cours du temps (R^2=0,1919) (Figure 7), la durée opératoire est négativement corrélée au nombre de cas opérés. Nous avons défini et étudié la durée opératoire moyenne de chaque décile, et nous l'avons comparé au groupe 1 représentant les 13 premiers patients opérés de résections parenchymateuse de notre étude (Figure 8). Comparés au 1er décile, tous les groupes ont une durée opératoire moyenne significativement inférieure sauf les 2eme et 5eme déciles (203 min., p=0,1 et 220 min., p= 0,5). L'analyse CuSum des durées opératoires nous permet de mettre en évidence 3 phases (Figure 9). Durant la phase 1 on observe une ascension de la somme cumulée des durée opératoires jusqu'au 22eme patients puis une diminution jusqu'à ce qu'elle devienne inférieure à la moyenne de l'étude. Durant la phase 2 on observe une réascension du CuSum des durées opératoires jusqu'au 67eme patient, puis une diminution. La phase 3 montre une diminution permanente du CuSum jusqu'à une phase de plateau.

Réhospitalisation, redrainage : 27 patients ont nécessité une réhospitalisation (18%), dont 10 pour ablation de drain thoracique, 3 ont nécessité un drainage de novo, 13 patients ont été réadmis pour des motifs bénins, pour une durée de moins de 24h, 1 patient a été réhospitalisé pour fistule broncho-pleurale. Parmi les patients réhospitalisés 6 (27%) avaient été convertis (versus 16% pour les patients non convertis p=0,2).

Durée de drainage : Nous observons une courbe de régression linéaire négativement corrélée aux nombres d'interventions mais Il n'y a aucune différence entre les déciles (p >0,05 ; Figure 10, Figure 11).

Durée d'hospitalisation : En comparant les dix déciles de patients et en analysant la régression linéaire nous n'observons pas de différence significative en termes de durée d'hospitalisation en fonction du nombre de procédures (Figure 13 et 14).

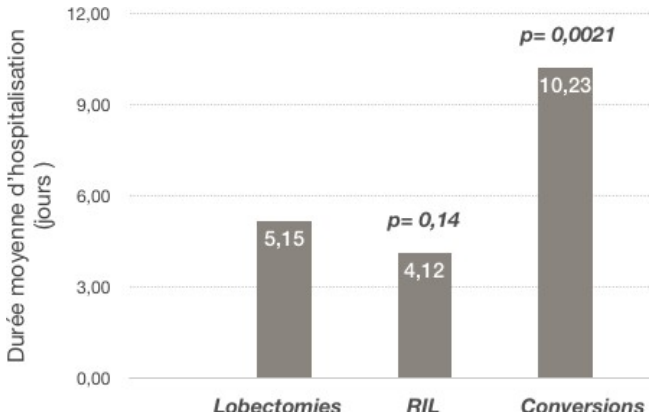


Figure 6 Durée moyenne d'hospitalisation en fonction du type d'intervention.

Facteurs	
ASA>2	OR=1 IC(95%) [0,43-2,34]
Age>65 ans	OR= 1,78 IC(95%) [0,73-4,33]
Tabac	OR= 1,55 IC(95%) [0,57-4,22]
VEMS<80%	OR= 1,53 IC(95%) [0,59-3,96]
IMC>30	OR= 0,52 IC(95%) [0,12-1,63]
Conversion	OR= 8,81 IC(95%) [3,09-25,08]

Tableau 5 Odd Ratio, facteurs de risque d'hospitalisation prolongée.

Cependant l'analyse CuSum nous permet de mettre en évidence les mêmes 3 phases (Figure 15) d'évolution de la courbe d'apprentissage, en miroir de l'analyse CuSum de la durée opératoire.

DISCUSSION

La résection chirurgicale anatomique avec curage ganglionnaire par thoracotomie est le gold standard du traitement des CBNPC de stade I. Depuis les années 90 de multiples approches, hybrides ou totalement thoracoscopiques, ont été décrites[9].

Les techniques « mini-invasives » telles que la VATS ont montré leur non-infériorité aux

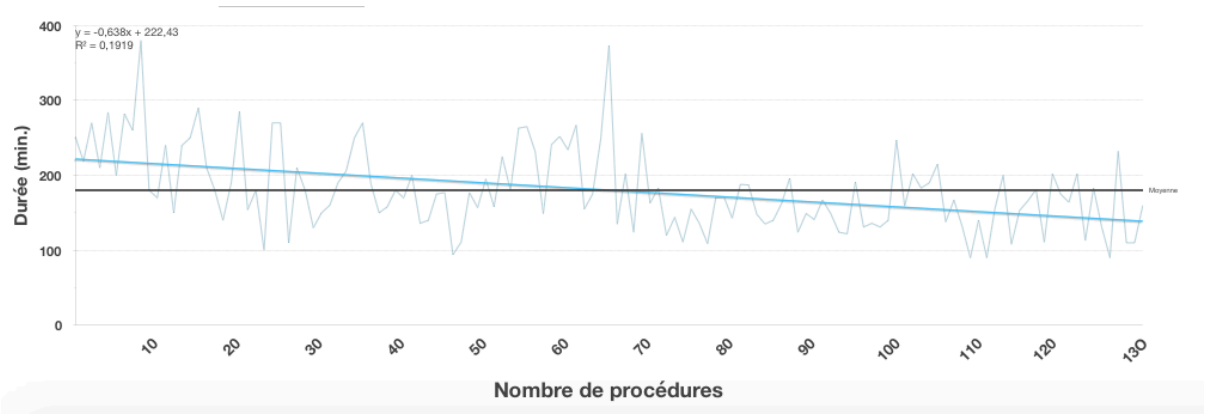


Figure 7 Durée opératoire pour les lobectomies et résections infra-lobaires, de juin 2016 à octobre 2019 (hors conversions)

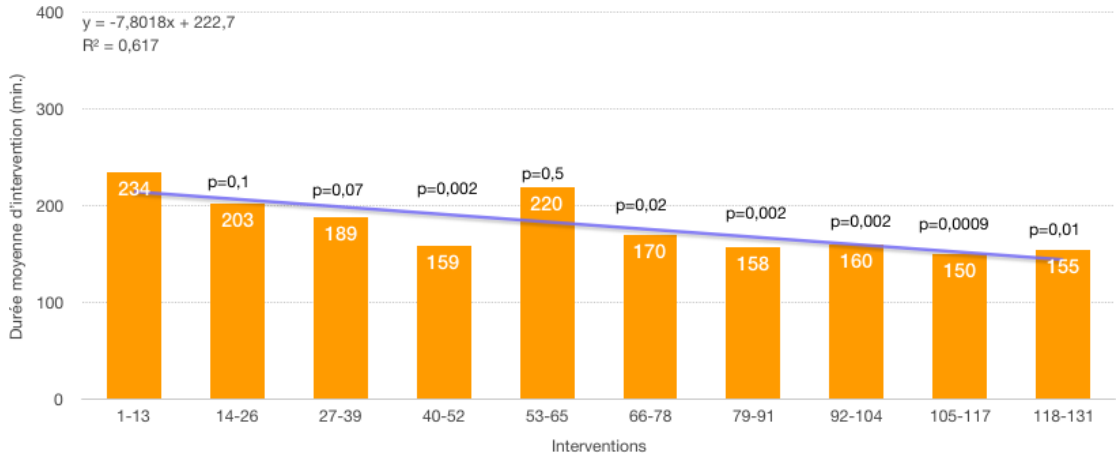


Figure 8 Lobectomie et résection infra-lobaires Durée moyennes d'intervention par groupes et droite de régression linéaire

