

NANTES UNIVERSITÉ

FACULTÉ DE MÉDECINE

Année : 2024

THÈSE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PNEUMOLOGIE

par

Madame Baptistine PICAVET épouse BOMMELAER

Née le 22 juin 1995

Présentée et soutenue publiquement le 5 avril 2024

**BIOPSIE PULMONAIRE SOUS SCANNER : EVALUATION DE LA DLCO
COMME FACTEUR DE RISQUE DE PNEUMOTHORAX**

Président : Monsieur le Professeur François-Xavier BLANC

Directeur de thèse : Madame le Docteur Anne-Laure CHENE

Table des matières

LISTES DES FIGURES.....	I
LISTE DES TABLEAUX	II
ABREVIATIONS	III
INTRODUCTION.....	1
I. Les différents types de lésions pulmonaires.....	1
1) Les lésions bénignes	2
2) Les lésions malignes	2
II. Les explorations diagnostiques.....	3
1) La stratégie diagnostique.....	3
2) Les différentes techniques diagnostiques.....	3
III. Biopsie pulmonaire sous scanner	5
1) La biopsie pulmonaire - Généralités	5
A. Déroulement du geste	6
B. Rentabilité	6
C. Complications.....	7
D. Contre-indications	7
2) Le Pneumothorax post biopsie pulmonaire sous scanner.....	8
A. Incidence	8
B. Définition, diagnostic et traitement	8
C. Facteurs de risque de pneumothorax après une biopsie pulmonaire sous scanner	9
IV. Exploration de la fonction respiratoire.....	10
1) Généralités	10
2) La mesure de la diffusion du monoxyde de carbone (DLCO).....	12
A. Quelques pistes de physiologie respiratoire : la membrane alvéolo-capillaire...	12
B. Mesure de la DLCO en pratique.....	13
C. Etiologies entraînant une réduction de la DLCO	14

➤	En détails : Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive (BPCO)	15
D.	Etiologies entrainant une augmentation ou normalisation du KCO	15
V.	La fonction respiratoire comme facteur de risque de pneumothorax après biopsie pulmonaire sous scanner	16
VI.	Objectifs de l'étude.....	17
MATERIEL ET METHODES	18
1)	Patients.....	18
2)	Recueil des Epreuves Fonctionnelles Respiratoires (EFR).....	18
3)	Réalisation de la biopsie pulmonaire sous scanner.....	19
4)	Pneumothorax et drainage	20
5)	Analyse des images et des données	24
6)	Analyse statistique.....	25
RESULTATS	26
1)	Population de l'étude	26
A.	Diagramme de flux de l'étude.....	26
B.	Caractéristiques de la population	26
C.	Incidence pneumothorax, drainage et tolérance	28
2)	Pneumothorax	29
A.	Etude descriptive de la baisse de DLCO selon la présence ou l'absence d'un pneumothorax et analyse univariée	29
B.	Répartition des autres variables selon la présence ou l'absence d'un pneumothorax	33
C.	Analyse univariée du risque de pneumothorax (excepté pour la DLCO)	34
D.	Etude de l'association entre la baisse de DLCO et le risque de pneumothorax : analyse multivariée	34
3)	Drainage pleural	35
A.	Incidence des pneumothorax drainés selon la valeur de DLCO	35
B.	Etude descriptive de la baisse de DLCO selon la présence ou l'absence de drainage pleural et analyse univariée	36
C.	Répartition des autres variables selon la présence ou l'absence de drainage pleural	37

D.	Analyse univariée du risque de drainage pleural (excepté pour la DLCO)	38
E.	Etude de l'association entre la baisse de DLCO et le risque de drainage : analyse multivariée	39
4)	Analyses secondaires.....	40
A.	Relation entre la baisse de la DLCO et l'abondance du pneumothorax.....	40
B.	Distribution de la DLCO selon la présence et la sévérité de l'emphysème	41
C.	Délai d'apparition du pneumothorax selon la DLCO	42
	DISCUSSION	43
	CONCLUSION	52
	BIBLIOGRAPHIE	53
	ANNEXE.....	58

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Aspect scanographique des nodules pulmonaires (d'après le 8 ^{ème} référentiel du Collège des Enseignants de Pneumologie)	1
Figure 2 : Explorations diagnostiques (d'après le 8 ^{ème} référentiel du Collège des Enseignants de Pneumologie)	5
Figure 3 : Volumes et capacités pulmonaires.....	11
Figure 4 : Courbe débit-volume réalisée au CHU de Nantes	11
Figure 5 : Compte-rendu d'une mesure de la diffusion du CO au CHU de Nantes	12
Figure 6 : Biopsie sous scanner d'une masse pulmonaire droite (coupes tomographiques).....	20
Figure 7 : Pneumothorax complet post biopsie, après retrait de l'aiguille (radiographie thoracique)	22
Figure 8 : Pneumothorax complet post biopsie, après retrait de l'aiguille (coupes tomographiques).....	22
Figure 9 : Pneumothorax immédiat, avant retrait de l'aiguille coaxiale, lors d'une biopsie sous scanner d'une masse pulmonaire droite (coupes tomographiques)	23
Figure 10 : Diagramme de flux de l'étude.....	26

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques de la population	27
Tableau 2 : Description des valeurs de DLCO selon la présence ou l'absence de pneumothorax et analyse univariée	29
Tableau 3 : Caractéristiques des patients selon la présence ou l'absence de pneumothorax et de drainage (excepté pour la DLCO)	31
Tableau 4 : Etude de l'association entre la baisse de DLCO et la survenue d'un pneumothorax	35
Tableau 5 : Description des valeurs de DLCO de la population selon la présence ou l'absence d'un drainage pleural et analyse univariée	36
Tableau 6 : Etude de l'association entre la baisse de la DLCO et le risque de drainage	39
Tableau 7 : Etude de l'association entre la baisse de la DLCO et l'abondance du pneumothorax	40
Tableau 8 : Etude de la répartition de la DLCO selon la présence ou non d'emphysème	41
Tableau 9 : Etude de la répartition de la DLCO selon la sévérité de l'emphysème	41
Tableau 10 : Etude du délai d'apparition du pneumothorax selon la valeur de DLCO	42
Tableau 11 : Association entre la baisse de DLCO et le délai d'apparition du pneumothorax	42

ABREVIATIONS

BPCO : Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive

CHU : Centre Hospitalo-Universitaire

CO : Monoxyde de Carbone

CO₂ : Dioxyde de Carbone

CPT : Capacité Pulmonaire Totale

CV : Capacité Vitale

CVF : Capacité Vitale Forcée

DD : Decubitus Dorsal

DL : Decubitus Latéral

DLCO : *Diffusion capacity of the Lung for carbon monoxide*

DV : Decubitus Ventral

EC : Ecart-Type

ECBC : Examen CytoBactériologique des Crachats

ECSC : *European Community for Steel and Coal*

EFR : Epreuves Fonctionnelles Respiratoires

EGFR : *Epithelial Growth Factor Receptor*

GLI : *Global Lung Function Initiative*

Hb : hémoglobine

IC : Intervalle de Confiance

InCa : Institut National du Cancer

IQR : *InterQuartile Range*

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

KCO : Coefficient de transfert du CO

NaCl : Chlorure de sodium

O₂ : Oxygène

OR : Odds Ratio

p : p value

PA : Paquet-Années

Q1 : Quartile 1

Q3 : Quartile 3

ref : référence

SB : *Single Breath (Method)*

TDM : Tomodensitométrie

TEP-scanner : Tomographie à Emission de Positons couplée au scanner

TVO : Trouble Ventilatoire Obstructif

UH : Unité de Hounsfield

VA : Volume Alvéolaire

VEMS : Volume Expiratoire Maximum au cours de la 1^{ère} Seconde

VR : Volume Résiduel

vs : versus

THESE –

BIOPSIE PULMONAIRE SOUS TDM : EVALUATION DE LA DLCO COMME FACTEUR DE RISQUE DE PNEUMOTHORAX

INTRODUCTION

La découverte d'une lésion pulmonaire est fréquente dans le quotidien des pneumologues et radiologues. Cette lésion peut être découverte de manière fortuite sur un examen (radiographie, scanner, IRM..) ou orientée par des symptômes (respiratoires, altération de l'état général..) ou dans le cadre d'un dépistage individuel (1,2).

La démarche diagnostique doit permettre de prendre en charge rapidement les lésions malignes et de limiter les explorations invasives des lésions bénignes (3).

I. Les différents types de lésions pulmonaires

L'examen de référence pour l'exploration des lésions pulmonaires est le scanner thoracique.

Un nodule pulmonaire est une hyperdensité parenchymateuse mesurant entre 3 millimètres et 3 centimètres. Une masse pulmonaire mesure plus de 3 centimètres et un micronodule moins de 3 millimètres. Ces nodules pulmonaires peuvent présenter différents aspects : solide, en verre dépoli ou mixte (associant portion solide et verre dépoli) (4).

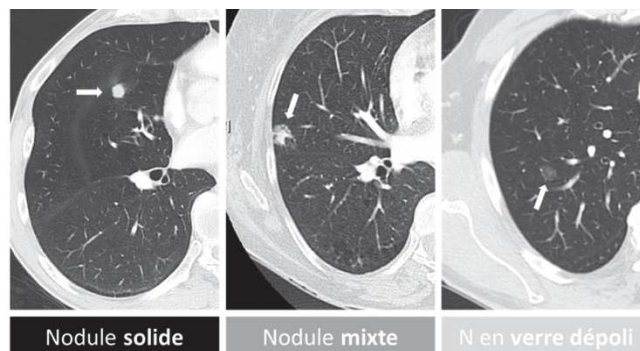


Figure 1 : Aspect scanographique des nodules pulmonaires
(d'après le 8^{ème} référentiel du Collège des Enseignants de Pneumologie)

1) Les lésions bénignes

Les critères en faveur de la bénignité d'un nodule sont : un diamètre infracentimétrique, situé à moins d'un centimètre de la plèvre, situé au-dessus du niveau de la carène, la présence d'un contingent graisseux ou d'une calcification centrale (3).

Ces nodules bénins peuvent correspondre à un bronchocèle, un ganglion intra parenchymateux, une lésion vasculaire...

Certaines lésions peuvent être infectieuses (infection bactérienne, mycobactériologique, fongique) ou inflammatoires (nodules de polyarthrite rhumatoïde par exemple).

2) Les lésions malignes

Les facteurs de malignité répertoriés dans les dernières recommandations de la *Fleischner Society* de 2017 sont : le tabagisme (supérieur à 30 paquets-années), l'âge du patient (rare avant 40 ans), la présence d'emphysème et de lésions pulmonaires fibrosantes (notamment fibrose pulmonaire idiopathique), l'antécédent familial de cancer du poumon, une taille ainsi qu'une augmentation sur différents examens, la localisation dans les lobes supérieurs, les contours irréguliers, spiculés avec attraction scissurale, l'hypermétabolisme intense au TEP-scanner (5). On peut ajouter également l'excavation de la lésion et les parois épaissies (3).

Le cancer du poumon reste le cancer ayant le taux de mortalité le plus élevé au niveau national avec plus de 33 000 décès en 2018 selon l'InCa. La précocité de la prise en charge est importante.

En France, il reste le plus souvent diagnostiqué à un stade métastatique (57,6%). L'histologie principale reste l'adénocarcinome pulmonaire (non lépidique) (51,9%) suivi des carcinomes épidermoïdes (22,7%) et des carcinomes neuroendocrines à petites cellules (12,6%) (6).

II. Les explorations diagnostiques

1) La stratégie diagnostique

L'utilisation croissante des examens d'imagerie entraînent une augmentation de la découverte des nodules et masses pulmonaires dans la population générale. Les stratégies d'exploration ou de surveillance dépendent de l'aspect de la lésion et de l'évolution dans le temps.

La *Fleischner Society* et *the American College of Chest Physicians* recommandent que les nodules de moins de 8 mm soient surveillés par des scanners thoraciques dont le rythme de surveillance dépend du nombre, de la taille et des antécédents du patient. Les nodules de plus de 8 mm doivent être explorés ou surveillés de manière plus rapprochée (5,7).

Les critères de lésions suspectes (décrits ci-dessus) sont en faveur d'une origine maligne et encouragent à réaliser d'emblée la réalisation d'un prélèvement diagnostique.

Lorsque ces critères sont absents, la prise en charge est guidée par l'évolution entre deux examens (scanners, TEP-scanner réalisés à 3 ou 6 mois d'intervalle). Une augmentation de taille ou modification suspecte de l'aspect de la lésion nécessiteront une prise en charge (3,5).

Les lésions infectieuses ou inflammatoires régressent parfois de manière spontanée et la surveillance permet d'éviter la réalisation d'un examen invasif.

2) Les différentes techniques diagnostiques

Lorsque la lésion pulmonaire est associée à des signes respiratoires ou extra-pulmonaires, il est possible de réaliser des examens peu ou non invasifs : un examen cyto-bactériologique des crachats (ECBC), une ponction pleurale, une biopsie d'une adénopathie ou d'une autre lésion superficielle (7).

Dans certains cas, il est nécessaire de réaliser une ponction-biopsie pulmonaire et permettre diverses analyses : anatomo-pathologique, bactériologique, mycobactériologie et mycologique.

Il existe différentes techniques pour réaliser une biopsie pulmonaire (4,7) (figure 2) :

- Biopsie sous scanner
- Fibroscopie bronchique
- Echo-endoscopie bronchique
- Chirurgie pulmonaire
- Prélèvements guidés par mini sonde ou écho-endoscopie bronchique radiale.

La présentation radiologique de la lésion et les caractéristiques du patient permettent de choisir la technique diagnostique la plus adaptée et la moins invasive.

Le choix de l'examen est souvent discuté en réunion de concertation pluridisciplinaire entre pneumologues, radiologues et chirurgiens avec l'objectif de choisir la technique la plus rentable et la moins invasive.

Il est nécessaire d'avoir une quantité de matériel suffisante pour poser un diagnostic précis, notamment en cancérologie où un examen histologique et une analyse en biologie moléculaire sont indispensables pour la décision thérapeutique. Les innovations thérapeutiques avec le développement de nouvelles molécules peuvent nécessiter la réalisation de prélèvements supplémentaires notamment en cas de progression néoplasique. La rebiopsie est parfois nécessaire pour rechercher des résistances aux traitements (notamment EGFR ou inclusion dans des protocoles de recherche) (7,8).

Pour les lésions proximales, la technique privilégiée est la bronchoscopie souple (ou fibroscopie bronchique) ou l'écho-endoscopie bronchique. Pour les lésions périphériques, la biopsie pulmonaire (ou ponction trans-thoracique) est souvent réalisée. Pour les lésions situées entre ces deux zones, le choix de la technique est discuté en réunion de concertation pluridisciplinaire.

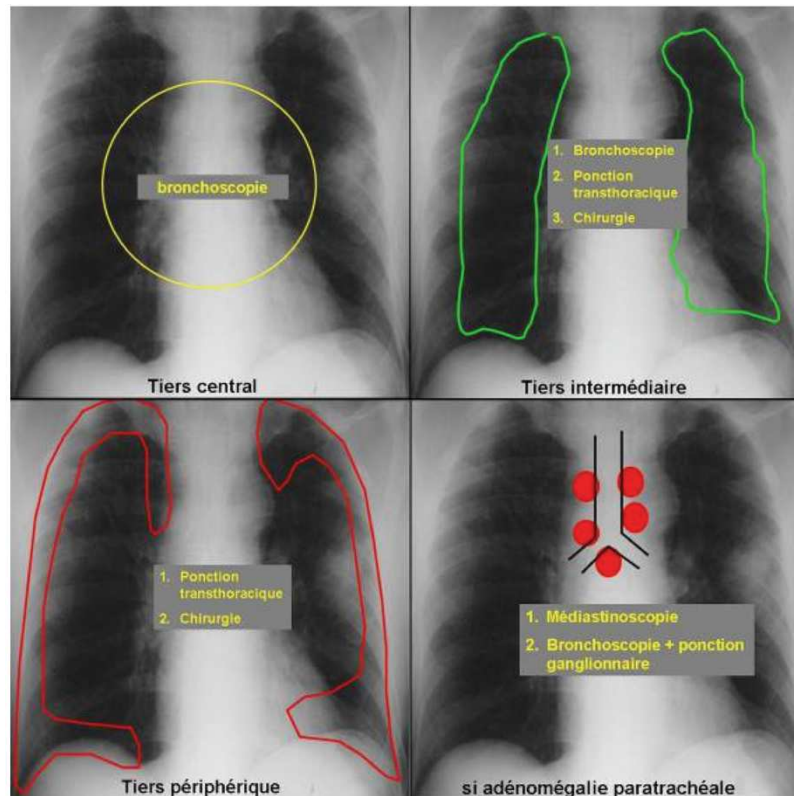


Figure 2 : Explorations diagnostiques
(d'après le 8^{ème} référentiel du Collège des Enseignants de Pneumologie)

III. Biopsie pulmonaire sous scanner

1) La biopsie pulmonaire - Généralités

La première ponction pulmonaire a été réalisée en 1883 (9). Les opérateurs étaient aidés par la fluoroscopie puis par l'échographie (10). La biopsie pulmonaire guidée par scanner a été décrite pour la première fois en 1976 par *Haaga et al* (11).