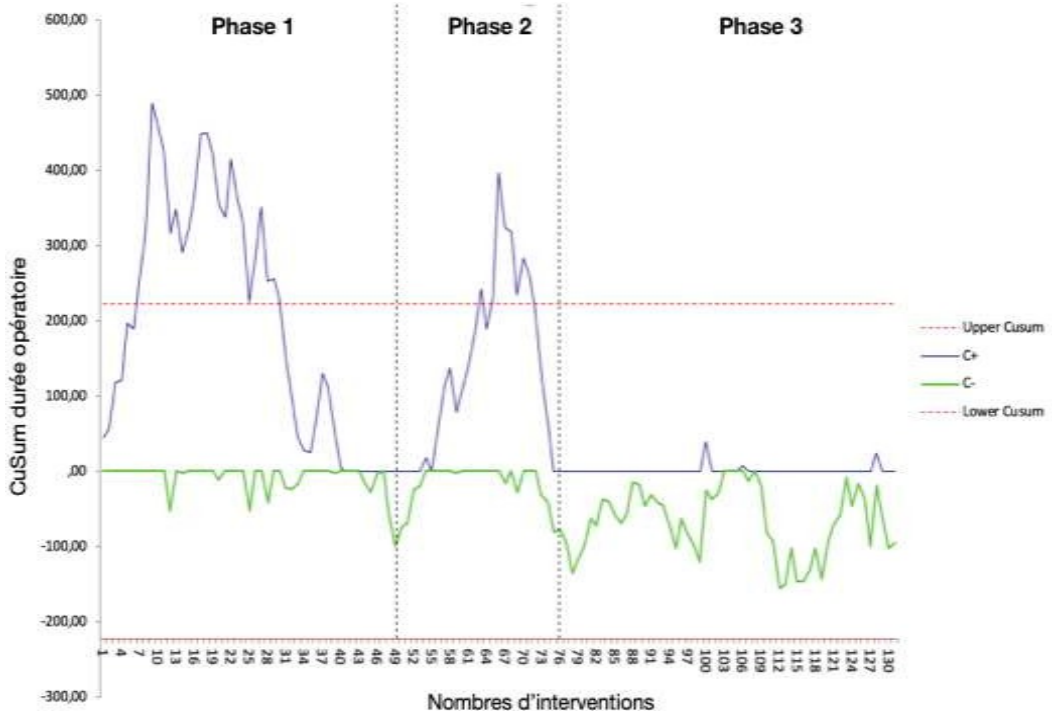


Figure 9 Analyse CuSum des durées opératoires selon le nombre de patients opérés. Courbe bleue : durées opératoires supérieure à la moyenne, courbe verte : durée opératoires inférieure à la moyenne.

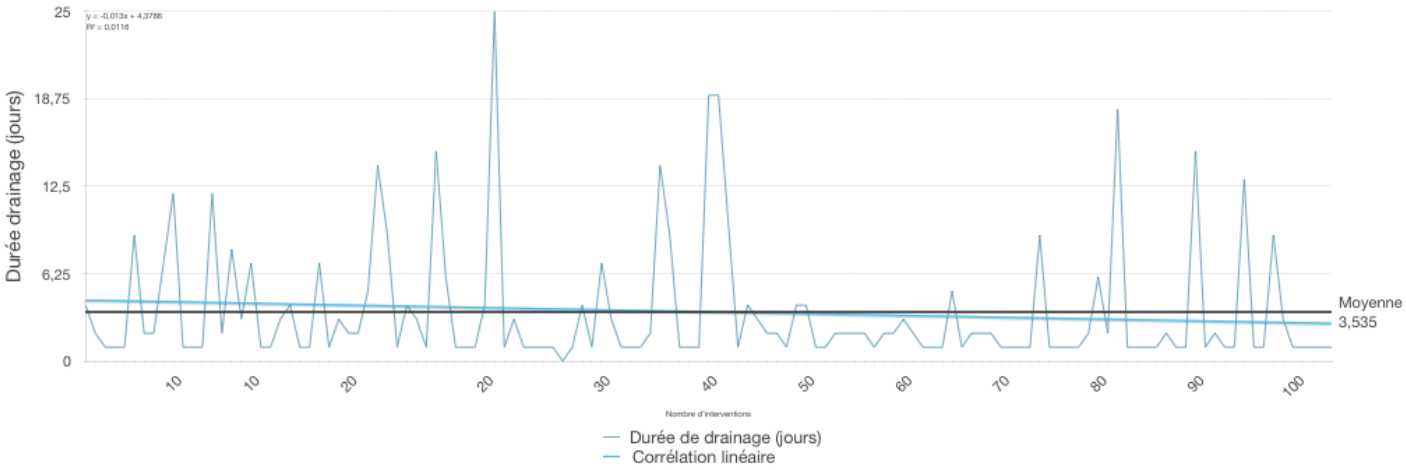


Figure 10 Évolution des durées de drainage selon le nombre d'interventions et droite de régression linéaire

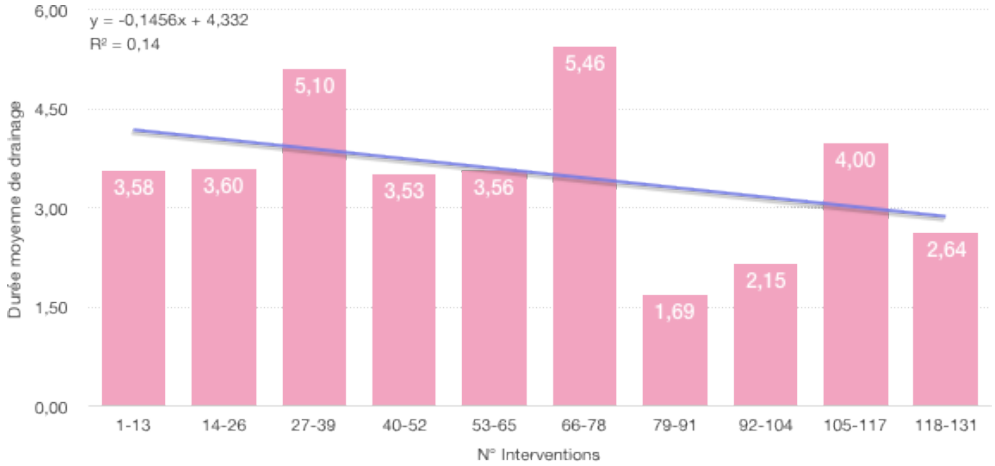


Figure 11 Évolution de la durée moyenne de drainage par décile

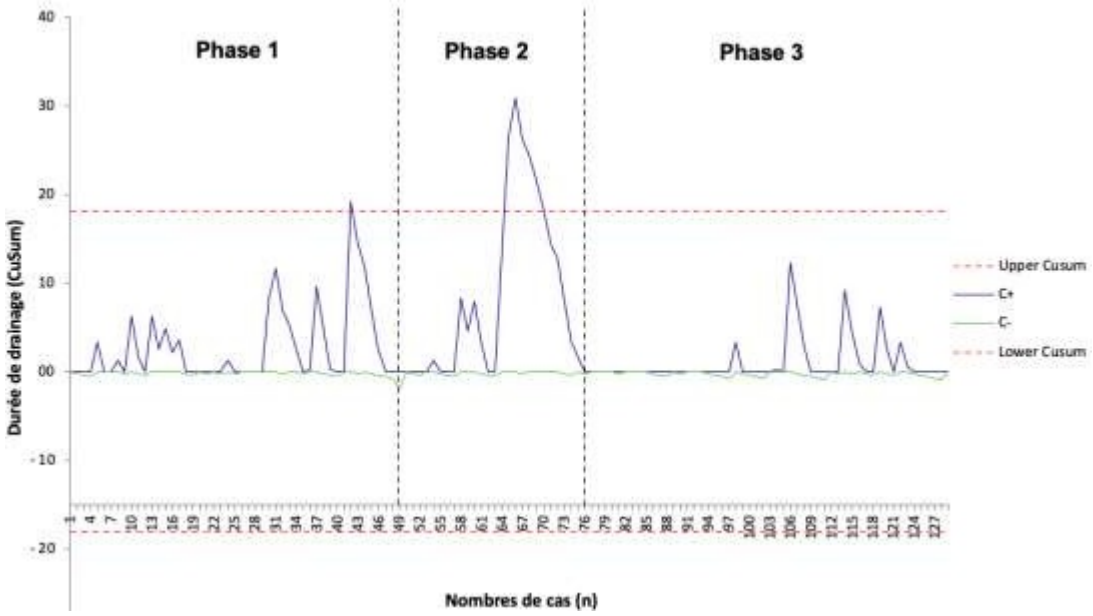


Figure 12 Analyse CuSum des durées de drainage selon le nombre de patients opérés. Courbe bleue : durées de drainage supérieure à la moyenne, courbe verte : durée de drainage inférieure à la moyenne.

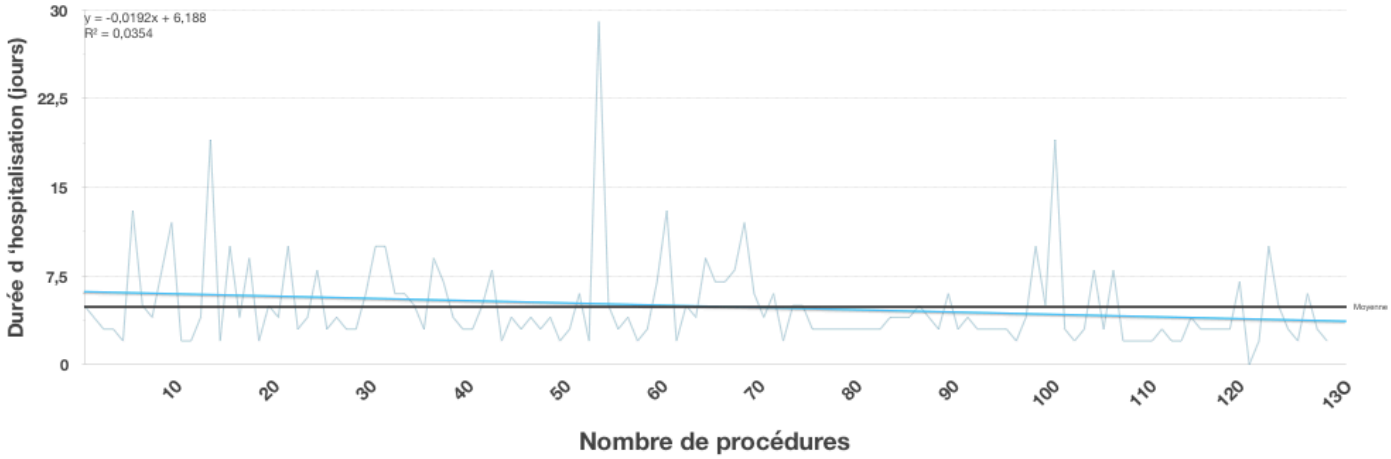


Figure 13 Évolution des durées d'hospitalisation et régression linéaire selon le nombre de patients opérés. (Droite bleue : régression linéaire, Droite grise : moyenne)

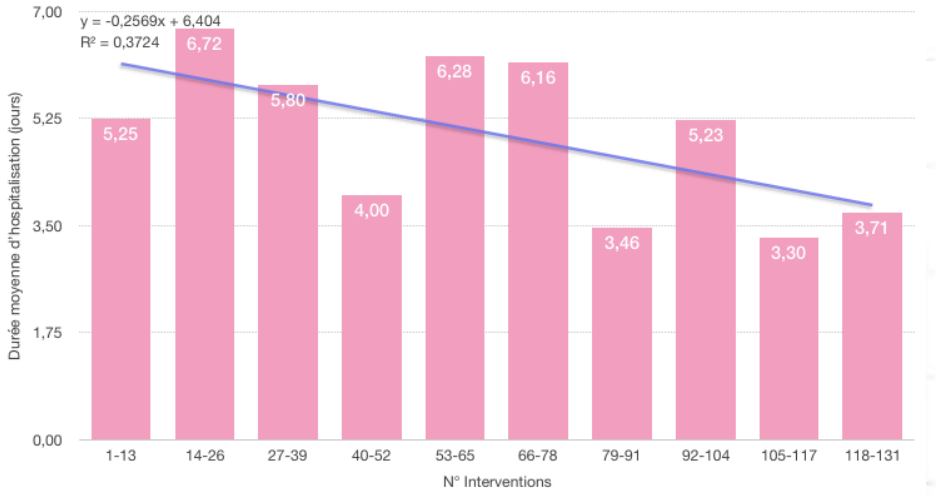


Figure 14 Évolution de la durée moyenne d'hospitalisation par décile

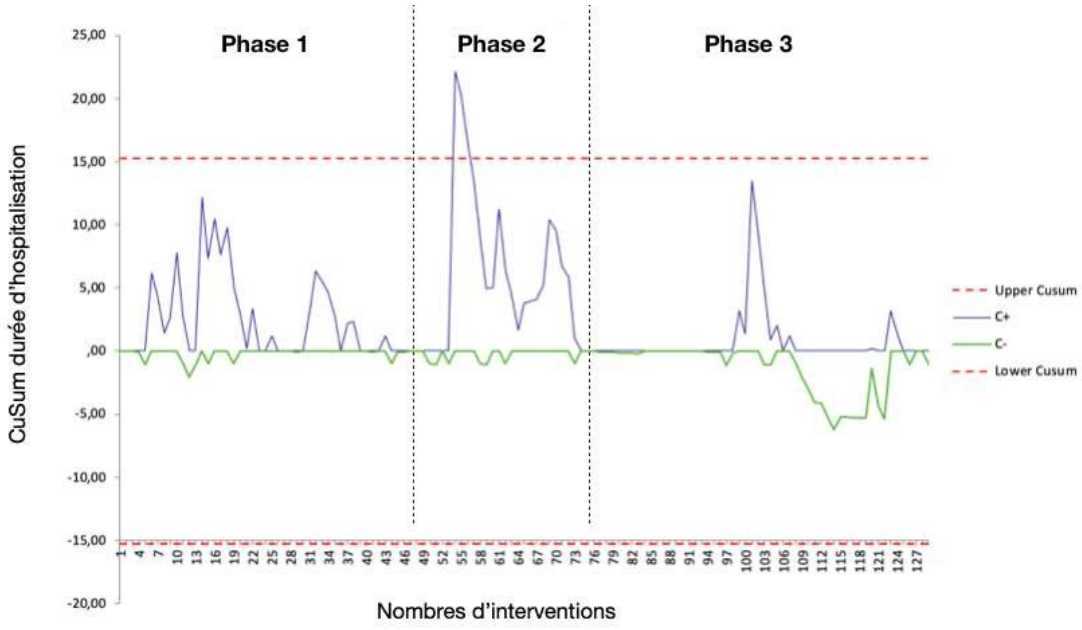


Figure 15 Analyse CuSum des durées d'hospitalisation selon le nombre de patients opérés. Courbe bleue : durées d'hospitalisation supérieure à la moyenne, courbe verte : durée d'hospitalisation inférieure à la moyenne

techniques conventionnelles, et ont démontré certains bénéfices en termes de réduction de la douleur, amélioration de la récupération post-opératoire, diminution de la durée d'hospitalisation et d'amélioration de la qualité de vie post opératoire[10 11 12]. Les hautes technologies utilisées dans la RATS telles que décrites par Solinas permettent à l'opérateur d'effectuer les gestes les plus techniques et difficiles en chirurgie mini-in- vasive, tels que le curage ganglionnaire.[2] Depuis la description par Melfi en 2001[13] de la première lobectomie RATS, de nombreuses études ont tenté de démontrer la faisabilité, la sécurité, la qualité des résultats post-opératoires et oncologiques de la RATS. Ces résultats semblent satisfaisants[14] et en constante progression [15 16]. À titre d'exemples : En 2014 une étude comparative entre les systèmes Da Vinci Standard S versus Da Vinci Si a démontré une diminution de la durée opératoire moyenne (237 *vs.* 172 minutes), de la durée moyenne d'hospitalisation (4,4 vs 3,8 jours), du taux de conversions (10,1% vs 5,6%), de la mortalité (1,4% vs 0%) et de la morbidité (22% vs 15%) [9], suggérant une technique encore en pleine évolution et amélioration. En 2012 Park et al. rapportent une survie à 5 ans de 91%, 88% et 49% pour les lobectomie RATS respectivement de stade IA IB et II[17]. Veronesi[18] en 2018 analyse rétrospectivement 223 patients ayant bénéficié de lobectomies RATS. 32% des patients étaient classés cN2, et 68% des patients étaient classés pN2, 63% des patients ont bénéficié d'un traitement adjuvant. La survie à 3 ans de ces stades III était de 60% et la récidive locale de 8,5% à 3 ans. De plus, certains auteurs ne se limitent plus maintenant aux stades précoces des CBNPC[18]. Les apports technologiques de la RATS[2] permettent des résections complexes de néoplasies. Il est maintenant techniquement possible de réséquer par RATS des pathologies à des stades plus avancés, avec invasion vasculo-bronchique proximale, adhérences, atteintes pariétales ou après traitement néo-adjuvant.[19],[20].