Avec les innovations en techniques d'imagerie pour améliorer le rendement diagnostique et minimiser les complications, la biopsie sous scanner est devenue une référence pour le diagnostic des lésions pulmonaires. Elle est réalisée dans de nombreux services, souvent en ambulatoire, sans anesthésie générale (10) ce qui la rend facilement accessible.

A. Déroulement du geste

L'indication d'une biopsie pulmonaire sous scanner est posée sur le scanner thoracique initial, réalisé avant le geste. Ce scanner permet d'établir le trajet le plus adapté pour permettre une meilleure rentabilité et limiter le passage dans les zones à risque de complications (emphysème, scissures, vaisseaux...).

Une taille de minimum 1 cm est nécessaire pour réaliser ce geste. Un bilan sanguin avec formule plaquettaire et bilan de coagulation est réalisé au préalable.

Les patients sont installés en décubitus ventral, dorsal ou latéral selon la localisation de la lésion. Une désinfection cutanée est réalisée puis une anesthésie locale de la paroi et du trajet de l'aiguille. Lors du geste, des images tomodensitométriques sont réalisées au fur et à mesure pour guider le trajet de l'aiguille coaxiale, jusqu'au positionnement dans la lésion. Les biopsies sont réalisées puis la gaine coaxiale au contact de la lésion et l'aiguille sont retirées en un même temps. Depuis quelques années, il est discuté l'instillation de sérum physiologique (technique de « water seal ») (12) ou de sang (technique du « blood patch ») lors du retrait de l'aiguille pour obturer le trajet et limiter le risque de pneumothorax. Le système coaxial permet de réaliser plusieurs prélèvements en laissant une aiguille en place pendant le geste et éviter de traverser la paroi et la plèvre à plusieurs reprises. Il est de plus en plus utilisé.

Un scanner thoracique est réalisé en fin de procédure pour s'assurer de l'absence de complication.

A la fin de l'intervention, le patient est surveillé pendant au moins 4 ou 6 h.

B. Rentabilité

Selon les caractéristiques de l'opérateur, du patient et de la lésion, la biopsie sous scanner a une sensibilité de 74 à 97% et une spécificité de 93 à 100% (7,13–20).

Certains critères peuvent aboutir à un rendement diagnostique moins élevé : malignité de la lésion, localisation dans le lobe inférieur, lésion de 2 cm ou moins, pneumothorax pendant la procédure et opérateur moins expérimenté (7,14,16,18).

C. Complications

La principale complication de ce geste est le pneumothorax avec une incidence moyenne de 20-25 % (détaillée ci-dessous).

Les complications hémorragiques, le plus souvent sans gravité sont moins fréquentes avec une incidence rapportée de 0 à 4% pour l'hémoptysie (21–25) et parfois jusqu'à 11% pour l'hémorragie alvéolaire (25).

Quelques complications plus rares sont : l'embolie gazeuse (3,8%) et l'ensemencement du trajet et de la paroi par des cellules néoplasiques (24–26). L'hémothorax a été rapporté dans une étude avec un taux de 1,8% (20). Enfin, le taux de décès est estimé à 0,12-0,16 % avec trois décès retrouvés dans la littérature secondaires à un hémothorax par lésion d'une artère intercostale et choc hémorragique, à une embolie gazeuse et à un arrêt cardio-respiratoire lors de la procédure (20,26). Aucun décès n'a été retrouvé suite à un pneumothorax.

D. Contre-indications

Les contre-indications respiratoires à la biopsie pulmonaire sous scanner sont : la présence d'une hypertension pulmonaire devant le risque majoré d'hémorragie et la présence d'une insuffisance respiratoire sévère avec un VEMS inférieur à 35% décrit dans la littérature (8,27). Il n'y a pas de données concernant la valeur de la DLCO dans les contre-indications à l'examen.

Les contre-indications extra-respiratoires sont : la présence d'un trouble de l'hémostase ou de la coagulation, l'accès impossible à la lésion, l'incapacité du patient à coopérer, à se positionner ou à bloquer sa respiration pendant le geste (notamment chez les patients présentant une toux incoercible ou sous ventilation mécanique) (8,10,27).

2) Le Pneumothorax post biopsie pulmonaire sous scanner

A. Incidence

Le taux de pneumothorax dans la littérature varie jusqu'à 75% (28) en fonction des études avec un taux moyen de 20-25 % (10,15,19–25,29–39). Le taux de drainage fluctue de 2 à 20% (8,20,31,32,34–39), rarement à 50% (28).

B. Définition, diagnostic et traitement

Un pneumothorax est défini par la présence d'air dans la cavité pleurale, entre la plèvre viscérale (autour du poumon) et la plèvre pariétale (accolée à la paroi thoracique).

Le diagnostic de pneumothorax est suspecté cliniquement en cas de douleur thoracique, de dyspnée ou d'oxygénorequérance. A l'auscultation pulmonaire, il est retrouvé une diminution ou abolition du murmure vésiculaire et un tympanisme. Le diagnostic clinique est confirmé par une radiographie thoracique, un scanner ou parfois une échographie.

Il peut également être asymptomatique et découvert de manière fortuite sur le scanner ou la radiographie thoracique de contrôle. Il peut survenir à différents moments de la procédure : immédiatement (per-opératoire), précocement (lors du contrôle scanographique post geste, après retrait de l'aiguille) ou de façon retardée (à distance du geste).

La prise en charge du pneumothorax est orientée par son abondance et le retentissement clinique. Pour les pneumothorax mal tolérés, oxygénorequérants ou abondants (complets), une prise charge par un drainage pleural par le radiologue ou le pneumologue (parfois exsufflation) est recommandée.

Les pneumothorax incomplets et asymptomatiques nécessitent une surveillance ambulatoire ou hospitalière selon les antécédents du patient.

C. Facteurs de risque de pneumothorax après une biopsie pulmonaire sous scanner

De nombreux facteurs de risques de pneumothorax et de drainage pleural après une biopsie pulmonaire sous scanner sont retrouvés dans la littérature. Les facteurs de risques peuvent être liés à l'intervention, à la lésion et au patient.

- **Concernant les facteurs de risques liés à l'intervention**, il peut s'agir du type d'aiguille (coaxiale versus non coaxiale), de la taille de l'aiguille (en moyenne 18 Gauge (G)), du trajet (distance de parenchyme traversé, nombre de repositionnements, nombre d'insertions de l'aiguille), du passage d'une scissure et de l'angle de ponction (8,18,20,22,29–31,34–36).
- **Concernant les facteurs de risques liés à la lésion**, il s'agit de la taille, de la localisation, de la distance plèvre-lésion, de l'accolement à la plèvre, de la distance peau-plèvre et de la proximité de la lésion avec les scissures (18,20,22,31,34–36,40).
- **Concernant les facteurs liés au patient**, il s'agit de la fonction respiratoire, de la présence d'emphysème, de la position (décubitus ventral, dorsal ou latéral), de l'âge, du sexe et de l'exposition tabagique (18,20,21,31–36,40–43).

Nous nous intéresserons principalement à l'étude de la fonction respiratoire comme facteur de risque de pneumothorax.

IV. Exploration de la fonction respiratoire

1) Généralités

Les Epreuves Fonctionnelles Respiratoires (EFR) regroupent un ensemble d'examens permettant d'analyser la fonction respiratoire des patients.

On y trouve :

- **l'étude des débits et volumes respiratoires** avec la réalisation d'une spirométrie et d'une pléthysmographie,
- **l'étude des échanges gazeux au repos** avec la mesure de la diffusion du monoxyde de carbone (DLCO),
- **l'étude des échanges gazeux à l'effort** (test de marche de 6 minutes et l'épreuve fonctionnelle à l'exercice) (44).

Nous introduirons brièvement l'étude des débits et volumes puis détaillerons l'analyse de la mesure de la DLCO.

Utilisés depuis plusieurs années, ces examens permettent d'explorer la fonction respiratoire des patients, de poser des diagnostics et sont une aide importante pour la prise en charge. Il s'agit d'examens faciles, rapides à réaliser et non invasifs.

La spirométrie permet d'évaluer les volumes pulmonaires mobilisables (fig 1) avec le volume expiratoire maximum au cours de la 1^{ère} seconde lors d'une expiration forcée (VEMS), la capacité vitale forcée (CVF), rapport de Tiffeneau (VEMS/CVF). Les spiromètres électroniques dits « débiométriques » fournissent une courbe débit-volume (figure 4).

La pléthysmographie donne une évaluation des volumes pulmonaires non mobilisables avec le volume résiduel (VR) et permet de déterminer la Capacité Pulmonaire Totale (CPT) qui correspond à la somme du VR et de la CV.

L'interprétation de ces examens dépend de plusieurs facteurs et notamment du rapport entre la valeur absolue et la valeur prédite (dite également valeur théorique ou de référence ; établie selon le sexe, l'âge, la taille) (44,45).

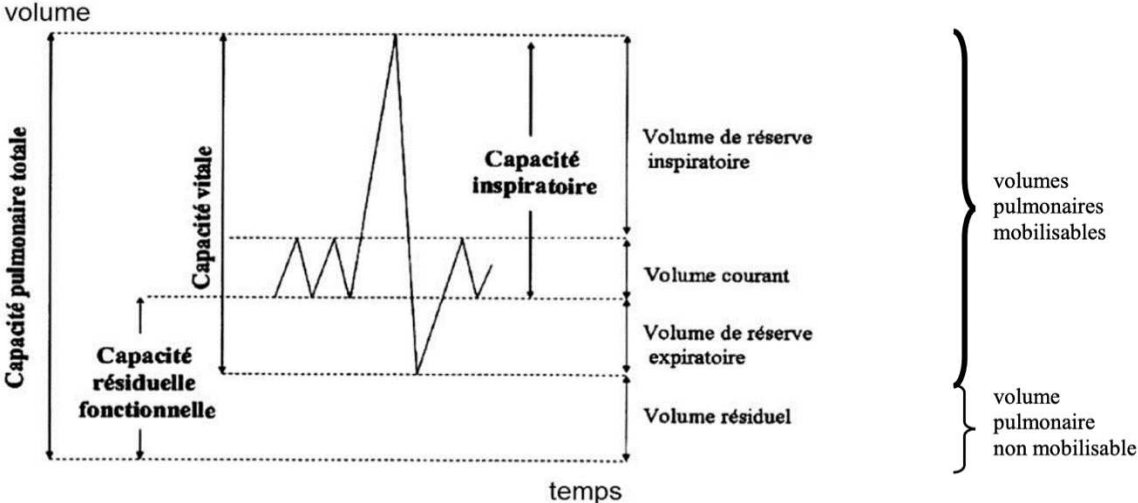


Figure 3 : Volumes et capacités pulmonaires

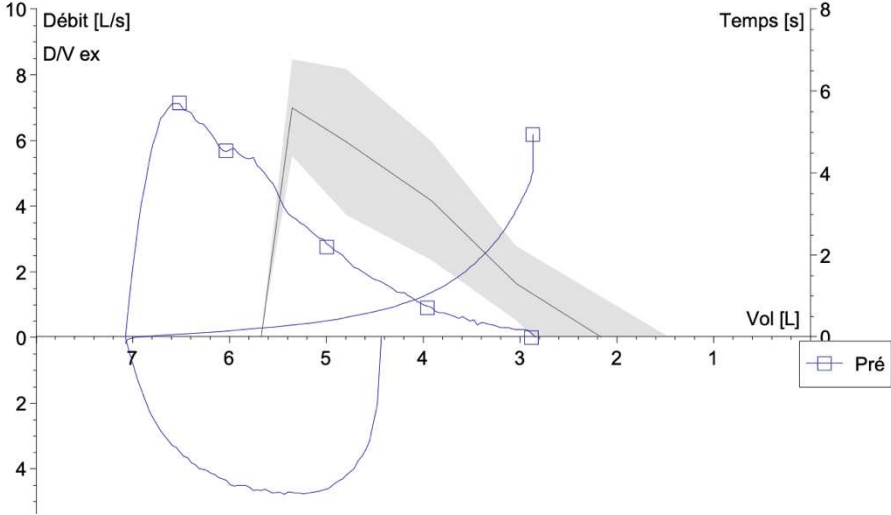


Figure 4 : Courbe débit-volume réalisée au CHU de Nantes

2) La mesure de la diffusion du monoxyde de carbone (DLCO)

La mesure de la DLCO (*diffusion capacity of the lung for carbon monoxide*) a été introduite en 1915 par Marie Krogh (46) et reflète le transfert des gaz à travers la membrane alvéolo-capillaire. Une technique standardisée a été élaborée en 1957 par Ogilvie *et al.* puis mise à jour en 2005 (47,48).

Le monoxyde de carbone (CO) est le gaz de référence utilisé pour l'analyse de la diffusion (appelé DL) ou du transfert (TL). Il diffuse très rapidement à travers la fine membrane entre l'alvéole et le capillaire (du gaz alvéolaire vers le globule) (44,45,49,50).

DIFFUSION

	Théo.	Pré-BD	Pré/Théo	-3	-2	-1	Z-Score	1	2	3
DLCO_SB [mmol/(min*kPa)]	9.06	4.37	48	■	■	■	■	■	■	■
KCO_SB [mmol/(min*kPa*L)]	1.56	0.78	50	■	■	■	■	■	■	■
DLCOcSB [mmol/(min*kPa)]	9.06	4.37	48	■	■	■	■	■	■	■
KCOc [mmol/(min*kPa*L)]	1.56	0.78	50	■	■	■	■	■	■	■
Hb [g(Hb)/dL]		13.40		■	■	■	■	■	■	■
VA_SB [L]	5.68	5.56	98	■	■	■	■	■	■	■
VIN_SB [L]	3.65	4.06	111	■	■	■	■	●	■	■
TA [sec]		11.5		■	■	■	■	■	■	■

Figure 5 : Compte-rendu d'une mesure de la diffusion du CO au CHU de Nantes

A. Quelques pistes de physiologie respiratoire : la membrane alvéolo-capillaire

L'interface alvéolo-capillaire est un lieu d'échange gazeux composée d'environ 500 millions d'alvéoles recouverts de capillaires sanguins. L'oxygène (O₂) et le dioxyde de carbone (CO₂) s'y déplacent par simple diffusion passive. D'après la loi de Fick, ce transfert est proportionnel à la surface et inversement proportionnel à l'épaisseur de cette membrane (49).

Lors d'une inspiration, la quantité d'air inhalé est de 500 millilitres environ. 150 millilitres restent dans l'espace mort anatomique (voies aériennes de conduction). Le reste poursuit jusqu'à la région alvéolaire, où siègent plusieurs millions d'alvéoles, dite zone respiratoire correspondant à la zone d'échange gazeux, dont le volume est d'environ 2,5-3 litres. La vitesse de diffusion des gaz est rapide car la membrane entre alvéoles et capillaires est fine (0,2 à 0,3 µm) et d'une surface importante de 50 à

100m². Le CO₂ étant plus soluble, il passe du gaz alvéolaire au globule environ vingt fois plus rapidement que l'O₂ (49).

Le transfert du CO jusqu'aux capillaires pulmonaires se déroule par les mêmes étapes. Après l'arrivée du CO dans la région alvéolaire, il est mélangé et diffusé dans les canaux et sacs alvéolaires puis transféré par l'interface gaz-liquide dans le parenchyme pulmonaire et les capillaires alvéolaires sanguins et enfin, transféré dans les globules rouges (50).

B. Mesure de la DLCO en pratique

La DLCO dépend de la surface disponible pour le transfert (représenté par le volume alvéolaire) et de l'état fonctionnel de cette surface (représentant l'efficacité de la diffusion).

Le volume alvéolaire (VA) correspond au nombre d'unités alvéolaires où la diffusion du CO est mesurée. Le coefficient de transfert du CO (KCO) représente la capacité de diffusion par unité de volume pulmonaire et correspond à la mesure de la diffusion du CO dans le volume alvéolaire disponible (soit DLCO/VA) (44,45).

La mesure dite « méthode en inspiration unique » se réalise après une inhalation d'une quantité de CO connue et une apnée de 10 secondes puis une expiration. Les concentrations de CO sont mesurées avec un analyseur à infrarouge. La quantité de CO diffusée est calculée à partir de la quantité totale connue de CO à laquelle on déduit la quantité expirée. Le volume pulmonaire est mesuré par l'ajout de l'hélium dans le gaz utilisé pour l'examen (44,45,49).

C. Etiologies entrainant une réduction de la DLCO

Le transfert du CO varie donc selon : (45,47,49,50)

- la diffusion membranaire principalement, qui dépend du volume et de la composition du gaz alvéolaire, de l'épaisseur, de la surface et des caractéristiques de l'interface, ainsi que de la longueur du trajet de diffusion,
- la diffusion érythrocytaire (variations de l'hémoglobine et du volume sanguin capillaire). La valeur interprétable est la mesure de DLCO corrigée avec une valeur d'hémoglobine récente du patient.