L'utilisation croissante des robots chirurgicaux dans la pratique courante est indéniable. Cependant, certitudes ou non, l'évolution est en marche et de nombreux centres basculent vers le mini-invasif et en particulier la RATS sans qu'aucune étude randomisée prospective de grande ampleur ait démontré les bénéfices de cette technique. Au-delà de l'évolution technologique remarquable, la RATS doit être rigoureusement évaluée et son bénéfice doit être scientifiquement démontré par des études prospectives de qualité afin d'assurer le meilleur pronostic aux patients en particulier dans ce contexte de chirurgie oncologique.

Conversion :

Il est essentiel d'évaluer l'impact et les facteurs de risques de conversion car l'augmentation de patients opérés par RATS crée de fait un sous-groupe de patients « convertis » inévitables. Après conversion VATS la durée d'hospitalisation est augmentée ainsi que toutes les complications post opératoires[21], avec une augmentation des SDRA et une augmentation de la mortalité à 30 jours[12 22]. Dans la littérature le taux de conversion en RATS est de 0,4 à 19,2%[23]. Le taux de conversion dans notre étude est de 15,2% pour les lobectomies et de 10,7% pour les RIL (p=0,63). Si on se limite au pT1N0 le taux reste de 13,3 %. L'incidence des conversions n'est pas négativement corrélée au nombre d'intervention réalisée. Dans notre étude les conversions sont corrélées à une morbidité post-opératoires plus importante avec une durée d'hospitalisation moyenne de 10,23 jours (p=0,0021) et 68% des patients qui restent hospitalisés plus de 7 jours (p<0,05). La durée de drainage moyenne est de 4,7 jours (p=0,26) et 50% des patients sont drainés plus de 4 jours (p=0,02). Parmi les patients convertis, 27,27% nécessitent une réhospitalisation (p=0,2) et 9% nécessite un drainage de novo après ablation du drain (p=0,14). Tous les avantages suscités de la RATS sont annulés par la nécessité de conversion. Dans une analyse des patients RATS de la NCDB, Arnold et al. montrent que la conversion augmente la mortalité post-opératoire à 30 jours [24], ce que nous retrouvons dans notre

étude avec une mortalité de 4,5% pour les patients convertis, de 1,88% pour les lobectomies et de 0% pour les RIL sans conversion. Une plaie vasculaire est la première étiologie d'une conversion retrouvée dans la littérature [25] et dans notre étude 45% des conversions ont été effectuées pour plaie vasculaire ou saigne- ment incontrôlable par RATS. Il est difficile de déterminer pour quelles raisons les suites opératoires des patients convertis sont significativement moins bonnes que celles des patients non convertis. Cela peut être dû : aux complications peropératoires, tel qu'un saignement abondant, cependant nous n'observons pas de nécessité de transfusion dans le groupe des patients convertis (n=0) ; aux douleurs post opératoires générées par la thoracotomie chez des patients n'ayant pas eu de péridurale pré-opératoire, ou une durée opératoire prolongée. Il y a peu d'études identifiant les facteurs de risques de conversion en RATS. Les facteurs retrouvés sont la taille tumorale >4,5cm, un index de Charlson de comorbidités élevé, les patients opérés dans un établissement non universitaire[26]. L'histologie de type épidermoïde, les stades T et N et une chimiothérapie néoadjuvante[27] [28] sont décrits comme facteurs de risques de conversion VATS mais pas RATS[23]. Le seul facteur de risque de conversion que nous retrouvons est le caractère bénin de la pathologie sous-jacente. Le taux de pathologies bénignes parmi les patients convertis est de 32% alors qu'il est de 10% parmi les patients non convertis (p<0,05) avec un Odd Ratio pour le statut bénin de 7,95 (IC95%[1,46-12,29]. Nous expliquons cette corrélation par le caractère inflammatoire que certaines pathologies bénignes peuvent avoir, en particulier lorsqu'elles sont d'origines infectieuses (Tuberculose, séquelle de pneumopathie infectieuse…).

Comorbidités préopératoires :

Les suites opératoires satisfaisantes des premières séries de publiées ont poussé le monde chirurgical à élargir les critères d'inclusion. De patients relativement jeunes et avec peu de comorbidités, des patients plus âgés, polypathologiques et obèses ont bénéficié de RATS. La littérature montre que la RATS est adaptée aux patients polypathologiques, sans risque de surmortalité ni sur-morbidité. En 2017 Kass[29] compare les suites opératoires de patients de moins de 75 ans à celles de patients de plus de 75 ans et conclue que la RATS est une approche sûre pour les patients âgés. L'impact de l'obésité sur les suites opératoires a aussi été étudié et il semblerait que les suites opératoires des patients obèses soient les mêmes que celles des patients ayant un IMC dans la normale[30]. Casiraghi retrouve des durées d'hospitalisations plus courtes en RATS que par thoracotomie pour les patients obèses. (5 jours versus 6 jours ; p= 0.047). et avec une diminution des complications post-opératoires dans le groupe RATS (16.7% vs 42.9% ; $P = 0.027$) [31]. Dans notre étude nous retrouvons des données post opératoires comparables entre les patients obèses (IMC>30) et non-obèses en termes de durée d'hospitalisation de mortalité et de durées de drainages, mais les patients obèses ont un taux de réadmission de 20 % (vs 15,2% ; p=0,54). Certains auteurs ont aussi démontré que la RATS était une technique de choix chez les patients à la fonction respiratoire « limite ». Les patients opérés par VATS avec une VEMS inférieure à 60% souffrent moins de complications respiratoires post opératoires que ceux opérés par thoracotomie[32]. Notre étude comporte uniquement 5 patients ayant une VEMS inférieure à 60%, ce qui ne nous permet pas d'effectuer des statistiques fiables. Bien que l'antécédent de traitement néoadjuvant soit le seul facteur de risque de conversion identifié dans la RATS, on peut suggérer que la RATS est particulièrement adaptée à la prise en charge des patients ayant bénéficié d'un traitement d'induction par radiothérapie et/ou chimiothérapie. Les outils technologiques de la RATS permettant une dissection améliorée sur les tissus cicatriciels et de fonte tumorale.

Durée opératoire :
La durée opératoire peut être un critère d'évaluation de l'expérience de l'opérateur, mais elle peut aussi être le reflet de la complexité de l'intervention. On constate dans notre étude un rebond du temps opératoire au cours de la phase 2, marquant l'inclusion de pathologies plus complexes une fois la phase d'apprentis- sage complétée. Baldonado[33] a publié la courbe d'apprentissage de lobectomies et RIL RATS avec la plus grande cohorte. Sur 272 patients, il montre une diminution de la durée opératoire au cours de l'étude, avec une moyenne de 181,9 minutes et 147,4 mi- nutes pour les 120 premiers et 120 derniers cas respectivement (p<0,001)[33]. De nombreux biais interfèrent sur la durée opératoire. Chaque équipe n'utilise pas la même version du robot. L'agrafage sur bras robotisé, intégré au cours de notre étude, a per- mis de gagner du temps opératoire et peut représenter un biais de confusion. On peut aussi estimer qu'en dehors de l'expérience de l'opérateur, l'apprentissage de l'équipe paramédicale et anesthésique a permis un gain de temps et contribue à la diminution des durées opératoires. Comme retrouvé dans de nombreuses études, les durées opératoires moyennes d'une lobectomie ou d'une RIL de notre étude restent largement supérieures aux durées opératoires par thoracotomie, et malgré les bénéfice apporté par la RATS, une durée opératoire prolongée reste un facteur de risques de complications majeur[34],[35]. On peut relever que la durée d'occupation de salle de la RATS est comparable à celle des thoracotomies du fait de l'allègement de la préparation péri- opératoire (Péridurale, valise de drainage autonome…) La durée opératoire est corrélée à l'histologie et au stade des CBNPC. Les durées opératoires sont significativement supérieures pour les stades II comparés aux stades I. Le manque d'effectifs dans le groupe « stade III » ne permet pas de démontrer une différence significative. De même les durées opératoires des CBNPC N0 sont inférieures au N+ mais de façon non significative. Nous pensons que cette corrélation est due à l'inflammation et à l'hypervascularisation locorégionales provoquées par les processus néoplasiques nécessitant une dissection plus longue.