Les principales étiologies responsables d'une baisse de la DLCO sont (44,45,49):

- **les pneumopathies interstitielles diffuses** par un épaissement de la membrane alvéolo-interstitielle mais également une diminution de la surface alvéolo-capillaire (dans la fibrose pulmonaire idiopathique par exemple),
- **les maladies vasculaires pulmonaires** par amputation du lit vasculaire avec l'hypertension pulmonaire, l'embolie pulmonaire, la vascularite pulmonaire ou les maladies cardiaques (œdème pulmonaire..),
- **l'emphysème pulmonaire** avec une destruction alvéolaire et donc une perte de surface de la membrane alvéolaire associée à une destruction du lit vasculaire. Il correspond à une destruction du parenchyme pulmonaire le plus souvent secondaire à une exposition tabagique, souvent associé à la BPCO (bronchopneumopathie chronique obstructive), plus rarement secondaire à un déficit en alpha-1-anti-trypsine.

L'emphysème est visible sur les examens d'imageries et notamment sur le scanner thoracique avec une hypodensité du parenchyme pulmonaire.

➤ **En détails : Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive (BPCO)**

Dans la BPCO, la diminution du débit aérien dans les voies respiratoires est corrélée à la diminution du VEMS et du rapport de Tiffeneau (VEMS/CVF).

La diminution de la DLCO et du KCO dans la BPCO peut être expliquée par (51,52) :

- l'hyperinflation avec un piégeage gazeux secondaire à une diminution du calibre des voies aériennes périphériques qui diminue l'excrétion d'air expiré,
- l'hypertension pulmonaire secondaire à l'insuffisance respiratoire chronique avec perte de la vascularisation expliqué par l'hyperinflation et la vasoconstriction hypoxique des petites artères pulmonaires,
- l'emphysème pulmonaire (décrit ci-dessus).

La baisse de la DLCO dans la BPCO est corrélée au degré d'emphysème et à la sévérité de l'hypertension pulmonaire (51).

D. Etiologies entraînant une augmentation ou normalisation du KCO

La baisse de DLCO due à une réduction du volume alvéolaire donne une valeur de KCO normale.

Une augmentation du KCO peut être retrouvée lors de :

- l'augmentation de la perfusion par le tissu sain restant, lors de perte limitée du VA (pneumectomie par exemple) ou une affection de la paroi thoracique ou pleurale,
- l'augmentation de la perfusion lors des mécanismes d'hyperdébit (anémie), shunt gauche/droite,
- l'hémorragie intra-alvéolaire avec une fixation du CO sur l'hémoglobine présente dans les espaces alvéolaires.

V. La fonction respiratoire comme facteur de risque de pneumothorax après biopsie pulmonaire sous scanner

Certains auteurs ont montré la relation entre l'altération de la DLCO et l'emphysème (51,52).

La présence d'emphysème sur le scanner est un facteur de risque de pneumothorax post-biopsie avec un risque majoré lors de la présence d'une bulle d'emphysème sur le trajet de l'aiguille (29,30). La sévérité de l'emphysème favorise les pneumothorax post-biopsie et augmente également le risque de drainage (31,40,43).

La présence d'un trouble ventilatoire obstructif (TVO) peut accroître le risque de pneumothorax après biopsie (33,40). Ce risque peut être augmenté par la sévérité du trouble ventilatoire (VEMS < 70%) (33). Ces données restent cependant discordantes selon les études (41).

L'analyse de la DLCO chez les patients présentant un pneumothorax après biopsie pulmonaire a été peu documentée. Les résultats retrouvés n'étaient pas significatifs en multivariée (41) ou analysés avec des valeurs absolues sans interprétation selon la valeur théorique du patient (53). Comme décrit précédemment, elle est altérée chez les patients emphysémateux et peut être un marqueur précoce de détection de l'emphysème pulmonaire notamment chez les patients fumeurs sans TVO (52).

Lors de l'exploration d'un nodule ou d'une masse pulmonaire, une altération de la fonction respiratoire avec la baisse de la DLCO peut dissuader l'opérateur de réaliser une biopsie sous scanner devant le risque de pneumothorax et de mauvaise tolérance. Aucune étude n'a montré de données significatives concernant l'altération de la DLCO rapportée à la valeur prédite et le risque de pneumothorax après biopsie sous scanner.

VI. Objectifs de l'étude

Le but de notre étude est de déterminer si la baisse de la DLCO influence le risque de pneumothorax et de drainage pleural chez les patients ayant reçu une biopsie pulmonaire sous scanner.

Nous avons également recherché une association entre la baisse de la DLCO et :

- l'abondance du pneumothorax,
- la sévérité de l'emphysème,
- le délai d'apparition du pneumothorax.

MATERIEL ET METHODES

1) Patients

Il s'agit d'une étude observationnelle, rétrospective et monocentrique qui concerne les patients ayant reçu une biopsie pulmonaire sous scanner à l'hôpital Laennec du CHU de Nantes, du mois d'octobre 2018 à janvier 2022. La liste des patients a été obtenue à partir de la base de données du CHU de Nantes. Les données cliniques ont été collectées à partir du dossier médical du patient.

Le critère d'exclusion était l'absence d'exploration fonctionnelle respiratoire (EFR) avec mesure de la DLCO dans les 12 mois précédant ou suivant le geste.

Les patients ont été analysés selon la présence ou l'absence d'un pneumothorax puis selon la présence ou l'absence d'un drain pleural.

2) Recueil des Epreuves Fonctionnelles Respiratoires (EFR)

Parmi tous les patients inclus, nous avons recueilli les épreuves fonctionnelles respiratoires avec évaluation de la DLCO réalisées au plus près du geste, de préférence dans les 12 mois avant la biopsie, sinon 12 mois après. Les patients n'ayant pas réalisé d'EFR avec DLCO ou ayant réalisé l'examen en dehors des 12 mois étaient exclus.

Les EFR étaient réalisées au CHU de Nantes ou en cabinet libéral. La DLCO était recueillie en pourcentage de la valeur théorique, corrigée à l'hémoglobine (quand cette valeur était disponible).

Nous avons également recueilli les mesures des volumes réalisées en spirométrie et pléthysmographie ; en valeurs absolues et pourcentage de la valeur théorique.

Ces données ont été recueillies dans le dossier médical du patient à partir des comptes-rendus d'explorations fonctionnelles respiratoires ou de consultations.

3) Réalisation de la biopsie pulmonaire sous scanner

La réalisation de l'intervention est détaillée dans la partie « Introduction ».

Un scanner thoracique est réalisé avant la procédure pour tous les patients. Au cours de l'étude, la biopsie est effectuée par l'un des huit radiologues ayant jusqu'à quinze ans d'expérience dans les biopsies trans-thoraciques. Chaque patient a signé un consentement écrit avant la réalisation du geste et réalisé un bilan biologique avec bilan de coagulation. Un scanner à faible dose est utilisé pour le repérage lors de l'examen (scanner multidétecteur à 64 coupes (Optima CT660, General Electric Healthcare, United States)).

Des images tomodensitométriques sont réalisées régulièrement pendant la procédure pour guider le trajet de l'aiguille jusqu'à la lésion et permettent à l'opérateur de se repositionner si nécessaire. Les patients sont placés en décubitus ventral, dorsal ou latéral selon la localisation de la lésion et le choix de l'opérateur. Une désinfection cutanée est réalisée. L'anesthésie locale est réalisée avec de la lidocaïne 1%.

Une technique coaxiale est utilisée, sous contrôle tomodensitométrique avec une aiguille coaxiale de 18 Gauge (G) couplée à un système coaxial de 17G, ou une aiguille de 19G couplée à un système de 18G (Temno, Merit Medical Systems, South Jordan, Utah, United States).

Les biopsies sont réalisées puis la gaine coaxiale au contact de la lésion est retirée en un mouvement, avec ou sans instillation de sérum physiologique (selon la technique « water seal », à partir de juin 2020, 3 à 5 mL de NaCl 0,9% sont injectés progressivement à travers l'aiguille coaxiale lors du retrait de celle-ci). A la fin de la procédure, un scanner thoracique de contrôle permet de vérifier l'absence de complication. Les prélèvements sont envoyés aux différents laboratoires.

Après la procédure, le patient est surveillé par une équipe médicale et paramédicale pendant 6 heures. Avant la sortie, une radiographie thoracique de contrôle peut être réalisée selon les consignes de l'opérateur ou du pneumologue, selon le déroulé de l'intervention et la surveillance clinique. Elle est effectuée dans les cas suivants : apparition de symptômes faisant suspecter une complication, à la suite

d'un geste difficile, chez un patient ayant des facteurs de risque de mauvaise tolérance (selon le terrain respiratoire notamment) ou s'il présente un pneumothorax en per ou post procédure de moyenne abondance.

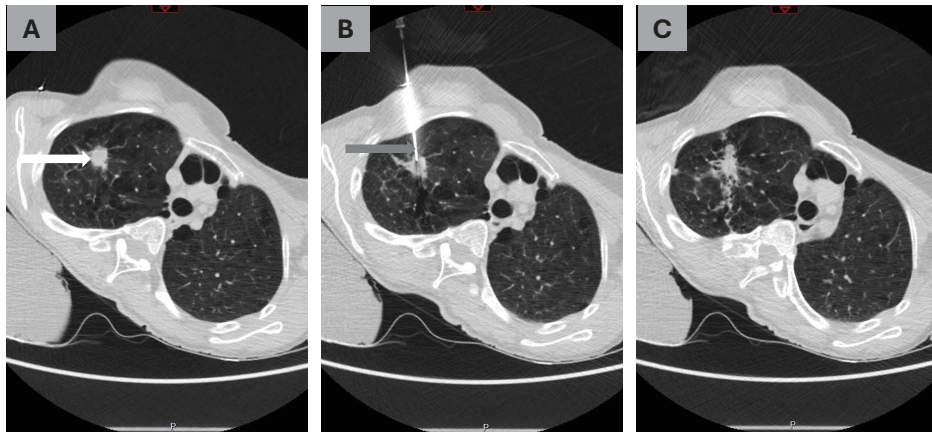


Figure 6 : Biopsie sous scanner d'une masse pulmonaire droite (coupes tomodensitométriques)

- (A) Repérage avant biopsie d'une masse pulmonaire droite (flèche blanche)
- (B) Repérage après introduction de l'aiguille coaxiale (flèche grise), en cours de biopsie
- (C) Contrôle scanographique après biopsie : visualisation de la présence d'hémorragie intra-alvéolaire mais absence de pneumothorax

4) Pneumothorax et drainage

La définition et la prise en charge du pneumothorax sont détaillées dans la partie « Introduction ».

Le pneumothorax secondaire à la biopsie pulmonaire (post-biopsie) peut être immédiat (per-procédure avant retrait de l'aiguille), précoce (per-procédure après retrait de l'aiguille) ou retardé (post-procédure, lors de la surveillance après le geste).

Le pneumothorax per-procédure est visualisé sur les coupes tomodensitométriques lors du geste. Il peut survenir avant ou après le retrait de l'aiguille coaxiale.

Les pneumothorax post-procédure sont absents du scanner de contrôle mais visualisés sur une radiographie thoracique demandée de manière systématique ou dans certaines situations (décrites ci-dessus).

Le grade de sévérité du pneumothorax post biopsie représente l'abondance du décollement. Il est établi d'après le scanner en fin de procédure ou sur la radiographie thoracique de contrôle. Le grade déterminé correspond à la distance entre la plèvre viscérale et la plèvre pariétale et est classé en léger (distance < 2 cm), modéré (distance 2-4 cm), sévère (distance > 4cm). Chez les patients présentant un pneumothorax visible sur le scanner et la radiographie thoracique, le grade le plus sévère est choisi.

Les lectures d'imagerie sont réalisées par des radiologues formés en imagerie thoracique.

Selon leur degré de sévérité clinique et scanographique, les patients présentant un pneumothorax peuvent bénéficier d'une surveillance simple ou d'un geste interventionnel.

Les gestes interventionnels peuvent être : une exsufflation simple, un drainage percutané par le radiologue ou le pneumologue, ou une exsufflation puis un drainage percutané. Ils sont réalisés immédiatement après la biopsie par le radiologue ou à distance par le pneumologue chargé du suivi.

Un drain pleural est mis en place chez les patients présentant un pneumothorax complet ou symptomatique et/ou se majorant rapidement au cours du suivi sur la journée.

La présence d'un drain pleural et la durée de drainage sont déterminées par l'analyse du dossier médical et les radiographies thoraciques de contrôle après le geste.

La tolérance du pneumothorax et la durée d'hospitalisation sont déterminées à partir du dossier médical. La prise en charge peut être ambulatoire (uniquement pour les pneumothorax non drainés) ou hospitalière. Une mauvaise tolérance du pneumothorax est définie par une admission en unité de soins intensifs de pneumologie ou réanimation ou décès secondaire au pneumothorax.

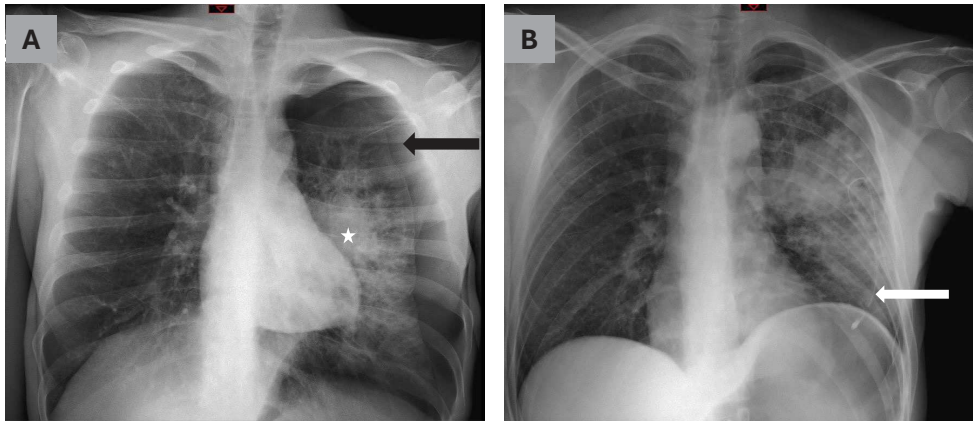


Figure 7 : Pneumothorax complet post biopsie, après retrait de l'aiguille (radiographie thoracique)

- (A) Pneumothorax gauche complet (flèche noire) visualisé sur une radiographie thoracique après biopsie d'une masse pulmonaire (étoile)**
- (B) Recollement pleural après insertion d'un drain pleural (flèche blanche)**

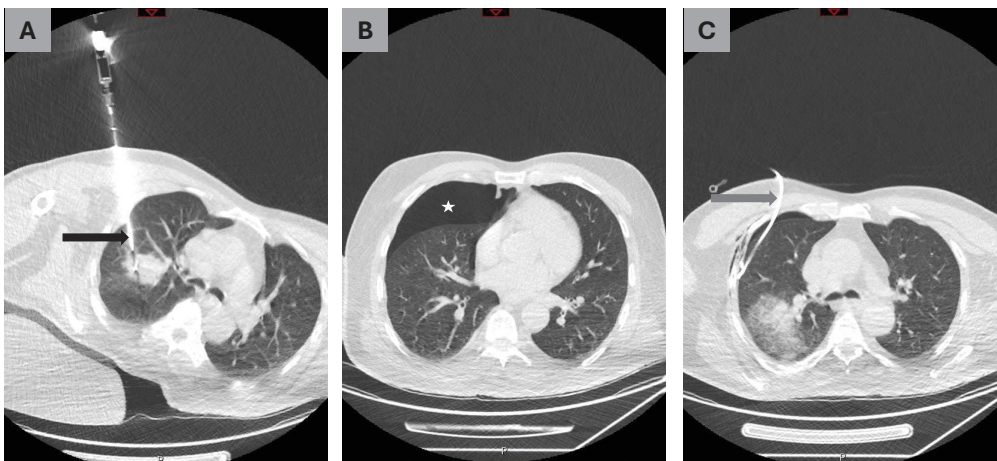


Figure 8 : Pneumothorax complet post biopsie, après retrait de l'aiguille (coupes tomodensitométriques)

- (A) Insertion de l'aiguille coaxiale (flèche noire) pour la biopsie d'une masse pulmonaire droite**
- (B) Pneumothorax droit (étoile) visualisé après retrait de l'aiguille**
- (C) Régression du pneumothorax droit après insertion d'un drain pleural**

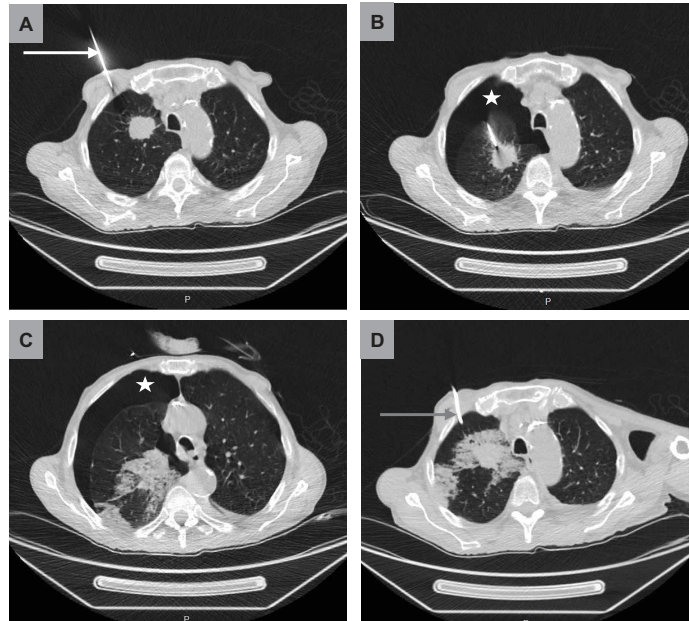


Figure 9 : Pneumothorax immédiat, avant retrait de l'aiguille coaxiale, lors d'une biopsie sous scanner d'une masse pulmonaire droite (coupes tomodensitométriques)

- (A) Insertion de l'aiguille coaxiale (flèche blanche) lors de la biopsie d'une masse pulmonaire droite**
- (B) Apparition d'un pneumothorax droit complet (étoile) en cours de biopsie**
- (C) Persistance du pneumothorax complet droit (étoile) après retrait de l'aiguille**
- (D) Introduction d'un drain pleural (flèche grise) permettant une régression du pneumothorax**

5) Analyse des images et des données

Les images scanographiques et radiographiques sont analysées, par deux radiologues, sur une plateforme numérique.

Les données recueillies incluent les caractéristiques des patients, de la lésion, de l'intervention et des complications.

Les caractéristiques du patient analysées sont l'âge, le sexe, l'antécédent de tabagisme, la présence d'emphysème et de pneumopathie interstitielle diffuse. Les données fonctionnelles respiratoires analysées sont la DLCO en pourcentage de la valeur théorique corrigée à l'hémoglobine quand cette valeur était disponible, le KCO. Nous avons également évalué le VEMS, la CVF, le rapport de Tiffeneau, le VR et la CPT (en valeur absolue et en pourcentage de la valeur théorique).

Les caractéristiques de la lésion analysées sont la localisation de la lésion, l'aspect scanographique, la présence d'une excavation, la taille de la lésion déterminée par le diamètre maximal, la distance plèvre-lésion et le contact pleural. Les lésions sont décrites comme périphériques quand la distance à la plèvre est inférieure ou égale à 2 cm et centrales pour celles dont la distance à la plèvre est de plus de 2 cm. La localisation de la lésion est répartie en deux groupes : « supérieure » pour les lésions situées dans les lobes supérieurs et lobe moyen et « inférieure » pour les lésions situées dans les lobes inférieurs droit et gauche.

Les caractéristiques liées à l'intervention sont la position du patient, le site de ponction de l'aiguille, la présence de parenchyme pulmonaire et la présence d'emphysème le long du trajet de l'aiguille, la distance lésion-plèvre sur le trajet de l'aiguille (qui reflète la distance de parenchyme traversé), l'angle de ponction entre l'aiguille et la plèvre, le nombre de passage trans-pleural et le nombre de passage à travers les scissures, la taille du système coaxial et l'utilisation d'instillation de NaCl selon la technique de « water seal ». Nous avons également recueilli l'expérience de l'opérateur qui est définie comme étant un opérateur senior s'il avait plus de deux ans d'expérience et un opérateur junior s'il avait deux ans d'expérience ou moins.

Les caractéristiques relatives aux complications recueillies sont la présence d'un pneumothorax, le grade de sévérité (reflétant l'abondance), la tolérance du pneumothorax, la mise en place d'un drain pleural ou réalisation d'une exsufflation, l'orientation du patient après découverte d'un pneumothorax et la durée de drainage.

6) Analyse statistique

Madame Soline Bobet – Clinique des données – CHU de Nantes est responsable des analyses statistiques réalisées à partir du logiciel R version 4.1.1. Les variables qualitatives sont exprimées par des « effectifs » et « pourcentages ». Les variables quantitatives sont présentées en « moyenne » et « écart-type » pour les variables à distribution normale et en « médiane » et « intervalle interquartile » pour les variables à distribution non-normale.

Les variables qualitatives sont comparées avec un test statistique du Chi² de Pearson ou un test exact de Fisher (pour les effectifs inférieurs à 5). La comparaison des variables quantitatives de distribution non gaussienne est réalisée avec un test non paramétrique de Mann-Whitney ; la comparaison des moyennes par le test de Student.

Les analyses univariées ont été effectuées par le biais de régression logistique simple. Nous avons effectué des analyses multivariées par le biais de régressions logistiques en utilisant les tests de Wald et de rapport de vraisemblance (LR). Le test de Wald est utilisé pour comparer deux modalités de la variable sur leur association avec le pneumothorax et le drainage. Le test de LR (Likelihood Ratio) est utilisé pour regarder l'association globale de la variable avec le pneumothorax ou le drainage.

Un odds ratio supérieur à 1 est considéré comme un risque de pneumothorax ou de drainage. Un résultat inférieur à 1 est considéré comme protecteur. Une valeur de p inférieure à 0,05 est considérée comme un résultat significatif.

RESULTATS

1) Population de l'étude

A. Diagramme de flux de l'étude

Entre octobre 2018 et janvier 2022, 396 biopsies pulmonaires guidées par scanner ont été réalisées à l'hôpital Laennec au CHU de Nantes. La valeur de DLCO était disponible et réalisée dans les douze mois précédant ou suivant la biopsie pour 205 patients.

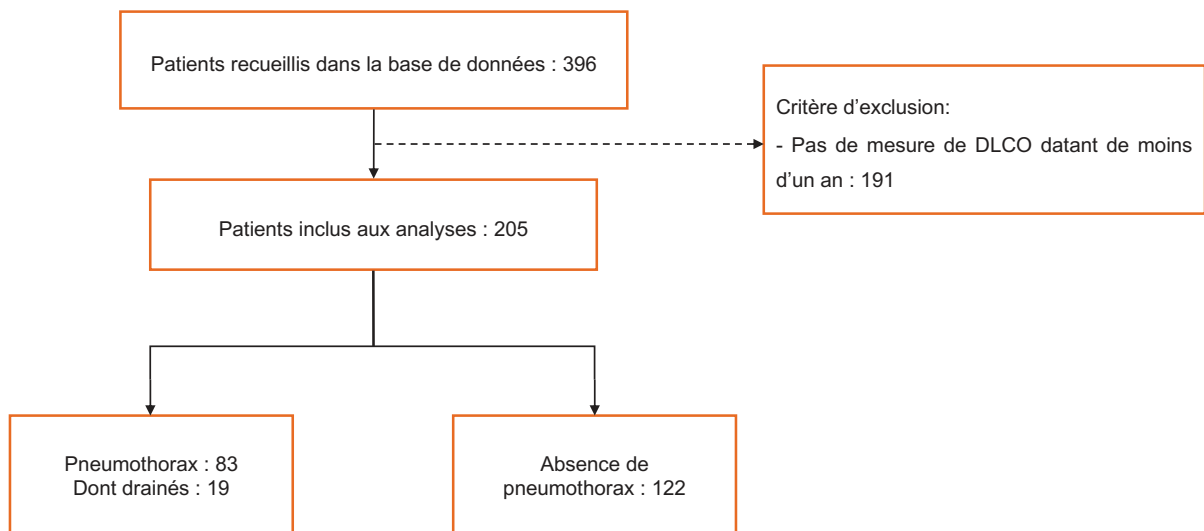


Figure 10 : Diagramme de flux de l'étude

B. Caractéristiques de la population

Cette étude a inclus 145 hommes (70,7%) et 60 femmes (29,3%). L'âge médian de la population est de 67 ans (de 16 à 88 ans) ; 181 patients (88,3 %) ont des antécédents de tabagisme.

Les principales caractéristiques de la population générale sont décrites dans le tableau 1. *Certaines données sont détaillées en annexe 1.*

Tableau 1 : Caractéristiques de la population

Variables	Population totale
n (%)	205
Caractéristiques liées au patient	
Sexe masculin	145 (70,7)
Age, médiane [IQR]	67,00 [60,00 ; 74,00]
Antécédents de tabagisme	181 (88,3)
Nombre de paquets-années (PA), médiane [IQR]	35,00 [20,00 ; 50,00]
<i>Données manquantes</i>	11,7%
Pneumopathie interstitielle	14 (6,8)
Emphysème	137 (66,8)
Grade emphysème	
Minime	56 (41,2)
Modéré	46 (33,8)
Sévère	34 (25,0)
<i>Données manquantes</i>	1 patient
VEMS (L), médiane [IQR]	2,29 [1,91 ; 2,82]
<i>Données manquantes</i>	7,8%
VEMS (%), moyenne (écart-type)	86 (22)
<i>Données manquantes</i>	3,9%
Tiffeneau < 70%	78 (41,5)
<i>Données manquantes</i>	8,3%
DLCO (% de la théorique), moyenne (écart-type)	64 (18)
≥ 60%	121 (59,0)
45-60%	57 (27,8)
< 45%	27 (13,2)
KCO (%), moyenne (écart-type)	77 (21)
<i>Données manquantes</i>	23,4%
Caractéristiques liées à la lésion	
Distance plèvre-lésion (mm), médiane [IQR]	0,00 [0,00 ; 12,00]
Taille lésion (mm), médiane [IQR]	29,00 [20,00 ; 43,00]
Taille lésion > 2cm	146 (71,2)
Localisation lésion	
Inférieure	74 (36,1)
Excavation lésion	29 (14,1)
Profondeur lésion	
Adhérente	108 (52,7)
Centrale	22 (10,7)
Périphérique	75 (36,6)
Envahissement pariétal de la lésion	5 (2,4)

Tableau 1 (suite) : Caractéristiques de la population

Type lésion		
	Bénin	21 (10,2)
	Indéterminé	12 (5,9)
	Malin	172 (83,9)
Caractéristiques liées à l'intervention		
Taille aiguille coaxiale		
	17G/18G	202 (98,5)
Distance trajet aiguille plèvre-lésion, médiane [IQR]		16,00 [7,00 ; 30,00]
Poumon aéré sur trajet aiguille		182 (88,8)
Emphysème sur trajet aiguille		54 (26,3)
Nombre passage trans-pleural		1,00 [1,00 ; 1,00]
Point de ponction aiguille		
	Antérieur	51 (24,9)
	Latéral	67 (32,7)
	Postérieur	87 (42,4)
Position patient		
	DD	78 (38,0)
	DV	99 (48,3)
	DL	28 (13,7)
Contact pleural		108 (52,7)
Longueur contact pleural, médiane [IQR]		20,00 [11,75 ; 37,00]
Utilisation « water seal »		60 (35,7)
	<i>Données manquantes</i>	18,0%
Radiologue expérimenté		135 (65,9)
<p>Les résultats sont exprimés par les effectifs (%) pour les variables qualitatives, par la moyenne (écart-type) pour les variables à distribution normale et par la médiane [intervalle interquartile : Q1-Q3] pour les variables à distribution non-normale. *Tests statistiques du Chi² de Pearson ou Test de Fisher exact si petits effectifs < 5 (variables qualitatives) et tests statistiques de Mann-Whitney (variables quantitatives de distribution non gaussienne)</p>		

C. Incidence pneumothorax, drainage et tolérance

Un pneumothorax est survenu pour 83 des 205 biopsies soit 40,5%. Dix-neuf patients ont été pris en charge par drainage pleural, soit 23% des pneumothorax. Au total, 9,3% des biopsies (19/205) se sont compliquées d'un pneumothorax drainé (figure 10).

La durée de drainage moyenne est de $2,53 \pm 1,38$ jours. Aucun patient n'a présenté de pneumothorax avec mauvaise tolérance.

Les patients ont ensuite été analysés selon la présence ou l'absence de pneumothorax et la présence ou l'absence d'un drainage. *L'analyse de la DLCO est décrite tableau 2 et 5. Les autres caractéristiques sont détaillées dans le tableau 3.*

2) Pneumothorax

Dans un premier temps, nous avons comparé la population selon la présence ou l'absence d'un pneumothorax.

A. Etude descriptive de la baisse de DLCO selon la présence ou l'absence d'un pneumothorax et analyse univariée

Tableau 2 : Description des valeurs de DLCO selon la présence ou l'absence de pneumothorax et analyse univariée

Variables	Population totale	Absence de pneumothorax	Pneumothorax	p	OR (IC 95%)	p (univariée)
n	205	122	83			
DLCO (% de la théorique), moyenne (écart-type)	64 (18)	67 (16)	60 (20)	0,018		
DLCO catégorie, n (%)				0,011		
≥ 60%	121 (59,0)	81 (66,4)	40 (48,2)	1		
45-60%	57 (27,8)	31 (25,4)	26 (31,3)	1,7 (0,89-3,23)		0,107
< 45%	27 (13,2)	10 (8,2)	17 (20,5)	3,44 (1,44-8,2)		0,005
KCO^a (%), moyenne (écart-type)	77 (21)	82 (18)	71 (22)	0,001		
Les résultats sont exprimés par les effectifs (%) pour les variables qualitatives, par la moyenne (écart-type) pour les variables à distribution normale et par la médiane [intervalle interquartile : Q1-Q3] pour les variables à distribution non-normale						
*Tests statistiques du Chi ² de Pearson ou Test de Fisher exact si petits effectifs < 5 (variables qualitatives) et tests statistiques de Mann-Whitney (variables quantitatives de distribution non gaussienne)						
^a : données manquantes détaillées dans le tableau 1.						

Il existe une différence significative de la valeur de DLCO entre les deux groupes avec des valeurs plus basses dans le groupe « pneumothorax ». La DLCO

médiane dans ce groupe est à 60 % \pm 20 contre 67% \pm 16 dans le groupe « absence de pneumothorax » ($p=0,018$).

Les patients ont été analysés selon leur valeur de DLCO : supérieure ou égale à 60%, inférieure à 45% et entre 45 et 60%.

Plus de la moitié (51,8%) des patients du groupe « pneumothorax » ont une DLCO inférieure à 60% (versus 33,6% dans le groupe « absence de pneumothorax ») ($p=0,011$) (tableau 2).

Dans le groupe « DLCO < 45% » (représentant 13,2% de notre population), le taux de pneumothorax est de 63% (17/27). Le taux dans le groupe « DLCO 45-60% » (27,8% de notre population) est de 45,6% (26/57) et de 33,1% dans le groupe « DLCO \geq 60% » (40/121) (tableau 2 et annexe 4)

En régression logistique univariée, nous observons une association significative entre la baisse de la DLCO inférieure à 45% (OR 3,44 (IC95% 1,44-8,2)) et le risque de pneumothorax.