Durée d'hospitalisation :
La réduction des durées d'hospitalisations par l'utilisation de la RATS a été démontrée par plusieurs études. Elle peut être attribuée à la réduction de la douleur, permettant une reprise de l'autonomie plus rapide, mais aussi à la volonté d'inclure ces patients dans des programmes de réhabilitation accélérée. L'utilisation de la durée d'hospitalisation comme curseur de la courbe d'apprentissage est délicate. La durée d'hospitalisation est dépendante des complications per opératoires et post opératoires mais aussi des comorbidités du patient, des habitudes du service, et des possibilités de sortie d'hospitalisation vers un domicile ou un service de soins de suites.
Dans notre étude la durée d'hospitalisation moyenne était de 5,15 jours pour les lobectomies et de 4, 12 jours pour les RIL (p=0,14) avec une tendance à la diminution au cours de l'étude. Les RIL n'apportent pas de bénéfice en termes de mortalité ou de morbidité par rapport aux lobectomies. Les durées d'hospitalisations ne sont pas significativement différentes. L'avantage des RIL reste l'épargne parenchymateuse en particulier chez les patients à la fonction respiratoire altérée, qui sont cependant minoritaires dans notre étude. La littérature montre que le sexe masculin, des EFR altérées, un traitement néo adjuvant et une résection étendue étaient associés à une majoration des complications post-opératoires et donc de la du- rée d'hospitliation.[36] Dans notre étude, le seul facteur corrélé à la durée d'hospitalisation était la conversion (5,15 j vs 10,23j p= 0,0021, OR : 8,81 IC 95%[3,09-25,08]. L'Age supérieur à65 ans, l'âge supérieur à 75 ans, le statut tabagique, un IMC > 30, un score ASA>2 n'apparaissent pas comme des facteurs de risques d'hospitalisations prolongées. Seuls 5 patients présentaient des EFR altérées, et aucun patient n'avait bénéficié d'une thérapie néoadjuvante. 27 patients (17,6%) ont nécessité une réadmission dans les 30 jours suivant la sortie d'hospitalisation. (16% non

convertis et 27% pour les patients ayant été convertis p=0,2). 10 pour ablation de drain thoracique, 3 ont nécessité un drainage de novo, 1 pa- tient a été réhospitalisé pour fistule broncho- pleurale, 13 patients ont été réadmis pour des motifs bénins pour une durée de moins de 24h et auraient pu éviter une réhospitalisation. Nous estimons donc notre taux de réadmission « réel » à 9%. La littérature rapporte des taux de réadmissions de 8,5 à 11% [37] [38] avec une réadmission corrélée à la durée d'hospitalisation, une durée d'hospitalisation courte n'est pas un facteur de risque de réhospitalisation précoce[39]. De plus, les patients rentrant à domicile nécessitent moins de réadmissions.

Bénignité: La pathologie bénigne représente 8% des lobectomies et 10,7% des RIL, les données de la littérature rapporte un pourcentage entre 1 à 6%[40]. Tous les patients ont bénéficié d'une réunion de concertation pluridisciplinaire validant l'indication opératoire avant d'être opérés. Après relecture des dossiers d'imageries et cliniques nous pensons que dans plus de 50% des cas le diagnostic de bénignité aurait pu être fait sans nécessité de résection chirurgicale. De plus nous déplorons un taux de pathologie bénigne parmi les patients convertis de 32% alors qu'il est de 10% parmi les patient non convertis ($p<0,05$). Or nous avons démontré précédemment que les patients convertis présentent une sur-morbidité, une surmortalité post-opératoire et une durée d'hospitalisation supérieure à 10 jours (p=0,0021).

Courbe d'apprentissage ou « Learning curve »
Plusieurs auteurs ont récemment rapporté l'activité et les résultats de cohortes concernant leur premières chirurgies thoraciques robotiquement assistées. Beaucoup rapportent une courbe d'apprentissage de la RATS plus rapide que pour la VATS liée à l'apport technologique et à l'intuitivité de la RATS. La courbe d'apprentissage tente d'évaluer objectivement la progression de l'opérateur, et le nombre de patients nécessaires avant de surmonter la « learning curve » est un élément central, bien que simpliste, dans beau- coup d'études. Elle se définit par le nombre de procédures nécessaires avant d'obtenir un plateau dans l'évolution de la variable étudiée[41], et avant de réaliser une procédure complète de façon hautement précise et effective, dans un temps opératoire raison- nable, avec un taux de complications post opératoires comparables à la technique de référence ouverte, et un taux de conversion faible[42]. Comment choisir des marqueurs pertinents pour étudier une courbe d'apprentissage, et reflétant un niveau satisfaisant de compétences ? Deux types de variables sont étudiables[1, 43 44], celles en rapport avec le procédé chirurgical et celles en rapport avec le patient. L'évaluation du processus chirurgical peut se faire pas la mesure de la durée opératoire, du taux de conversion, des marges de résection…. Les variables liées aux patients peuvent être les pertes sanguines, la durée d'hospitalisation, les complications post opératoires, la mortalité…
La durée opératoire est la variable la plus fré- quemment utilisée[34 41]. Bien que facile à uti- liser et intuitive, elle n'est pas suffisante pour l'évaluation d'une performance chirurgicale dont l'objectif premier est le bénéfice du pa- tient. Il est nécessaire d'inclure des variables liées au patients dans l'évaluation d'une courbe d'apprentissage. Cependant ces der- nières sont hautement corrélées aux carac- téristiques de la population étudiée, et donc sujettes aux biais. Dans notre étude nous nous basons sur la durée opératoire mais aussi la durée d'hospitalisation, la mortalité, la nécessité de redrainage, de conversion, et de réadmission qui nous semblent mieux re- fléter la maitrise et la performance d'une technique, et la définition d'un succès ou échec chirurgicale. Pour chaque paramètre une évaluation corrélée au nombre de pa- tients opérés a été réalisée. Nous avons uti- lisé trois approches : La régression linéaire, la comparaison statistiques des moyennes de déciles par t-test, et une analyse par CuSum. L'analyse par régression linéaire ne permet pas toujours de détecter les tendance ou les variations sensibles d'une variable quantitative. La comparaison des déciles a ses limites, puisque la délimitation des groupes est arbitraire et ne tient pas compte

du contexte clinique. Enfin il y a l'analyse par CuSum, permettant d'étudier la déviation d'une valeur cible de variables sujettes à la dispersion, elle permet d'identifier des tendances non discernables avec les autres outils statistiques. Dans cette méthode les valeurs sont normalisées selon la moyenne et les différences sont additionnées de manière consécutive. La courbe résultante met en valeur des tendances, même minimes, et permet d'identifier des points d'inflexion, d'accroissement ou de stabilisation[45]. Alors que les analyses de régression linéaire et interdéciles ne nous ont pas permis d'évaluer correctement la courbe d'apprentissage, l'analyse par CuSum met clairement en évidence 3 phases avec deux pics d'apprentissage. La phase 1 comprend la phase d'apprentissage avec le premier pic d'apprentissage au 20eme patient, et déborde sur la phase 2 qui comprend l'inclusion de cas plus complexes avec une diminution des performances jusqu'au 67eme patient qui représente le deuxième pic d'apprentissage et la période de consolidation ; la phase 3 représente la phase de maîtrise de la technique. On retrouve en miroir les même 3 phases pour la durée d'hospitalisation, la durée de drainage et la durée opératoire. Après une progression et stabilisation de la courbe d'apprentissage, une inflexion de la performance est souvent observée[42 46], elle représente l'introduction dans la pratique de cas plus complexes[47]. Seule la dernière phase est stable et peut objectivement représenter les bénéfices d'une nouvelle technique[46]. Cependant une évolution en plateau ne peut pas être uniquement interprétée comme un marqueur de performance chirurgicale, elle signifie aussi que l'opérateur ne progresse plus[20,48]. Selon les études, le nombre d'interventions requises avant d'at- teindre ce plateau varient entre 15 et 46 [43 49 43 50]. Un certain nombres d'études estiment cette limite au-delà du 40eme patient[42 37 51 52]. Arnold définit le seuil de maitrise de la technique à 63 procédures[53]. Nous n'avons pas retrouvé de corrélation entre le taux de conversions et le nombre d'intervention réalisées. Il nous semble que le taux de conversion n'est pas un outil de mesure de la courbe d'apprentissage adéquat. En effet il est possible que notre taux de conversions soit sous-estimé puisque les études aux cohortes les plus larges rapportent un taux de conversions qui augmente avec la taille de la cohorte[26]. Fahim montre un taux de conversion augmentant avec le nombre de procédures réalisées[40] ce qui peut s'expliquer par la sélection de pathologies plus avancées, avec plus de RATS pour des T2 ou T3, voir T4. Au final un taux de conversions plus important peut refléter une augmentation des compétences RATS et un opérateur réalisant des résections plus complexes, de tumeurs de plus grandes tailles et/ou centrales. L'autre marqueur fréquemment utilisé est la perte san-guine[54]. La perte sanguine n'a pas été comptabilisée de façon fiable dans notre étude, puisqu'elle est définie par le nombre de com- presses coelioscopiques imbibées[55], ce que nous n'avons pas comptabilisé.