Tableau 3 : Caractéristiques des patients selon la présence ou l'absence de pneumothorax et de drainage (excepté pour la DLCO)

Variabiles	Absence de pneumothorax	Pneumothorax	p	Absence de drain	Présence d'un drain	p
n (%)	122	83		186	19	
Caractéristiques liées au patient						
Sexe masculin	92 (75,4)	53 (63,9)	0,103	132 (71,0)	13 (68,4)	1
Age, médiane [IQR]	67,00 [59,25 ; 73,00]	69,00 [62,00 ; 76,00]	0,184	67,00 [60,00, 74,00]	68,00 [63,00, 75,50]	0,715
Antécédents de tabagisme	111 (91,0)	70 (84,3)	0,218	164 (88,2)	17 (89,5)	1
Pneumopathie interstitielle	6 (4,9)	8 (9,6)	0,302	13 (7,0)	1 (5,3)	1
Emphysème	80 (65,6)	57 (68,7)	0,755	122 (65,6)	15 (78,9)	0,357
Grade emphysème ^a			0,024			0,003
Minime	40 (50,6)	16 (28,1)		54 (44,6)	2 (13,3)	
Modéré	24 (30,4)	22 (38,6)		42 (34,7)	4 (26,7)	
Sévère	15 (19,0)	19 (33,3)		25 (20,7)	9 (60,0)	
VEMS (L) ^a , médiane [IQR]	2,38 [2,01 ; 2,90]	2,16 [1,77 ; 2,68]	0,108	2,32 [1,93, 2,83]	2,12 [1,65, 2,61]	0,115
VEMS (%) ^a , moyenne (écart-type)	86 (22)	86 (24)	0,947	87 (22)	78 (25)	0,103
Tiffeneau < 70% ^a	36 (32,7)	42 (53,8)	0,006	66 (39,1)	12 (63,2)	0,076
Caractéristiques liées à la lésion						
Distance plèvre-lésion (mm)), médiane [IQR]	0,00 [0,00 ; 11,00]	2,00 [0,00 ; 12,00]	0,437	0,00 [0,00, 10,00]	14,00 [3,00, 20,50]	0,001
Taille lésion (mm), médiane [IQR]	30,00 [20,25 ; 45,00]	26,00 [18,00 ; 41,00]	0,256	30,00 [20,00, 44,00]	25,00 [18,00, 40,50]	0,418
Taille lésion > 2cm	91 (74,6)	55 (66,3)	0,256	134 (72,0)	12 (63,2)	0,583
Localisation lésion (ref = inférieure)	38 (31,1)	36 (43,4)	0,101	67 (36,0)	7 (36,8)	1
Aspect de la lésion			0,859			0,464
Nodule solide	112 (91,8)	76 (91,6)		170 (91,4)	18 (94,7)	
Condensation	7 (5,7)	4 (4,8)		11 (5,9)	0 (0,0)	
Nodule mixte/verre dépoli	3 (2,5)	3 (3,6)		5 (2,7)	1 (5,3)	
Excavation lésion	15 (12,3)	14 (16,9)	0,473	25 (13,4)	4 (21,1)	0,575
Profondeur lésion, moyenne (écart-type)			0,567			0,017
Adhérente	67 (54,9)	41 (49,4)		103 (55,4)	5 (26,3)	
Centrale	11 (9,0)	11 (13,3)		17 (9,1)	5 (26,3)	
Périphérique	44 (36,1)	31 (37,3)		66 (35,5)	9 (47,4)	
Envahissement pariétal de la lésion	5 (4,1)	0 (0,0)	0,16	5 (2,7)	0 (0,0)	1

(suite) Tableau 3 : Caractéristiques des patients selon "présence" ou "absence" de pneumothorax et de drainage (excepté pour la DLCO)

Variables	Absence de pneumothorax	Pneumothorax	p	Absence de drain	Présence d'un drain	p
Type lésion			0,754			0,704
Bénin	12 (9,8)	9 (10,8)		18 (9,7)	3 (15,8)	
Indéterminé	6 (4,9)	6 (7,2)		11 (5,9)	1 (5,3)	
Malin	104 (85,2)	68 (81,9)		157 (84,4)	15 (78,9)	
Caractéristiques liées à l'intervention						
Taille aiguille coaxiale (ref = 17G/18G)	119 (97,5)	83 (100,0)	0,397	183 (98,4)	19 (100,0)	1
Distance trajet aiguille plèvre-lésion, médiane [IQR]	15,00 [6,25 ; 28,00]	18,00 [7,00 ; 31,50]	0,529	14,50 [6,00, 29,00]	30,00 [19,50, 34,00]	0,005
Poumon aéré sur trajet aiguille	107 (87,7)	75 (90,4)	0,714	164 (88,2)	18 (94,7)	0,63
Emphysème sur trajet aiguille	27 (22,1)	27 (32,5)	0,134	43 (23,1)	11 (57,9)	0,003
Nombre passage trans-pleural, médiane [IQR]	1,00 [1,00 ; 1,00]	1,00 [1,00 ; 1,00]	0,35	1,00 [1,00, 1,00]	1,00 [1,00, 1,00]	0,151
Point de ponction aiguille			0,047			0,011
Antérieur	35 (28,7)	16 (19,3)		49 (26,3)	2 (10,5)	
Latéral	32 (26,2)	35 (42,2)		55 (29,6)	12 (63,2)	
Postérieur	55 (45,1)	32 (38,6)		82 (44,1)	5 (26,3)	
Position patient			0,006			0,029
DD	50 (41,0)	28 (33,7)		94 (50,5)	5 (26,3)	
DV	63 (51,6)	36 (43,4)		70 (37,6)	8 (42,1)	
DL	9 (7,4)	19 (22,9)		22 (11,8)	6 (31,6)	
Contact pleural	67 (54,9)	41 (49,4)	0,526	21,00 [12,00, 37,00]	4,00 [4,00, 15,00]	0,069
Longueur contact pleural (mm), médiane [IQR]	25,00 [14,50 ; 38,00]	16,00 [8,00 ; 34,00]	0,078	103 (55,4)	5 (26,3)	0,03
Utilisation water seal^a	46 (45,5)	14 (20,9)	0,002	57 (36,8)	3 (23,1)	0,491
Radiologue expérimenté	79 (64,8)	56 (67,5)	0,801	121 (65,1)	14 (73,7)	0,616
Les résultats sont exprimés par les effectifs (%) pour les variables qualitatives, par la moyenne (écart-type) pour les variables à distribution normale et par la médiane [intervalle interquartile : Q1-Q3] pour les variables à distribution non-normale.						
*Tests statistiques du Chi ² de Pearson ou Test de Fisher exact si petits effectifs < 5 (variables qualitatives) et tests statistiques de Mann-Whitney (variables quantitatives de distribution non gaussienne)						
^a : données manquantes détaillées dans le tableau 1.						

B. Répartition des autres variables selon la présence ou l'absence d'un pneumothorax

Les résultats sont présentés dans le tableau 3.

Dans le groupe « pneumothorax », il y a statistiquement plus de trouble ventilatoire obstructif ($p=0,006$) et plus d'emphysème modéré et sévère ($p = 0,024$) par rapport au groupe « absence de pneumothorax ». Il y a également plus de réalisation du geste en décubitus latéral ($p=0,006$) et de ponctions latérales ($p=0,048$) comparé à l'autre groupe.

Il n'y a pas de différence significative concernant la sévérité du TVO ($p=0,407$), ni la présence globale d'emphysème ($p=0,755$). Les patients du groupe « pneumothorax » ont plus d'emphysème le long du trajet de l'aiguille (32,5 % contre 22,1 %, $p=0,13$) sans différence significative.

Il y a également une différence significative concernant la technique de « water seal », qui était plus utilisée dans le groupe « absence du pneumothorax » ($p=0,002$).

Les patients sont comparables en ce qui concerne le sexe, l'âge, les antécédents de tabagisme, l'antécédent de pneumopathie interstitielle, le VEMS, la CVF, le VR, la CPT (annexe 1).

Les caractéristiques de la lésion sont comparables entre les groupes. Il n'y a pas de différence significative concernant la distance entre la plèvre et la lésion, la taille, la localisation, l'aspect et l'excavation de la lésion.

Nous ne mettons pas en évidence de différence significative pour les autres caractéristiques liées à l'intervention (la taille de l'aiguille, la distance plèvre-lésion sur le trajet de l'aiguille, le nombre de prélèvement, le nombre de passage trans-pleural et trans-scissural, l'angle de ponction et le contact pleural).

Les opérateurs ont la même expérience dans les deux groupes.

C. Analyse univariée du risque de pneumothorax (excepté pour la DLCO)

Les résultats sont présentés en annexe 3.

Il existe également une association significative entre la sévérité de l'emphysème (OR 3,17 (IC95% 1,3-7,72)), la présence d'un TVO (OR 2,4 (IC95% 1,32-4,36)), le point de ponction en latéral (OR 2,39 (IC95% 1,12-5,12)) et la position du patient en décubitus latéral (OR 3,69 (IC95% 1,51-9,02)) avec le risque de pneumothorax. L'utilisation du « water seal » est retrouvée comme facteur protecteur (OR 0,32 (IC95% 0,16-0,64)).

D. Etude de l'association entre la baisse de DLCO et le risque de pneumothorax : analyse multivariée

En régression logistique avec analyse multivariée, la corrélation entre baisse de la DLCO et pneumothorax persiste dans le groupe ayant une DLCO inférieure à 45 % avec un OR à 4,75 (IC95% 1,6-14,02), après ajustement sur l'antécédent de tabagisme, la présence ou l'absence d'emphysème sur le trajet de l'aiguille, la taille de la lésion (> 2 cm vs ≤ 2 cm), la localisation de la lésion (inférieure versus supérieure), la distance plèvre-lésion, l'utilisation de « water seal », la position du patient et l'expérience du radiologue (tableau 4).

Le résultat n'est pas significatif lorsque la DLCO est comprise entre 45 et 60 %.

Il existe également une corrélation significative avec l'utilisation de la technique du « water seal » pour prévenir le risque de pneumothorax (OR 0,3 (IC95% 0,13-0,67)).

Tableau 4 : Etude de l'association entre la baisse de DLCO et la survenue d'un pneumothorax

	OR ajusté	IC 95%	p (Wald's Test)	p (LR-Test)
DLCO (ref = ≥ 60%)				0,015
45-60%	1,39	(0,6 - 3,21)	0,444	
<45%	4,73	(1,6 - 14,02)	0,005	
ATCD Tabagisme: Oui vs Non	0,52	(0,16 - 1,69)	0,273	0,275
Emphysème sur le trajet de l'aiguille: Oui vs Non	1,41	(0,59 - 3,42)	0,441	0,442
Localisation de la lésion: (ref = inférieure)	2,31	(0,9 - 5,94)	0,082	0,077
Position du patient (ref = DD)				0,461
DV	0,7	(0,27 - 1,85)	0,476	
DL	1,45	(0,41 - 5,1)	0,561	
Utilisation de water seal: Oui vs Non	0,3	(0,13 - 0,67)	0,003	0,002
Radiologue: Expérimenté vs Débutant	0,85	(0,39 - 1,86)	0,691	0,691
Taille de la lésion: > 2cm vs ≤ 2cm	0,55	(0,26 - 1,18)	0,123	0,122
Distance plèvre-lésion (augmentation de 1mm)	1,0051	(0,9844 - 1,0263)	0,631	0,632

3) Drainage pleural

A. Incidence des pneumothorax drainés selon la valeur de DLCO

Le taux de pneumothorax drainés augmente également chez les patients ayant une DLCO plus faible : 22,2 % dans le groupe « DLCO < 45 % » (6/27), 12,2 % dans le groupe 45-60 % (7/57) et 5 % dans le groupe « DLCO ≥ 60 % » (6/121) (tableau 5 et annexe 4).

Les pneumothorax survenant chez les patients ayant une DLCO plus basse sont davantage drainés : 35,3% des pneumothorax du groupe « DLCO < 45% » sont drainés (6/17), 26,9% des pneumothorax du groupe « DLCO 45-60% » (7/26) et 15% des pneumothorax du groupe « DLCO ≥ 60% » (6/40) (annexe 4).

B. Etude descriptive de la baisse de DLCO selon la présence ou l'absence de drainage pleural et analyse univariée

Nous avons également comparé les patients selon la présence ou non d'un drainage pleural. Le groupe avec « présence d'un drain pleural » est également appelé groupe « drainés ».

Tableau 5 : Description des valeurs de DLCO de la population selon la présence ou l'absence d'un drainage pleural et analyse univariée

	Population totale	Absence de drain	Présence d'un drain	p	OR (IC 95%)	p (univariée)
n	205	186	19			
DLCO (% de la théorique), moyenne (écart-type)	64 (18)	65 (18)	54 (18)	0,015		
DLCO catégorie, n (%)				0,013		
≥ 60%	121 (59.0)	115 (61,8)	6 (31,6)		1	0
45-60%	57 (27.8)	50 (26,9)	7 (36,8)		2,68 (0,86-8,39)	0,09
< 45%	27 (13.2)	21 (11,3)	6 (31,6)		5,48 (1,61-18,61)	0,006
KCO^a (% de la théorique), moyenne (écart-type)	77 (21)	79 (20)	66 (25)	0,016		

Les résultats sont exprimés par les effectifs (%) pour les variables qualitatives, par la moyenne (écart-type) pour les variables à distribution normale et par la médiane [intervalle interquartile : Q1-Q3] pour les variables à distribution non-normale

*Tests statistiques du Chi² de Pearson ou Test de Fisher exact si petits effectifs < 5 (variables qualitatives) et tests statistiques de Mann-Whitney (variables quantitatives de distribution non gaussienne)

^a : données manquantes détaillées dans le tableau 1.

Il existe une association significative entre la baisse de la DLCO et l'insertion d'un drain pleural. La DLCO moyenne chez les patients drainés est de 54 % ± 18 versus 65 % ± 18 (p=0,015) (tableau 5).

Cette diminution significative est également retrouvée dans les groupes selon la valeur de DLCO : ≥ 60%, 45-60% et < 45% (p = 0,013).

En régression logistique univariée, nous observons une association significative entre la baisse de la DLCO inférieure à 45 % et le risque de drainage pleural (OR 5,48 (IC95% 1,61-18,61)).

C. Répartition des autres variables selon la présence ou l'absence de drainage pleural

Ces données sont représentées tableau 3.

Dans le groupe des patients « drainés », nous observons des différences significatives en fonction de la position et du point de ponction, ainsi que des valeurs statistiquement plus élevées de la distance plèvre-lésion, de la distance de parenchyme traversé, de la profondeur de la lésion et de la sévérité de l'emphysème. Nous observons également une diminution significative de la taille du contact pleural.

En effet, chez les patients ayant bénéficié d'un drainage pleural, la lésion est significativement plus éloignée de la plèvre ($p = 0,001$). La distance de parenchyme traversé est plus élevée dans le groupe « drainés » avec une distance médiane [IQR] de 30,00 [19,50, 34,00] mm versus 14,5 [6,00, 29,00] mm ($p=0,005$).

Dans le groupe « non drainés », les lésions sont plus adhérentes avec un contact pleural plus important ($p = 0,030$).

Comme retrouvé lors de la présence d'un pneumothorax, nous observons des taux plus importants de patients « drainés » quand le point de ponction est latéral et lorsque le patient est en décubitus latéral, en comparaison aux patients « non drainés » ; ainsi qu'une augmentation statistiquement plus élevée d'emphysème sévère, une diminution d'emphysème minime ($p=0,003$), sans différence entre les groupes concernant la présence globale d'emphysème ($p=0,357$). Cependant, l'emphysème modéré est retrouvé en plus grande proportion dans le groupe « absence de drainage », contrairement aux résultats sur la présence ou non d'un pneumothorax.

Il n'y a cependant pas de différence concernant la présence d'un TVO.

Il n'y a pas de différence significative concernant le sexe, l'âge, l'antécédent de tabagisme et de pneumopathie interstitielle, le VEMS, la taille de la lésion, la localisation, l'aspect et l'excavation de la lésion, la taille de l'aiguille et le contact pleural (tableau 3), ni concernant la CVF, la CPT et l'angle de ponction (annexe 2). Il n'y a également pas de différence concernant l'utilisation de « water seal » et l'expérience du radiologue (tableau 3). Nous observons une différence significative concernant les

valeurs du VR plus élevées dans le groupe « drainés », sans différence significative concernant la CPT (annexe 2).

D. Analyse univariée du risque de drainage pleural (excepté pour la DLCO)

Les résultats sont détaillés en annexe 3.

De même que pour le risque de pneumothorax, il existe également une association avec la sévérité de l'emphysème (OR 9,72 (IC95% 1,95-48,33)), le point de ponction de l'aiguille latéral (OR 5,35 (IC95% 1,14-25,07)) et la position du patient en décubitus latéral (OR 5,13 (IC95% 1,43-18,34)).

Nous retrouvons également une association avec la profondeur de la lésion (OR 6,06 (IC95% 1,58-23,17)) ainsi que la distance de parenchyme traversé (OR 2,31 (IC95% 1,11-4,8)) et la présence d'emphysème sur le trajet de l'aiguille (OR 4,57 (IC95% 1,73-12,09)).

Il n'est pas mis en évidence d'association avec l'utilisation du « water seal » ni la présence d'un TVO.

E. Etude de l'association entre la baisse de DLCO et le risque de drainage : analyse multivariée

Tableau 6 : Etude de l'association entre la baisse de la DLCO et le risque de drainage

	OR ajusté	IC 95%	p (Wald's Test)	p (LR-Test)
DLCO (ref = ≥ 60%)				0,042
45-60%	1,8	(0,5 ; 6,44)	0,366	
<45%	6,48	(1,51 ; 27,73)	0,012	
Emphysème sur le trajet de l'aiguille: Oui vs Non	4,18	(1,31 ; 13,34)	0,016	0,014
Distance plèvre-lésion sur le trajet de l'aiguille (augmentation de 1mm)	1,02	(0,99 ; 1,05)	0,142	0,147
Position du patient (ref=DD)				0,003
DV	0,31	(0,08 ; 1,14)	0,077	
DL	3,94	(1,04 ; 14,98)	0,044	

Il existe une association significative entre la mise en place d'un drain pleural et la diminution de la DLCO. Le risque de drainage est augmenté chez les patients ayant une DLCO inférieure à 45% avec un OR à 6,48 (IC 95% 1,51 ; 27,73) par rapport aux patients ayant une DLCO supérieure ou égale à 60%, après ajustement sur la présence ou l'absence d'emphysème sur le trajet de l'aiguille, la distance entre la plèvre et la lésion sur le trajet de l'aiguille et la position du patient.

La réduction de la DLCO inférieure à 45% augmente donc le risque de drainage. Cette différence n'est pas significative pour les patients ayant une DLCO entre 45 et 60%.

La présence d'emphysème sur le trajet de l'aiguille et la position en décubitus latéral sont également des facteurs de risques d'insertion de drain pleural.