« Up-staging » et curage ganglionnaire : L'évaluation de l'upstagging ganglionnaire est un marqueur de qualité et de résection complète en chirurgie oncologique, [56 57] L'évaluation de l'atteinte ganglionnaire est élément central de la pris en charge des CBNPC. Le caractère complet du curage impacte le pronostic du patient. L'up-staging ganglionnaire permet de dépister précocement les patients qui pourront bénéficier d'un traitement adjuvant et donc voir leur survie améliorée[58,59]. De plus, de nombreuses études récentes démontrent le manque de sensibilité et de spécificité des techniques d'évaluation de l'atteinte ganglionnaire non invasives tel que le TEP-Scanner, en particulier pour les localisations médiastinales. Parmi les patients estimés cliniquement stade 1, comparativement aux méthodes invasives, 10 à 24% des métastases occultes ganglionnaires ne sont pas diagnostiquées[60 61,56,62]. Les études récentes montrent un upstaging ganglionnaire en RATS de 10 à 16,4% [63 64] nous l'estimons à 9,73% dans notre étude. Dans la prise en charge chirurgicale des CBNPC, il est actuellement recommandé d'effectuer un curage radical. Dans notre étude la technique d'exploration des aires ganglionnaire (sampling ou curage radical) fut laissé à la discrétion de l'opéra-

teur et du fait de la variation des aires explorées pour chaque intervention il ne s'agit pas d'une évaluation standardisée. De multiples études ont montré l'efficacité de la RATS en termes de dissection ganglionnaire avec un nombre de ganglions retirés en RATS similaire à celui retiré par thoracotomie. Novellis[65] montre que le nombre de ganglions du curage est plus important en RATS que en VATS. Selon une méta-analyse récente, le nombre de ganglions du curage RATS et par VATS sont respectivement de 4,978 et 4,323 (p>0,05)[66] . Plus récemment Tang[67] a mon- tré une équivalence en terme d'up-staging entre RATS et lobectomie par thoracotomie pour les CBPC de stade I (n= 14,904 ; 820 (11.0%) versus 863 (11.6%), p=0.28). Boffa[68] a démontré qu'il y avait moins d'up- staging ganglionnaire N0 vers N1 parmi les patients VATS de la base de données de la STS de CBNPC de stade I clinique (7,137 thoracotomies et 4,394 VATS, upstaging de 14,3% versus 11,6% (p<0,001)). Une analyse en sous-groupe a cependant montré que le taux de pN1 augmente avec l'expérience institutionnelle. Le faible pourcentage d'up-stagging ganglionnaire peut aussi être expliqué par un biais de sélection de tumeur peu invasive dans les débuts de cohorte de RATS. De plus certains auteurs émettent l'hypothèse que la RATS serait une approche de choix pour la prise en charge des N2, per- mettant une meilleure récupération post-opératoire et donc rendant les patients plus aptes à recevoir une chimiothérapie adjuvante[69] [70]. En effet en pratique tous les patients opérés nécessitant une thérapie adjuvante ne la reçoivent pas. Petersen montre que les patients opérés par VATS voient leur chimiothérapie adjuvante moins souvent reportées, et moins souvent diminuée en dosage. 61% des patients opérés par VATS bénéficie de 75% ou plus de leur chimiothérapie adjuvante, contre seulement 40% des patients opérés par thoracotomie[71].

Mortalité :

Nous ne déplorons aucun décès lié directement à la RATS. Les décès post-opératoires ne sont pas liés à l'approche robotique en elle-même. A noter que le premier patient opéré de notre cohorte est décédé quelques heures après l'intervention d'une embolie pulmonaire massive. Cet évènement indésirable nous a amené à modifier nos pratiques et à instaurer le port de compression veineuses intermittentes en per et post-opératoire immédiat de toutes nos chirurgies RATS.

CONCLUSION

Les résultats des études concernant la courbe d'apprentissage de la RATS sont très hétérogènes et sont souvent des indicateurs techniques plus que des résultats délivrant des informations cliniques pertinentes ciblées sur le patient. On ne peut résumer la réussite d'une intervention chirurgicale par un seul critère. La puissance de notre étude est son caractère uni centrique, avec un seul opérateur ainsi que l'étude multimodale de la learning curve par la durée opératoire mais aussi des critères cliniques opératoires et post-opératoires. De plus nous avons utilisé une analyse par CuSum qui nous semble particulièrement adaptée pour l'évaluation d'une technique chirurgicale et de son développement dans notre centre. Notre étude a permis de mettre en évidence trois phases, au cours desquelles l'inclusion de cas de plus en plus complexes aboutit à deux pics d'apprentissage et une relative stabilité du taux de conversions qui, nous le pensons, est dans ce cas représentatif de la difficulté des interventions et non uniquement de l'apprentissage de l'opérateur. Nous avons démontré que la conversion impacte lourdement les suites opératoires, annulant voir négativant les bénéfices de la RATS. Le seul facteur de risque de conversion identifié dans notre étude est le caractère bénin de la pathologie sous-jacente. Notre étude montre que la RATS est particulièrement adaptée aux patients « limites ». L'obésité, l'âge, les comorbidités, n'étant pas des facteurs de risques de complications, ni d'hospitalisations prolongées. Ces éléments sont retrouvés dans la littérature ou les patients âgés ou obèses opérés par RATS ont des suites opératoires comparables aux patients opérés par VATS et meilleurs que ceux opérés par

thoracotomies[71] [72]. De plus les techniques mini-invasives sont moins traumatiques, on peut donc supposer qu'elles représentent une technique de choix pour les patients susceptibles de recevoir un traitement adjuvant. Une récupération post-opératoire plus rapide pour- rait permettre d'administrer un traitement adjuvant à des doses plus importantes, en respectant un intervalle maximal de 8 semaines, avec une meilleure tolérance et sans inter- rompre les cycles du traitement. [73] De plus il a été démontré que les voies signalétiques des récepteurs mu stimulés par les opioïdes déclenchent de nombreux mécanismes pro-oncogènes et bloquent certaines signalétiques intracellulaires de survie[74] [7475].

Enfin, il semblerait que le futur de l'évaluation de la chirurgie robotique soit l'évaluation des performances automatisées, *« automated performance me- trics »*, en temps réels, telles que l'utilisation de l'articulation EndoWrist®, l'efficience du mouvement et de l'utilisation des instruments, les contraintes mécaniques imposées, l'utilisation de la caméra. Ces *« big datas »*, sont analysées par une intelligence ar- tificielle capable de créer des algorithmes d'apprentissage[76]. Cette approche permet- trait d'approfondir l'évaluation de l'apprentis- sage une fois la learning curve dépassée et la phase de plateau atteinte.

Références bibliographiques

1. Brooks, P. Robotic-Assisted Thoracic Surgery for Early-Stage Lung Cancer: A Review. *AORN J.* **102**, 40–49 (2015).
2. Solinas, M., Novellis, P. & Veronesi, G. Robotic is better than VATS? Ten good reasons to prefer robotic versus manual VATS surgery in lung cancer patients. *Video-Assist. Thorac. Surg.* **2**, (2017).
3. Cerfolio, R. J., Bryant, A. S., Skylizard, L. & Minnich, D. J. Initial consecutive experience of completely portal robotic pulmonary resection with 4 arms. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **142**, 740–746 (2011).
4. Ginsberg, R. J. & Rubinstein, L. V. Randomized trial of lobectomy versus limited resection for T1 N0 non-small cell lung cancer. Lung Cancer Study Group. *Ann. Thorac. Surg.* **60**, 615–622; discussion 622-623 (1995).
5. de Koning, H. J. *et al.* Reduced Lung-Cancer Mortality with Volume CT Screening in a Randomized Trial. *N. Engl. J. Med.* **382**, 503–513 (2020).
6. Oudkerk, M. *et al.* European position statement on lung cancer screening. *Lancet Oncol.* **18**, e754–e766 (2017).
7. Chen, D. *et al.* New horizons in surgical treatment of ground-glass nodules of the lung: experience and controversies. *Ther. Clin. Risk Manag.* **14**, 203–211 (2018).
8. Rueth, N. M. & Andrade, R. S. Is VATS lobectomy better: perioperatively, biologically and oncologically? *Ann. Thorac. Surg.* **89**, S2107-2111 (2010).
9. Noyez, L. Cumulative Sum Analysis: A Simple And Practical Tool For Monitoring And Auditing Clinical Performance. *Health Care Curr. Rev.* **02**, (2014).
10. Yan, T. D., Black, D., Bannon, P. G. & McCaughan, B. C. Systematic review and meta-analysis of randomized and nonrandomized trials on safety and efficacy of video-assisted thoracic surgery lobectomy for early-stage non-small-cell lung cancer. *J. Clin. Oncol. Off. J. Am. Soc. Clin. Oncol.* **27**, 2553–2562 (2009).
11. Cao, C., Manganas, C., Ang, S. C., Peeceeyen, S. & Yan, T. D. Video-assisted thoracic surgery versus open thoracotomy for non-small cell lung cancer: a meta-analysis of propensity score-matched patients. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* **16**, 244–249 (2013).
12. Vallance, A. *et al.* The evolution of intraoperative conversion in video assisted thoracoscopic lobectomy. *Ann. R. Coll. Surg. Engl.* **99**, 129–133 (2017).
13. Melfi, F. Early experience with robotic technology for thoracoscopic surgery. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* **21**, 864–868 (2002).
14. Kent, M. *et al.* Open, video-assisted thoracic surgery, and robotic lobectomy: review of a national database. *Ann. Thorac. Surg.* **97**, 236–242; discussion 242-244 (2014).
15. Cerfolio, R. J. *et al.* The long-term survival of robotic lobectomy for non-small cell lung cancer: A multi-institutional study. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **155**, 778–786 (2018).
16. Zirafa, C. C. *et al.* Long-term oncologic results for robotic major lung resection in non-small cell lung cancer (NSCLC) patients. *Surg. Oncol.* **28**, 223–227 (2019).
17. Melfi, F. M. A. *et al.* Robotic lobectomy for lung cancer: evolution in technique and technology. *Eur. J. Cardio-Thorac. Surg. Off. J. Eur. Assoc. Cardio-Thorac. Surg.* **46**, 626–630; discussion 630-631 (2014).
18. Park, B. J. *et al.* Robotic lobectomy for non–small cell lung cancer (NSCLC): Long-term oncologic results. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **143**, 383–389 (2012).
19. Veronesi, G. *et al.* Robotic resection of Stage III lung cancer: an international retrospective study†. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* **54**, 912–919 (2018).
20. Lin, M.-W., Kuo, S.-W., Yang, S.-M. & Lee, J.-M. Robotic-assisted thoracoscopic sleeve lobectomy for locally advanced lung cancer. *J. Thorac. Dis.* **8**, 1747–1752 (2016).
21. Mariolo, A. V., Casiraghi, M., Galetta, D. & Spaggiari, L. Robotic Hybrid Approach for an Anterior Pancoast Tumor in a Severely Obese Patient. *Ann. Thorac. Surg.* **106**, e115–e116 (2018).
22. Puri, V. *et al.* Intraoperative conversion from video-assisted thoracoscopic surgery lobectomy to open thoracotomy: a study of causes and implications. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **149**, 55–61, 62.e1 (2015).
23. Samson, P., Guitron, J., Reed, M. F., Hanseman, D. J. & Starnes, S. L. Predictors of conversion to thoracotomy for video-assisted thoracoscopic lobectomy: a retrospective analysis and

the influence of computed tomography-based calcification assessment. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **145**, 1512–1518 (2013).
24. Agzarian, J. *et al.* The Use of Robotic-Assisted Thoracic Surgery for Lung Resection: A Comprehensive Systematic Review. *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **28**, 182–192 (2016).
25. Arnold, B. N. *et al.* Robotic-Assisted Lobectomies in the National Cancer Database. *J. Am. Coll. Surg.* **226**, 1052-1062.e15 (2018).
26. Fournel, L., Zaimi, R., Grigoroiu, M., Stern, J.-B. & Gossot, D. Totally thoracoscopic major pulmonary resections: an analysis of perioperative complications. *Ann. Thorac. Surg.* **97**, 419–424 (2014).
27. Hendriksen, B. S., Hollenbeak, C. S., Taylor, M. D. & Reed, M. F. Minimally Invasive Lobectomy Modality and Other Predictors of Conversion to Thoracotomy. *Innov. Phila. Pa* **14**, 342–352 (2019).
28. Augustin, F. *et al.* Causes, predictors and consequences of conversion from VATS to open lung lobectomy. *Surg. Endosc.* **30**, 2415–2421 (2016).
29. Italian VATS Group *et al.* Risk factors and impact of conversion from VATS to open lobectomy: analysis from a national database. *Surg. Endosc.* **33**, 3953–3962 (2019).
30. Kass, K. S. *et al.* Effect of advanced age on peri-operative outcomes after robotic-assisted pulmonary lobectomy: Retrospective analysis of 287 consecutive cases. *J. Geriatr. Oncol.* **8**, 102–107 (2017).
31. Montané, B. *et al.* Effect of Obesity on Perioperative Outcomes After Robotic-Assisted Pulmonary Lobectomy. *Surg. Innov.* **24**, 122–132 (2017).
32. Casiraghi, M. *et al.* Postoperative outcomes of robotic-assisted lobectomy in obese patients with non-small-cell lung cancer. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* **30**, 359–365 (2020).
33. Kneuertz, P. J., D'Souza, D. M., Moffatt-Bruce, S. D. & Merritt, R. E. Robotic lobectomy has the greatest benefit in patients with marginal pulmonary function. *J. Cardiothorac. Surg.* **13**, 56 (2018).
34. Baldonado, J. J. a. R. *et al.* Credentialing for robotic lobectomy: what is the learning curve? A retrospective analysis of 272 consecutive cases by a single surgeon. *J. Robot. Surg.* **13**, 663–669 (2019).
35. Deen, S. A. *et al.* Defining the cost of care for lobectomy and segmentectomy: a comparison of open, video-assisted thoracoscopic, and robotic approaches. *Ann. Thorac. Surg.* **97**, 1000–1007 (2014).
36. Jang, H.-J., Lee, H.-S., Park, S. Y. & Zo, J. I. Comparison of the early robot-assisted lobectomy experience to video-assisted thoracic surgery lobectomy for lung cancer: a single-institution case series matching study. *Innov. Phila. Pa* **6**, 305–310 (2011).
37. Cao, C. *et al.* Outcomes of major complications after robotic anatomic pulmonary resection. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **159**, 681–686 (2020).
38. Hendriksen, B. S., Reed, M. F., Taylor, M. D. & Hollenbeak, C. S. Readmissions After Lobectomy in an Era of Increasing Minimally Invasive Surgery: A Statewide Analysis. *Innov. Technol. Tech. Cardiothorac. Vasc. Surg.* **14**, 453–462 (2019).
39. Bailey, K. L. *et al.* Short-Term Readmissions After Open, Thoracoscopic, and Robotic Lobectomy for Lung Cancer Based on the Nationwide Readmissions Database. *World J. Surg.* **43**, 1377–1384 (2019).
40. Chevrollier, G. S. *et al.* Early Discharge Does Not Increase Readmission Rates After Minimally Invasive Anatomic Lung Resection. *Innov. Technol. Tech. Cardiothorac. Vasc. Surg.* **14**, 218–226 (2019).
41. Fahim, C., Hanna, W., Waddell, T., Shargall, Y. & Yasufuku, K. Robotic-assisted thoracoscopic surgery for lung resection: the first Canadian series. *Can. J. Surg. J. Can. Chir.* **60**, 260–265 (2017).
42. Soomro, N. A. *et al.* Systematic review of learning curves in robot-assisted surgery. *BJS Open* **4**, 27–44 (2020).
43. Hopper, A. N., Jamison, M. H. & Lewis, W. G. Learning curves in surgical practice. *Postgrad. Med. J.* **83**, 777–779 (2007).
44. Meyer, M. *et al.* The learning curve of robotic lobectomy: Learning curve of robotic lobectomy. *Int. J. Med. Robot.* **8**, 448–452 (2012).
45. Toker, A. *et al.* Robotic anatomic lung resections: the initial experience and description of learning in 102 cases. *Surg. Endosc.* **30**, 676–683 (2016).
46. Wohl, H. The Cusum Plot: Its Utility in the Analysis of Clinical Data. *N. Engl. J. Med.* **296**,