La durée de drainage ne diffère pas selon la baisse de la DLCO (p=0,802) (annexe 5).

4) Analyses secondaires

A. Relation entre la baisse de la DLCO et l'abondance du pneumothorax

Cette analyse compare les pneumothorax de faible abondance (léger) à ceux de moyenne à grande abondance (modéré à sévère), indépendamment de la mise en place d'un drain thoracique. Le grade de pneumothorax est défini par l'épaisseur maximale du décollement (léger < 2 cm, modéré 2- 4 cm, sévère > 4 cm).

Il n'y a pas de différence significative entre l'abondance du pneumothorax et la baisse de la DLCO. Cependant, le risque de pneumothorax de moyenne à grande abondance est diminué de 75% lorsque la taille de la lésion est supérieure à 2 cm ($p=0,026$) et semble être légèrement augmenté lorsque la distance du trajet de l'aiguille augmente (augmentation de 4% par augmentation du trajet de 1 mm) ($p=0,055$).

Tableau 7 : Etude de l'association entre la baisse de la DLCO et l'abondance du pneumothorax

Variables	OR ajusté	IC 95%	p (Wald's Test)	p (LR-Test)
DLCO (ref = $\geq 60\%$)				0,788
45-60%	1,43	(0,34 ; 6,12)	0,628	
<45%	1,76	(0,33 ; 9,4)	0,509	
Emphysème sur le trajet de l'aiguille: Oui vs Non	2,84	(0,79 ; 10,2)	0,11	0,109
Distance plèvre-lésion sur le trajet de l'aiguille (augmentation de 1mm)	1,04	(1 ; 1,09)	0,055	0,053
Taille de la lésion : > 2cm vs ≤ 2cm	0,25	(0,07 ; 0,85)	0,026	0,023

B. Distribution de la DLCO selon la présence et la sévérité de l'emphysème

Nous observons une différence significative entre la présence d'emphysème et la baisse de DLCO : 85,3% des patients sans emphysème ont une DLCO \geq 60% et 54% des patients emphysémateux ont une DLCO $<$ 60% ($p < 0.001$) (tableau 8).

La sévérité de l'emphysème augmente de manière significative avec l'altération de la DLCO. L'emphysème léger est principalement présent (66,1%) chez les patients ayant une DLCO \geq 60%. L'emphysème sévère est majoritaire (47,1 et 35,3%) lorsque le DLCO est inférieure à 60% (tableau 9).

Tableau 8 : Etude de la répartition de la DLCO selon la présence ou non d'emphysème

Variables	Absence d'emphysème	Présence d'emphysème	p
n (%)	68	137	
DLCO catégorie			<0,001
\geq 60%	58 (85,3)	63 (46,0)	
45-60	9 (13,2)	48 (35,0)	
<45	1 (1,5)	26 (19,0)	

Tableau 9 : Etude de la répartition de la DLCO selon la sévérité de l'emphysème

Variables	Minime	Modéré	Sévère	p
n (%)	56	46	34	
DLCO catégorie				<0,001
\geq 60%	37 (66,1)	19 (41,3)	6 (17,6)	
45-60	13 (23,2)	19 (41,3)	16 (47,1)	
<45	6 (10,7)	8 (17,4)	12 (35,3)	

C. Délai d'apparition du pneumothorax selon la DLCO

Le délai d'apparition du pneumothorax a été étudié selon l'apparition avant ou après le retrait de l'aiguille (tableau 10). Il n'y a pas d'association significative entre le délai d'apparition du pneumothorax et la valeur de la DLCO (tableau 11).

Mais nous observons une association entre la distance de parenchyme traversé et un pneumothorax après retrait de l'aiguille (augmentation de 1 mm, augmente le risque de 6%), après ajustement sur la DLCO, la présence ou non d'un emphysème sur le trajet de l'aiguille et la taille de la lésion.

Tableau 10 : Etude du délai d'apparition du pneumothorax selon la valeur de DLCO

Variables	Avant retrait de l'aiguille	Après retrait de l'aiguille	p
n (%)	32	50	
DLCO catégorie			0,508
≥ 60%	18 (56,2)	22 (44,0)	
45-60	9 (28,1)	16 (32,0)	
<45	5 (15,6)	12 (24,0)	

Tableau 11 : Association entre la baisse de DLCO et le délai d'apparition du pneumothorax

Variables	OR ajusté	IC 95%	p (Wald's Test)	p (LR-Test)
DLCO (ref = ≥ 60%)				0,279
45-60%	2,17	(0,64 ; 7,29)	0,211	
<45%	2,58	(0,67 ; 10,01)	0,17	
Emphysème sur le trajet de l'aiguille: Oui vs Non	0,84	(0,27 ; 2,57)	0,754	0,754
Distance plèvre-lésion sur le trajet de l'aiguille (augmentation de 1mm)	1,06	(1,02 ; 1,1)	0,003	0,001
Taille de la lésion : > 2cm vs ≤ 2cm	1,45	(0,53 ; 3,98)	0,475	0,475

DISCUSSION

La biopsie pulmonaire sous scanner est une technique diagnostique fréquemment utilisée dans la prise en charge des nodules et masses pulmonaires. Le taux de complications est variable, avec un taux peu élevé de complications sévères (notamment pneumothorax nécessitant un drainage pleural). Le pneumothorax est la complication la plus fréquente, retrouvé à 40,5% dans notre étude dont 23% drainés. Un pneumothorax complet peut être mal toléré et entraîner une compression des cavités cardiaques allant jusqu'à l'arrêt cardiorespiratoire. La mauvaise tolérance redoutée par les opérateurs est rare et n'a pas été retrouvée dans notre étude : aucun transfert en soins intensifs ou en réanimation ni décès n'a été rapporté. Une surveillance rapprochée pendant 4 à 6 heures après le geste permet une prise en charge précoce en cas de complications.

Dans notre cohorte, le taux d'incidence de pneumothorax (40,5%) avec 9,3% de drainage dans notre population est cohérent avec les données de la littérature mais plus élevé que le taux moyen estimé à 20-25% (10,15,19–25,29–39).

Nos données se rapprochent de celles de *The Society of Interventional Radiology* et de *the American College of Radiology (ACR)* qui décrivent un taux de pneumothorax jusqu'à 45% avec drainage de 2 à 15% (54), ainsi que d'autres études, notamment celle de *Ruud et al* de 2020 à propos de 875 biopsies (39% de pneumothorax, 10% de drainage) (36) et *Kazerooni et al* à propos de 121 patients (44,6% de pneumothorax et 14,9% de drainés) (38).

- **Synthèse des résultats**

Les résultats de notre étude montrent que la baisse de la DLCO inférieure à 45% est un facteur de risque indépendant de pneumothorax avec un OR à 4,73 (IC95% 1,6-14,02) et de drainage pleural avec un OR à 6,48 (IC95% 1,51-27,73).

Nous avons également montré que le risque de pneumothorax est plus fréquent chez les patients présentant un trouble ventilatoire obstructif, un emphysème sévère,

en décubitus latéral, ainsi qu'en l'absence d'utilisation de la technique du « water seal ». L'utilisation du « water seal » est retrouvée comme facteur protecteur indépendant de pneumothorax (OR 0,3, (IC95% 0,13-0,67)), sans résultat significatif en multivariée pour les autres variables (exceptée la DLCO inférieure à 45%).

Concernant le risque de drainage, il est augmenté avec la profondeur de la lésion et la diminution du contact pleural, l'augmentation de la distance plèvre-lésion sur le scanner ainsi qu'une augmentation de la distance de parenchyme traversé par l'aiguille, également par la sévérité de l'emphysème, la présence d'emphysème sur le trajet de l'aiguille et la position en décubitus latéral.

La baisse de la DLCO inférieure à 45%, la présence d'emphysème sur le trajet de l'aiguille (OR 4,18, (IC95% 1,31-13,34)) et le décubitus latéral (OR 3,94, (IC95% 1,04-14,98)) sont retrouvés comme des facteurs de risque indépendant de drainage pleural.

- **La baisse de la DLCO comme facteur de risque de pneumothorax et drainage pleural**

Nous avons donc montré que la baisse de la DLCO inférieure à 45% est un facteur de risque indépendant de pneumothorax et d'insertion de drain pleural, comparée à une DLCO supérieure ou égale à 60% de la théorique.

A notre connaissance, aucune étude antérieure n'avait mis en évidence ce résultat.

Dans leur étude de 1999, *Laurent et al* ont analysé la fonction respiratoire détaillée avec l'analyse de la DLCO sans montrer de différence significative sur le risque de pneumothorax. Cela peut s'expliquer par des valeurs de DLCO disponibles pour un plus petit nombre de patients (38 patients avec un pneumothorax, 4 des 6 patients drainés) et également une atteinte respiratoire moins sévère avec une DLCO moyenne à 95,4 % ± 21,4 (versus 64 % ± 18 dans notre étude) (41).

Nos résultats concordent avec ceux d'*Oikonomou et al* dont la valeur moyenne de DLCO (61,63 %) se rapproche de notre cohorte. Ils ont montré une différence

significative de DLCO selon la présence ou non d'un pneumothorax ($p=0,013$), uniquement en univariée, sans différence pour le drainage ; pouvant également être expliqué par une population également plus petite (123 patients) que la nôtre (32).

L'étude de *Ruud et al*, publiée en 2022 quand nous étions en cours de réalisation de notre étude, montre que des valeurs de DLCO $\leq 4,70$ mmol/min/kPA augmentent le risque de pneumothorax (OR 1,71 (IC95% 1,02–2,85)), et de drainage après biopsie sous scanner (OR 6,91 (IC95% 2,96–16,16)), comparé à une DLCO $\geq 6,53$ mmol/min/kPA. Ces données en valeur absolue de DLCO ont été déterminées par la répartition des patients en 3 groupes d'effectifs de même taille (236 ou 238 patients par groupe). Cependant, une valeur absolue de DLCO peut correspondre à une valeur en pourcentage de la théorique très différente selon le sexe et la taille du patient. Par exemple, une valeur de DLCO à 4,70 mmol/min/kPA peut correspondre à 47% de la valeur théorique chez un homme de 50 ans mesurant 180 cm ou 76% de théorique d'une femme de 70 ans mesurant 160 cm. La valeur de 6,53 mmol/min/kPA correspondrait à 64% pour un homme de 50 ans mesurant 180 cm, 73,5% pour une homme de 70 ans mesurant 180cm et 87% pour une femme de 70 ans mesurant 180cm (55).

Cette étude concorde avec nos résultats concernant la baisse de la DLCO comme facteur de risque indépendant de pneumothorax et de drainage pleural. Cependant, la variabilité des valeurs absolues selon le sexe et la taille, rend l'analyse et l'interprétation en fonction des valeurs prédites indispensables dans notre pratique.

- **Emphysème**

La présence d'emphysème sur le scanner a déjà été plusieurs fois décrite comme facteur de risque de pneumothorax et de drainage pleural, avec un risque majoré lors de la présence d'une bulle d'emphysème sur le trajet de l'aiguille (29,30,36,56,56).

Nous avons montré que la présence d'emphysème sur le trajet de l'aiguille était un facteur de risque indépendant de drainage pleural (OR 4,18 (IC95% 1,31-13,34)) sans être un facteur de risque de pneumothorax dans notre étude.

Comme *Ozturk et al* (31), nous observons que l'emphysème est plus sévère chez les patients présentant un pneumothorax et ceux nécessitant un drainage pleural ($p=0,024$ et $p=0,003$). Cependant, contrairement à d'autres études citées ci-dessus, nous n'avons pas montré de résultat significatif concernant la présence globale d'emphysème (en univariée et multivariée), ni pour la sévérité (en multivariée).

Nous pouvons penser qu'il existe une variabilité concernant la lecture d'emphysème sur les imageries qui peut impacter la classification de la sévérité ou la détection d'emphysème minime ou léger. Il peut s'agir de différences entre les techniques d'interprétation (utilisation de lecture standardisée, score de lecture selon le nombre de voxels < - 950 UH ou le pourcentage d'emphysème présent par exemple) ou une lecture couplée entre radiologue et pneumologue (42,43), ou selon la résolution des images et les consoles de lecture.

- **Autres données sur la fonction respiratoire**

Comme retrouvé dans quelques études (32–34), nous avons également mis en évidence une augmentation significative du nombre de patients atteints d'un trouble ventilatoire obstructif dans le groupe « pneumothorax » ($p=0,006$), sans association significative avec le drainage pleural (malgré une proportion de TVO plus élevée dans le groupe « drainés » à 63,2% versus 39,1%, $p=0,407$). La relation entre TVO et pneumothorax n'avait cependant pas été retrouvée dans l'étude d'*Anderson et al* dont l'incidence de pneumothorax (35%) se rapprochait de notre étude (avec un peu plus de drainage à 17%), mais cette analyse concernait uniquement des aspirations à l'aiguille ; ainsi qu'un effectif plus faible (116 prélèvements) (57).

La sévérité de l'obstruction représentée par la baisse du VEMS n'est pas associée à une augmentation du risque de pneumothorax et de drainage dans notre étude. Ce résultat est similaire à certaines études (34,38) mais discordant avec

d'autres (32,33). Cela pouvant être expliqué par les données manquantes qui concernaient 3,9% des données de VEMS et 8,3% des données permettant de calculer le rapport de Tiffeneau ou également un manque de puissance dû à des effectifs trop faibles.

- **Autres résultats de notre étude**

L'augmentation de la distance entre la plèvre et la lésion est également retrouvée comme étant associée à davantage de drainage pleural, de même que la profondeur de la lésion ainsi que la distance de parenchyme traversé par l'aiguille (OR 2,31 (IC95% 1,11-4,8)). Ces données rejoignent celles de *Mills et al* (20) et *Weon et al* (30), cependant l'association ne persiste pas en analyse multivariée dans notre étude (étudiée avec distance plèvre-lésion sur le trajet de l'aiguille).

Ces résultats ne sont pas retrouvés pour la survenue d'un pneumothorax, contrairement à *Ruud et al* (qui rapportent un OR à 0,79 (IC95% 0,66-0,95), pour chaque diminution de la distance d'un centimètre) et d'autres auteurs (20,30,35,38).

Lorsque le patient est positionné en décubitus latéral, le risque de pneumothorax et de drainage est augmenté dans notre étude (en univariée), comme dans d'autres cohortes (31,35,36). C'est également un facteur de risque indépendant de drainage pleural dans notre population avec un OR à 3,94 (IC95% 1,04-14,98), comme retrouvé par *Ruud et al* (OR à 2,61 (IC95% 1,43-4,75)). Ces derniers ont également mis en évidence le décubitus latéral comme facteur de risque indépendant de pneumothorax (36), non retrouvé dans notre étude. Cela peut être expliqué par une mobilité du poumon plus importante dans cette position et une diminution du gradient de pression entre les alvéoles et la plèvre. Cependant les données divergent sur le sujet (20,58).

La durée moyenne de drainage dans notre étude est de $2,53 \pm 1,38$ jours avec une durée maximale de 5 jours. Elle est inférieure à d'autres études antérieures (32,37). Certains facteurs, tels que l'emphysème, le trajet intra-scissural, l'âge du

patient et le temps de la procédure ont été retrouvés dans la littérature comme facteur de risque de drainage prolongé (3 jours ou plus) (37,56).

Les autres facteurs pouvant influencer le risque de pneumothorax ou de drainage pleural non retrouvés dans notre étude peuvent également concerner : la taille de la lésion (20,35), l'âge (56,58), le sexe (35), le tabagisme supérieur à dix cigarettes par jour qui doublait le risque de complications dans l'étude de *Vagn Hansen et al* (35), le trajet intra-scissural (36). L'antécédent de chirurgie et la position en décubitus ventral ont également été retrouvés comme facteurs protecteurs par certains auteurs (58).

Les variations d'incidence de pneumothorax dans notre étude peuvent s'expliquer par les différences concernant notre cohorte, tant sur les caractéristiques respiratoires, que celles en rapport avec la lésion ou l'intervention.

En effet, notre population présente une atteinte respiratoire sévère combinant des facteurs qui peuvent augmenter le risque de pneumothorax ou drainage : la présence d'emphysème chez 66,8% des patients, un trouble ventilatoire obstructif chez plus d'un tiers (41,5%) et une DLCO moyenne à 64%. La réalisation dans un centre hospitalo-universitaire peut également brasser une population plus fragile et comorbide, ayant parfois été récusée de ce geste dans des centres périphériques.

Des taux de pneumothorax plus faibles ont notamment été mis en évidence dans les études d'*Ozturk et al* (15,4%), de Mills et al (25,7%) et de *Moreland et al* (23,2%) dont les populations présentaient entre 20,6% et 33% d'emphysème.

Cette différence peut également s'expliquer par la taille ou la profondeur de la lésion ayant également été retrouvées comme augmentant le risque de pneumothorax dans certaines études. En effet, une lésion plus petite et située à une distance plus éloignée de la paroi peut augmenter le risque de pneumothorax et de drainage en étant plus difficilement accessible. La taille de lésion à risque de pneumothorax varie selon les études de 1 à 4 cm (20,29,31,34–36,38,59), avec une augmentation de la taille retrouvée comme un facteur protecteur (OR à 0,83 par augmentation de 1 cm) (36). La taille médiane de la lésion à 2,9 cm dans notre étude est inférieure à celle

retrouvée dans certaines études avec un plus faible taux de pneumothorax (3,4 ou 5,2 cm) (20,31).

Les biopsies réalisées dans notre population concernent également des lésions plus éloignées de la paroi par rapport à d'autres études (distance médiane de 16 mm dans notre étude contre une moyenne de 10 à 13,3mm dans d'autres (20,31).

Enfin, certains auteurs peuvent avoir sous-estimé l'incidence des pneumothorax avec des lectures principalement de radiographies thoraciques (32,37), alors que notre analyse par des radiologues formés en imagerie thoracique mesurait le décollement (parfois millimétrique) sur les images tomodensitométriques.

- **Forces et limites de l'étude**

Il s'agit de la première étude ayant mis en évidence que la baisse de la DLCO inférieure à 45% augmente le risque de pneumothorax et de drainage après une biopsie sous scanner. Avant ces résultats, nous n'avions pas de données concernant l'interprétation de la DLCO pour anticiper le risque de complications secondaires à cette procédure. De nombreuses études sur les complications après biopsie pulmonaire ont été réalisées par des équipes de radiologues. Nous avons réalisé ce travail en collaboration avec les radiologues thoraciques du CHU de Nantes ; notre analyse pneumologique permet un travail plus ciblé sur la fonction respiratoire.

Elle comporte certaines limites, notamment le caractère rétrospectif avec des données manquantes qui entraînent l'exclusion de 191 patients sans mesure de DLCO dans les douze mois encadrant le geste. L'intérêt d'une étude prospective permettrait d'avoir des données de DLCO plus rapprochées du geste, de préférence juste avant l'examen pour diminuer les anomalies pouvant survenir après la biopsie.

Cette étude monocentrique concerne des patients pris en charge dans un centre hospitalo-universitaire français avec une fonction respiratoire sévère. Il pourrait être intéressant de réaliser une étude multicentrique incluant dans notre base de données des centres non universitaires pour obtenir une cohorte de patients plus hétérogène et pouvoir extrapoler nos résultats à une population plus importante. Une

étude prospective multicentrique augmenterait la puissance avec davantage de données à interpréter et une population plus nombreuse.

Dans les limites de notre étude, nous constatons que les interprétations de la DLCO selon la valeur prédite sont encore souvent basées sur les algorithmes de l'ECSC 93 (notamment au CHU de Nantes). Certaines études ont montré une différence de quelques points pour l'interprétation de la DLCO, par rapport au Z-score et au pourcentage prédit (dans la population générale, en moyenne 4% chez les hommes et 10,3% chez les femmes). Toutefois, ces différences étaient moins importantes dans les groupes BPCO et pneumopathie interstitielle avec 2,8% de différence en moyenne (60). Il pourrait être intéressant de refaire une étude multicentrique pour augmenter notre population et éliminer un éventuel biais effet centre ; et également prendre en compte les normes GLI qui devraient être davantage utilisées dans les services de pneumologie.

- **Ouverture**

La mesure de la DLCO est un marqueur objectif, facilement accessible en pratique, qui reflète la sévérité des anomalies parenchymateuses et la présence d'emphysème. Il peut être un atout couplé à la lecture des imageries thoraciques, pour quantifier la sévérité de l'emphysème.

Associé à la lecture scanographique et la prise en compte des caractéristiques des patients, il peut être un bon indicateur dans nos pratiques pour anticiper le risque de pneumothorax et de drainage pleural après une biopsie sous scanner et permettre une information plus détaillée du patient sur les complications potentielles. L'indication de la biopsie pulmonaire est discutée entre pneumologues, radiologues, chirurgiens mais le début de la prise en charge reste souvent coordonné par le pneumologue. Les épreuves fonctionnelles respiratoires sont réalisées avant une prise en charge chirurgicale de la lésion, elles pourraient donc être effectuées plus en amont pour anticiper davantage le risque de complications secondaires à la procédure diagnostique.

Le risque de pneumothorax et de drainage est donc augmenté lorsque la DLCO est inférieure à 45%. Cependant la plupart des pneumothorax ne nécessitent pas d'intervention et dans le cas d'un drainage, les durées d'hospitalisation restent courtes (autour de 2,5 jours). Dans cette population plus à risque, les complications restent bien tolérées. Les résultats de notre étude sont rassurants concernant le risque de mauvaise tolérance. La baisse de la DLCO ne doit donc pas contre-indiquer ce geste.

Chez les patients les plus à risque, nous pourrions éventuellement proposer des techniques alternatives telles que la mini sonde (couplant une technique d'échographie et biopsie endobronchique, plus périphérique) ou la chirurgie dont les délais de mise en place et risques liés à une éventuelle anesthésie générale sont à mesurer en concertation avec le patient.

Pour guider nos pratiques, il pourrait être intéressant de mettre en place un score prédictif pour estimer plus précisément le risque de pneumothorax et de drainage après une biopsie pulmonaire sous scanner. Les modèles de prédiction réalisés par différents auteurs ne tiennent pas compte de la valeur de la DLCO (30,59,61,62). Comme nous venons de mettre en évidence une relation entre baisse de DLCO et pneumothorax, la mise en place d'un score incluant la valeur de la DLCO aux autres principaux facteurs de risque (emphysème sur le trajet de l'aiguille, distance de parenchyme traversé...) pourrait être intéressante dans nos prises en charge. Cela nous permettrait d'anticiper davantage le risque de pneumothorax et de pneumothorax drainé pour optimiser la prise en charge et la surveillance post geste ainsi que communiquer une information plus détaillée au patient avant la réalisation de la biopsie.

CONCLUSION

Nos résultats permettent de conclure que la DLCO inférieure à 45% est un facteur de risque indépendant de pneumothorax (OR 4,73 (IC95% 1,6-14,02)) et de drainage pleural (OR 6,48 (IC95% 1,51- 27,73)). Notre étude montre que l'analyse de la fonction respiratoire, et principalement de la DLCO est importante pour anticiper le risque de pneumothorax et de drainage pleural secondaires à une biopsie pulmonaire sous scanner. Ce marqueur devrait être davantage utilisé en pratique, éventuellement dans un score prédictif, associé aux autres facteurs de risque de pneumothorax.

BIBLIOGRAPHIE

1. Wang P, Chapron J, Bennani S, Revel MP, Wislez M. Dépistage du cancer du poumon : mise au point, actualités et perspectives. *Bull Cancer (Paris)*. 2023 Jan 1;110(1):42–54.
2. Couraud S, Ferretti G, Milleron B, Cortot A, Girard N, Gounant V, et al. Recommandations de l'Intergroupe francophone de cancérologie thoracique, de la Société de pneumologie de langue française, et de la Société d'imagerie thoracique sur le dépistage du cancer bronchopulmonaire par tomodensitométrie à faible dose d'irradiation. *Rev Mal Respir*. 2021 Mar 1;38(3):310–25.
3. Revel MP. Diagnostic du nodule pulmonaire solitaire. *Feuill Radiol*. 2014 Dec 1;54(6):349–68.
4. Collège des Enseignants de Pneumologie (CEP). 8ème édition du Référentiel du Collège des Enseignants de Pneumologie (CEP) pour la préparation des épreuves dématérialisées nationales (EDN). 2023
5. MacMahon H, Naidich DP, Goo JM, Lee KS, Leung ANC, Mayo JR, et al. Guidelines for Management of Incidental Pulmonary Nodules Detected on CT Images: From the Fleischner Society 2017. *Radiology*. 2017 Jul;284(1):228–43.
6. Debieuvre D, Molinier O, Falchero L, Locher C, Templement-Grangerat D, Meyer N, et al. Lung cancer trends and tumor characteristic changes over 20 years (2000–2020): Results of three French consecutive nationwide prospective cohorts' studies. *Lancet Reg Health - Eur*. 2022 Nov 1;22:100492.
7. Rivera MP, Mehta AC, Wahidi MM. Establishing the diagnosis of lung cancer: Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*. 2013 May;143(5 Suppl):e142S-e165S.
8. de Margerie-Mellon C, de Bazelaire C, de Kerviler E. Image-guided biopsy in primary lung cancer: Why, when and how. *Diagn Interv Imaging*. 2016 Oct;97(10):965–72.
9. Perlmutter L, Johnston W, Dunnick N. Percutaneous transthoracic needle aspiration: a review. *Am J Roentgenol*. 1989 Mar;152(3):451–5.
10. Chockalingam A, Hong K. Transthoracic needle aspiration: the past, present and future. *J Thorac Dis [Internet]*. 2015 Dec;7(Suppl 4).
11. Haaga JR, Alfidi RJ. Precise biopsy localization by computer tomography. *Radiology*. 1976 Mar;118(3):603–7.
12. Bourgeois G, Frampas E, Liberge R, Nicolas A, Defrance C, Blanc FX, et al. Pneumothorax Incidence with Normal Saline Instillation for Sealing the Needle Track After Computed Tomography-Guided Percutaneous Lung Biopsy. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2024 Jan 23
13. Larscheid RC, Thorpe PE, Scott WJ. Percutaneous transthoracic needle aspiration biopsy: a comprehensive review of its current role in the diagnosis and treatment of lung tumors. *Chest*. 1998 Sep;114(3):704–9.
14. Schreiber G, McCrory DC. Performance characteristics of different modalities for diagnosis of suspected lung cancer: summary of published evidence.

Chest. 2003 Jan;123(1 Suppl):115S-128S.

15. Loubeyre P, Copercini M, Dietrich PY. Percutaneous CT-guided multisampling core needle biopsy of thoracic lesions. *AJR Am J Roentgenol*. 2005 Nov;185(5):1294–8.

16. Fontaine-Delaruelle C, Souquet PJ, Gamondes D, Pradat E, De Leusse A, Ferretti GR, et al. Negative Predictive Value of Transthoracic Core-Needle Biopsy: A Multicenter Study. *Chest*. 2015 Aug;148(2):472–80.

17. Deng CJ, Dai FQ, Qian K, Tan QY, Wang RW, Deng B, et al. Clinical updates of approaches for biopsy of pulmonary lesions based on systematic review. *BMC Pulm Med*. 2018 Dec;18(1):146.

18. Takeshita J, Masago K, Kato R, Hata A, Kaji R, Fujita S, et al. CT-guided fine-needle aspiration and core needle biopsies of pulmonary lesions: a single-center experience with 750 biopsies in Japan. *AJR Am J Roentgenol*. 2015 Jan;204(1):29–34.

19. Ohno Y, Hatabu H, Takenaka D, Higashino T, Watanabe H, Ohbayashi C, et al. CT-Guided Transthoracic Needle Aspiration Biopsy of Small (≤ 20 mm) Solitary Pulmonary Nodules. *Am J Roentgenol*. 2003 Jun;180(6):1665–9.

20. Mills M, Choi J, El-Haddad G, Sweeney J, Biebel B, Robinson L, et al. Retrospective analysis of technical success rate and procedure-related complications of 867 percutaneous CT-guided needle biopsies of lung lesions. *Clin Radiol*. 2017 Dec 1;72(12):1038–46.

21. Wiener RS, Schwartz LM, Woloshin S, Welch HG. Population-based risk for complications after transthoracic needle lung biopsy of a pulmonary nodule: an analysis of discharge records. *Ann Intern Med*. 2011 Aug 2;155(3):137–44.

22. Yeow KM, Su IH, Pan KT, Tsay PK, Lui KW, Cheung YC, et al. Risk factors of pneumothorax and bleeding: multivariate analysis of 660 CT-guided coaxial cutting needle lung biopsies. *Chest*. 2004 Sep;126(3):748–54.

23. Wang YXJ, Gong JS, Suzuki K, Morcos SK. Evidence based imaging strategies for solitary pulmonary nodule. *J Thorac Dis*. 2014 Jul;6(7):872–87.

24. Wu CC, Maher MM, Shepard JAO. Complications of CT-Guided Percutaneous Needle Biopsy of the Chest: Prevention and Management. *Am J Roentgenol*. 2011 Jun;196(6):W678–82.

25. Sinner WN. Complications of percutaneous transthoracic needle aspiration biopsy. *Acta Radiol Diagn (Stockh)*. 1976 Nov;17(6):813–28.

26. Freund MC, Petersen J, Goder KC, Bunse T, Wiedermann F, Glodny B. Systemic air embolism during percutaneous core needle biopsy of the lung: frequency and risk factors. *BMC Pulm Med*. 2012 Dec;12(1):1–12.

27. Manhire A. Guidelines for radiologically guided lung biopsy. *Thorax*. 2003 Nov 1;58(11):920–36.

28. Kazerooni EA, Hartker FW, Whyte RI, Martinez FJ, Lynch JP. Transthoracic needle aspiration in patients with severe emphysema. A study of lung transplant candidates. *Chest*. 1996 Mar;109(3):616–9.

29. Huo YR, Chan MV, Habib AR, Lui I, Ridley L. Pneumothorax rates in CT-Guided lung biopsies: a comprehensive systematic review and meta-analysis of risk

factors. *Br J Radiol.* 2020 Apr 1;93(1108):20190866.

30. Weon J, Robson S, Chan R, Ussher S. Development of a risk prediction model of pneumothorax in percutaneous computed tomography guided transthoracic needle lung biopsy. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2021 May 6;1754-9485.13187.

31. Ozturk K, Soylu E, Gokalp G, Topal U. Risk factors of pneumothorax and chest tube placement after computed tomography-guided core needle biopsy of lung lesions: a single-centre experience with 822 biopsies. *Pol J Radiol.* 2018;83:e407–14.

32. Oikonomou A, Matzinger FR, Seely JM, Dennie CJ, Macleod PJ. Ultrathin needle (25 G) aspiration lung biopsy: diagnostic accuracy and complication rates. *Eur Radiol.* 2004 Mar 1;14(3):375–82.

33. Fish G, Stanley J, Miller K, Schabel S, Sutherland S. Postbiopsy pneumothorax: estimating the risk by chest radiography and pulmonary function tests. *Am J Roentgenol.* 1988 Jan;150(1):71–4.

34. Ko JP, Shepard JAO, Drucker EA, Aquino SL, Sharma A, Sabloff B, et al. Factors Influencing Pneumothorax Rate at Lung Biopsy: Are Dwell Time and Angle of Pleural Puncture Contributing Factors? *Radiology.* 2001 Feb;218(2):491–6.

35. Vagn-Hansen C, Pedersen MR, Rafaelsen SR. Diagnostic yield and complications of transthoracic computed tomography-guided biopsies. *Dan Med J.* 2016 Jun;63(6):A5239.

36. Ruud EA, Stavem K, Geitung JT, Borthne A, Søyseth V, Ashraf H. Predictors of pneumothorax and chest drainage after percutaneous CT-guided lung biopsy: A prospective study. *Eur Radiol.* 2021 Jun 1;31(6):4243–52.

37. Moreland A, Novogrodsky E, Brody L, Durack J, Erinjeri J, Getrajdman G, et al. Pneumothorax with prolonged chest tube requirement after CT-guided percutaneous lung biopsy: incidence and risk factors. *Eur Radiol.* 2016 Oct;26(10):3483–91.

38. Kazerooni EA, Lim FT, Mikhail A, Martinez FJ. Risk of pneumothorax in CT-guided transthoracic needle aspiration biopsy of the lung. *Radiology.* 1996 Feb;198(2):371–5.

39. Heerink WJ, de Bock GH, de Jonge GJ, Groen HJM, Vliegenthart R, Oudkerk M. Complication rates of CT-guided transthoracic lung biopsy: meta-analysis. *Eur Radiol.* 2017 Jan;27(1):138–48.

40. Li C, Wang D, Yang F, Song Y, Yu X, Liu B, et al. The role of clinical characteristics and pulmonary function testing in predicting risk of pneumothorax by CT-guided percutaneous core needle biopsy of the lung. *BMC Pulm Med.* 2021 Dec;21(1):257.

41. Laurent F, Michel P, Latrabe V, Tunon de Lara M, Marthan R. Pneumothoraces and chest tube placement after CT-guided transthoracic lung biopsy using a coaxial technique: incidence and risk factors. *AJR Am J Roentgenol.* 1999 Apr;172(4):1049–53.

42. Asai N, Kawamura Y, Yamazaki I, Sogawa K, Ohkuni Y, O'uchi T, et al. Is emphysema a risk factor for pneumothorax in CT-guided lung biopsy? *SpringerPlus.* 2013 Dec;2(1):196.

43. Theilig D, Petschelt D, Mayerhofer A, Hamm B, Gebauer B, Geisel D.

Impact of quantitative pulmonary emphysema score on the rate of pneumothorax and chest tube insertion in CT-guided lung biopsies. *Sci Rep.* 2020 Jul 3;10(1):10978.