1044–1045 (1977).
47. Steiner, S. H., Cook, R. J., Farewell, V. T. & Treasure, T. Monitoring surgical performance using risk-adjusted cumulative sum charts. *Biostatistics* **1**, 441–452 (2000).
48. Pernar, L. I. M. *et al.* An appraisal of the learning curve in robotic general surgery. *Surg. Endosc.* **31**, 4583–4596 (2017).
49. Khan, N., Abboudi, H., Khan, M. S., Dasgupta, P. & Ahmed, K. Measuring the surgical 'learning curve': methods, variables and competency. *BJU Int.* **113**, 504–508 (2014).
50. Veronesi, G. *et al.* Experience with robotic lobectomy for lung cancer. *Innov. Technol. Tech. Cardiothorac. Vasc. Surg.* **6**, 355–360 (2011).
51. Zhang, Y. *et al.* Robotic Anatomical Segmentectomy: An Analysis of the Learning Curve. *Ann. Thorac. Surg.* **107**, 1515–1522 (2019).
52. Power, A. D., D'Souza, D. M., Moffatt-Bruce, S. D., Merritt, R. E. & Kneuertz, P. J. Defining the learning curve of robotic thoracic surgery: what does it take? *Surg. Endosc.* **33**, 3880–3888 (2019).
53. Gallagher, S. P. *et al.* Learning Curve of Robotic Lobectomy for Early-Stage Non-Small Cell Lung Cancer by a Thoracic Surgeon Adept in Open Lobectomy. *Innov. Phila. Pa* **13**, 321–327 (2018).
54. Arnold, B. N. *et al.* Defining the learning curve in robot-assisted thoracoscopic lobectomy. *Surgery* **165**, 450–454 (2019).
55. Kassite, I., Bejan-Angoulvant, T., Lardy, H. & Binet, A. A systematic review of the learning curve in robotic surgery: range and heterogeneity. *Surg. Endosc.* **33**, 353–365 (2019).
56. Adams, R. D. *et al.* Initial multicenter community robotic lobectomy experience: comparisons to a national database. *Ann. Thorac. Surg.* **97**, 1893–1898; discussion 1899-1900 (2014).
57. Toosi, K. *et al.* Upstaging and survival after robotic-assisted thoracoscopic lobectomy for non-small cell lung cancer. *Surgery* **160**, 1211–1218 (2016).
58. Zirafa, C. *et al.* Nodal upstaging evaluation in NSCLC patients treated by robotic lobectomy. *Surg. Endosc.* **33**, 153–158 (2019).
59. Douillard, J.-Y. *et al.* Adjuvant vinorelbine plus cisplatin versus observation in patients with completely resected stage IB-IIIA non-small-cell lung cancer (Adjuvant Navelbine International Trialist Association [ANITA]): a randomised controlled trial. *Lancet Oncol.* **7**, 719–727 (2006).
60. Randomized Phase III Trial of Vinorelbine Plus Cisplatin Compared With Observation in Completely Resected Stage IB and II Non–Small-Cell Lung Cancer: Updated Survival Analysis of JBR-10 | Journal of Clinical Oncology. https://ascopubs.org/doi/10.1200/JCO.2009.24.0333.
61. Cerfolio, R. J., Bryant, A. S., Ojha, B. & Eloubeidi, M. Improving the inaccuracies of clinical staging of patients with NSCLC: a prospective trial. *Ann. Thorac. Surg.* **80**, 1207–1213; discussion 1213-1214 (2005).
62. Bott, M. J. *et al.* Pathologic Upstaging in Patients Undergoing Resection for Stage I Non-Small Cell Lung Cancer: Are There Modifiable Predictors? *Ann. Thorac. Surg.* **100**, 2048–2053 (2015).
63. Wilson, J. L. *et al.* The prevalence of nodal upstaging during robotic lung resection in early stage non-small cell lung cancer. *Ann. Thorac. Surg.* **97**, 1901–1906; discussion 1906-1907 (2014).
64. Lee, B. E., Shapiro, M., Rutledge, J. R. & Korst, R. J. Nodal Upstaging in Robotic and Video Assisted Thoracic Surgery Lobectomy for Clinical N0 Lung Cancer. *Ann. Thorac. Surg.* **100**, 229–234 (2015).
65. Kneuertz, P. J. *et al.* Propensity-score adjusted comparison of pathologic nodal upstaging by robotic, video-assisted thoracoscopic, and open lobectomy for non-small cell lung cancer. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **158**, 1457-1466.e2 (2019).
66. Novellis, P. *et al.* Robotic surgery, video-assisted thoracic surgery, and open surgery for early stage lung cancer: comparison of costs and outcomes at a single institute. *J. Thorac. Dis.* **10**, 790–798 (2018).
67. Liang, H. *et al.* Robotic Versus Video-assisted Lobectomy/Segmentectomy for Lung Cancer: A Meta-analysis. *Ann. Surg.* **268**, 254–259 (2018).
68. Tang, A. *et al.* Robotic Approach Offers Similar Nodal Upstaging to Open Lobectomy for Clinical Stage I NSCLC. *Ann. Thorac. Surg.* (2020) doi:10.1016/j.athoracsur.2020.02.059.
69. Boffa, D. J., Kosinski, A. S., Paul, S., Mitchell, J. D. & Onaitis, M. Lymph node evaluation by open or video-assisted approaches in 11,500 anatomic lung cancer resections. *Ann. Thorac. Surg.* **94**, 347–353; discussion 353 (2012).
70. Veronesi, G., Novellis, P., Difrancesco, O. & Dylewski, M. Robotic assisted lobectomy for locally advanced lung cancer. *J. Vis. Surg.* **3**, (2017).
71. Lin, J. Robotic-assisted lobectomy for locally advanced N2 non-small cell lung cancer. *J.*

Thorac. Dis. **11**, 3220–3224 (2019).
72. Petersen, R. P. *et al.* Thoracoscopic lobectomy facilitates the delivery of chemotherapy after resection for lung cancer. *Ann. Thorac. Surg.* **83**, 1245–1249; discussion 1250 (2007).
73. Veluswamy, R. R. *et al.* Comparative Effectiveness of Robotic-Assisted Surgery for Resectable Lung Cancer in Older Patients. *Chest* **157**, 1313–1321 (2020).
74. Sarkaria, I. S., Gorrepati, M. L., Mehendale, S. & Oh, D. S. Lobectomy in octogenarians: real world outcomes for robotic-assisted, video-assisted thoracoscopic, and open approaches. *J. Thorac. Dis.* **11**, 2420–2430 (2019).
75. D'Amico, T. A. VATS lobectomy facilitates the delivery of adjuvant docetaxel-carboplatin chemotherapy in patients with non-small cell lung cancer. *J. Thorac. Dis.* **8**, 296–297 (2016).
76. Lennon, F. E. *et al.* The Mu opioid receptor promotes opioid and growth factor-induced proliferation, migration and Epithelial Mesenchymal Transition (EMT) in human lung cancer. *PloS One* **9**, e91577 (2014).
77. Singleton, P. A., Mirzapoiazova, T., Hasina, R., Salgia, R. & Moss, J. Increased μ-opioid receptor expression in metastatic lung cancer. *Br. J. Anaesth.* **113 Suppl 1**, i103-108 (2014).
78. Hung, A. J., Chen, J. & Gill, I. S. Automated Performance Metrics and Machine Learning Algorithms to Measure Surgeon Performance and Anticipate Clinical Outcomes in Robotic Surgery. *JAMA Surg.* **153**, 770–771 (2018).