44. Chabot PF, Crestani PB, Housset PB, Kessler PR, Marquette PCH, Yves P, et al. Explorations Fonctionnelles Respiratoires et équilibre acido-basique aux ECN, Collège des Enseignants de Pneumologie.

45. Dakin J, Kourteli E, Winter R, Housset B. Maîtriser les épreuves fonctionnelles respiratoires : De la théorie à la clinique. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2007. 176 p.

46. Krogh M. The diffusion of gases through the lungs of man. *J Physiol.* 1915;49(4):271–300.

47. MacIntyre N, Crapo RO, Viegi G, Johnson DC, Grinten CPM van der, Brusasco V, et al. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J.* 2005 Oct 1;26(4):720–35.

48. Hughes JMB, Borland CDR. The centenary (2015) of the transfer factor for carbon monoxide (TLCO): Marie Krogh's legacy. *Thorax.* 2015 Apr 1;70(4):391–4.

49. West JB, Pradel JL. Physiologie respiratoire. L'essentiel. Illustrated édition. Paris: MALOINE; 2017. 264 p.

50. Graham BL, Brusasco V, Burgos F, Cooper BG, Jensen R, Kendrick A, et al. 2017 ERS/ATS standards for single-breath carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J.* 2017 Jan;49(1):1600016.

51. Ni Y, Yu Y, Dai R, Shi G. Diffusing capacity in chronic obstructive pulmonary disease assessment: A meta-analysis. *Chron Respir Dis.* 2021 Dec 2;18:14799731211056340.

52. Grydeland TB, Thorsen E, Dirksen A, Jensen R, Coxson HO, Pillai SG, et al. Quantitative CT measures of emphysema and airway wall thickness are related to DLCO. *Respir Med.* 2011 Mar 1;105(3):343–51.

53. Ruud EA, Heck S, Stavem K, Søyseth V, Geitung JT, Ashraf H. Low diffusion capacity of the lung predicts pneumothorax and chest drainage after CT-guided lung biopsy. *BMC Res Notes.* 2022 Dec;15(1):1–7.

54. Gupta S, Wallace MJ, Cardella JF, Kundu S, Miller DL, Rose SC. Quality Improvement Guidelines for Percutaneous Needle Biopsy. *J Vasc Interv Radiol.* 2010 Jul 1;21(7):969–75.

55. Stanojevic S, Graham BL, Cooper BG, Thompson BR, Carter KW, Francis RW, et al. Official ERS technical standards: Global Lung Function Initiative reference values for the carbon monoxide transfer factor for Caucasians. *Eur Respir J.* 2017 Sep;50(3):1700010.

56. Lim WH, Park CM, Yoon SH, Lim HJ, Hwang EJ, Lee JH, et al. Time-dependent analysis of incidence, risk factors and clinical significance of pneumothorax after percutaneous lung biopsy. *Eur Radiol.* 2018 Mar;28(3):1328–37.

57. Anderson CL, Crespo JC, Lie TH. Risk of pneumothorax not increased by obstructive lung disease in percutaneous needle biopsy. *Chest.* 1994 Jun;105(6):1705–8.

58. Covey AM, Gandhi R, Brody LA, Getrajdman G, Thaler HT, Brown KT. Factors associated with pneumothorax and pneumothorax requiring treatment after

percutaneous lung biopsy in 443 consecutive patients. *J Vasc Interv Radiol JVIR*. 2004 May;15(5):479–83.

59. Anzidei M, Sacconi B, Fraioli F, Saba L, Lucatelli P, Napoli A, et al. Development of a prediction model and risk score for procedure-related complications in patients undergoing percutaneous computed tomography-guided lung biopsy. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2015 Jul;48(1):e1–6.

60. Wardyn PM, Broucker V de, Chenivesse C, Sobaszek A, Bulck RV, Perez T, et al. Assessing the applicability of the new Global Lung Function Initiative reference values for the diffusing capacity of the lung for carbon monoxide in a large population set. *PLOS ONE*. 2021 Jan 14;16(1):e0245434.

61. Wang S, Tu J, Chen W. Development and Validation of a Prediction Pneumothorax Model in CT-Guided Transthoracic Needle Biopsy for Solitary Pulmonary Nodule. *BioMed Res Int*. 2019 May 5;2019:1–7.

62. Zhao Y, Wang X, Wang Y, Zhu Z. Logistic regression analysis and a risk prediction model of pneumothorax after CT-guided needle biopsy. *J Thorac Dis*. 2017 Nov;9(11):4750–7.

ANNEXE

Annexe 1 : Tableau complémentaire des caractéristiques de la population totale et selon absence ou présence d'un pneumothorax

Variables	Population totale	Absence de pneumothorax	Pneumothorax	p
n	205	122	83	
Caractéristiques liées au patient				
Nombre de paquets-années (PA), médiane [IQR]	35,00 [20,00 ; 50,00]	35,00 [20,00 ; 43,50]	40,00 [20,00 ; 50,75]	0,249
Baisse du VEMS, n (%)				0,407
Minime (≥ 80%) ou absente	118 (59,9)	69 (59,5)	49 (60,5)	
Modérée (< 80%)	71 (36,0)	44 (37,9)	27 (33,3)	
Sévère (< 50%)	8 (4,1)	3 (2,6)	5 (6,2)	
<i>Données manquantes (%)</i>	3,9			
CVF (L), médiane [IQR]	3,20 [2,72 ; 4,03]	3,22 [2,76 ; 4,01]	3,20 [2,58 ; 4,03]	0,487
<i>Données manquantes (%)</i>	22,0			
CVF (%), moyenne (EC)	96 (22)	95 (21)	97 (24)	0,476
<i>Données manquantes (%)</i>	14,6			
VR (L), médiane [IQR]	2,30 [1,94 ; 2,94]	2,26 [1,94 ; 2,78]	2,36 [1,95 ; 3,14]	0,751
<i>Données manquantes (%)</i>	29,8			
VR (%), moyenne (EC)	104 [082 ; 124]	98 [82 ; 119]	107 [81 ; 128]	0,428
<i>Données manquantes (%)</i>	26,8			
CPT (L), médiane [IQR]	5,81 [4,97 ; 6,92]	5,81 [5,08 ; 6,92]	5,81 [4,93 ; 6,94]	0,838
<i>Données manquantes (%)</i>	22,4			
CPT (%), moyenne (EC)	96 (18)	95 (18)	98 (19)	0,162
CPT ≥ 120%	166 (91,7)	99 (93,4)	67 (89,3)	0,482
<i>Données manquantes (%)</i>	11,7			
Caractéristiques liées à la lésion				
Diagnostic histologique lésion maligne, n (%)				0,813
Adénocarcinome	102 (59,3)	62 (59,6)	40 (58,8)	
Autre	12 (7,0)	8 (7,7)	4 (5,9)	
Carcinome à petites cellules	6 (3,5)	3 (2,9)	3 (4,4)	
Carcinome de type NOS	3 (1,7)	2 (1,9)	1 (1,5)	
Carcinome épidermoïde	37 (21,5)	23 (22,1)	14 (20,6)	
Lymphome pulmonaire	7 (4,1)	3 (2,9)	4 (5,9)	
Métastase	2 (1,2)	2 (1,9)	0 (0,0)	
Tumeur neuro-endocrine	3 (1,7)	1 (1,0)	2 (2,9)	
Caractéristiques liées à l'intervention				
Nombre prélèvement, médiane [IQR]	2,00 [2,00 ; 3,00]	2,00 [2,00 ; 3,00]	2,00 [2,00 ; 3,00]	0,143
Angle de ponction (°), médiane [IQR]	55,00 [43,00 ; 72,00]	52,00 [41,50 ; 68,75]	61,00 [44,00 ; 73,50]	0,162
Les résultats sont exprimés par les effectifs (%) pour les variables qualitatives, par la moyenne (écart-type) pour les variables à distribution normale et par la médiane [intervalle interquartile : Q1-Q3] pour les variables à distribution non-normale.				
*Tests statistiques du Chi ² de Pearson ou Test de Fisher exact si petits effectifs < 5 (variables qualitatives) et tests statistiques de Mann-Whitney (variables quantitatives de distribution non gaussienne)				

Annexe 2 : Tableau complémentaire des caractéristiques de la population selon absence ou présence d'un drainage pleural

Variables	Absence de drain	Présence d'un drain	p
n	186	19	
Caractéristiques liées au patient			
Nombre de paquets-années (PA), médiane [IQR]	35,00 [20,00, 47,00]	38,00 [30,00, 50,00]	0,241
Baisse du VEMS, n (%)			0,231
Minime (≥ 80%) ou absente	109 (61,2)	9 (47,4)	
Modérée (< 80%)	63 (35,4)	8 (42,1)	
Sévère (< 50%)	6 (3,4)	2 (10,5)	
Données manquantes (%)	3,9		
CVF (L), médiane [IQR]	3,20 [2,75, 4,03]	3,35 [2,33, 3,92]	0,426
Données manquantes (%)	22,0		
CVF (%), moyenne (EC)	96 (22)	92 (24)	0,417
Données manquantes (%)	14,6		
VR (L), médiane [IQR]	2,22 [1,89, 2,79]	2,95 [2,40, 3,52]	0,027
Données manquantes (%)	29,8		
VR (%), moyenne (EC)	98 [80, 119]	134 [107, 147]	0,011
Données manquantes (%)	26,8		
CPT (L), médiane [IQR]	5,76 [4,98, 6,89]	6,65 [5,08, 7,22]	0,241
Données manquantes (%)	22,4		
CPT (%), moyenne (EC)	95 (19)	103 (16)	0,113
CPT ≥ 120%	151 (92,1)	15 (88,2)	0,933
Données manquantes (%)	11,7	15 (88,2)	0,933
Caractéristiques liées à l'intervention			
Nombre prélèvement, médiane [IQR]	2,00 [2,00, 3,00]	2,00 [2,00, 3,00]	0,480
Angle de ponction (°), médiane [IQR]	54,00 [42,25, 72,00]	69,00 [50,00, 76,00]	0,065
Les résultats sont exprimés par les effectifs (%) pour les variables qualitatives, par la moyenne (écart-type) pour les variables à distribution normale et par la médiane [intervalle interquartile : Q1-Q3] pour les variables à distribution non-normale.			
*Tests statistiques du Chi ² de Pearson ou Test de Fisher exact si petits effectifs < 5 (variables qualitatives) et tests statistiques de Mann-Whitney (variables quantitatives de distribution non gaussienne)			

Annexe 3 : Analyse univariée du risque de pneumothorax et de drainage pleural

Variables	Pneumothorax		Drainage	
	OR (IC95%)	p	OR (IC95%)	p
Caractéristiques liées au patient				
Sexe masculin	0,58 (0,31-1,06)	0,076	0,89 (0,32-2,45)	0,816
Age	1,17 (0,86-1,59)	0,309	0,87 (0,58-1,3)	0,496
Antécédents de tabagisme	0,53 (0,23-1,26)	0,151	1,14 (0,25-5,27)	0,867
Pneumopathie interstitielle	2,06 (0,69-6,18)	0,196	0,74 (0,09-5,98)	0,777
Emphysème	1,15 (0,63-2,09)	0,644	1,97 (0,63-6,17)	0,246
Grade emphysème	0	0,022	0	0,005
Minime	1	0	1	0
Modéré	2,29 (1,01-5,2)	0,047	2,57 (0,45-14,72)	0,289
Sévère	3,17 (1,3-7,72)	0,011	9,72 (1,95-48,33)	0,005
VEMS (%)	0,99 (0,75-1,32)	0,972	0,67 (0,42-1,06)	0,084
Baisse du VEMS	0	0,413	0	0,306
Minime (≥ 80%) ou absente	1	0	1	0
Modérée (< 80%)	0,86 (0,47-1,58)	0,635	1,54 (0,56-4,19)	0,4
Sévère (< 50%)	2,35 (0,54-10,28)	0,258	4,04 (0,71-22,97)	0,116
Tiffeneau < 70%	2,4 (1,32-4,36)	0,004	2,68 (1-7,14)	0,05
Caractéristiques liées à la lésion				
Taille lésion > 2cm	0,67 (0,36-1,23)	0,197	0,67 (0,25-1,78)	0,418
Localisation lésion (réf = inférieure)	1,69 (0,95-3,02)	0,074	1,04 (0,39-2,76)	0,943
Aspect de la lésion	0	0,861	0	0,289
Nodule solide	1	0	1	0
Condensation	0,84 (0,24-2,98)	0,79	0 (0-Inf)	0,99
Nodule mixte/verre dépoli	1,47 (0,29-7,5)	0,64	1,89 (0,21-17,07)	0,571
Excavation lésion	1,45 (0,66-3,19)	0,358	1,72 (0,53-5,59)	0,369
Profondeur lésion	0	0,571	0	0,024
Adhérente	1	0	1	0
Centrale	1,63 (0,65-4,11)	0,296	6,06 (1,58-23,17)	0,008
Périphérique	1,15 (0,63-2,1)	0,646	2,81 (0,9-8,75)	0,075
Type lésion	0	0,757	0	0,732
Bénin	1	0	1	0
Indéterminé	1,33 (0,32-5,54)	0,692	0,55 (0,05-5,92)	0,618
Malin	0,87 (0,35-2,18)	0,769	0,57 (0,15-2,17)	0,413
Caractéristiques liées à l'intervention				
Distance trajet aiguille plèvre-lésion (mm)	1,06 (0,8-1,41)	0,664	2,31 (1,11-4,8)	0,025
Poumon aéré sur trajet aiguille	1,31 (0,53-3,26)	0,555	2,41 (0,31-18,98)	0,402
Emphysème sur trajet aiguille	1,7 (0,91-3,18)	0,099	4,57 (1,73-12,09)	0,002
Point de ponction aiguille	0	0,048	0	0,015
Antérieur	1	0	1	0
Latéral	2,39 (1,12-5,12)	0,025	5,35 (1,14-25,07)	0,033
Postérieur	1,27 (0,61-2,65)	0,52	1,49 (0,28-7,99)	0,639
Angle de ponction (°)	1,16 (0,87-1,54)	0,304	1,74 (0,97-3,11)	0,061

Annexe 3 (suite) : Analyse univariée du risque de pneumothorax et de drainage pleural

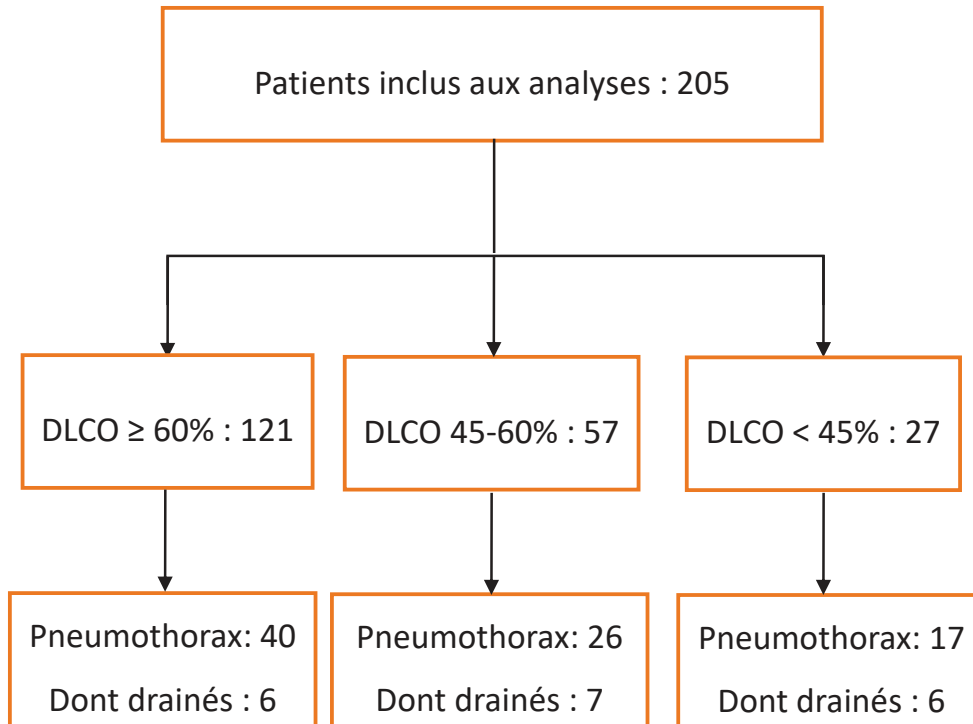
Position patient		0	0,007	0	0,043
	DD	0,98 (0,53-1,82)	0,949	2,15 (0,67-6,85)	0,196
	DV	1	0	1	0
	DL	3,69 (1,51-9,02)	0,004	5,13 (1,43-18,34)	0,012
Contact pleural		0,8 (0,46-1,4)	0,437	0,29 (0,1-0,83)	0,021
Utilisation water seal		0,32 (0,16-0,64)	0,001	0,52 (0,14-1,95)	0,33
Radiologue expérimenté		1,13 (0,63-2,04)	0,687	1,5 (0,52-4,36)	0,452

Les résultats sont exprimés par les effectifs (%) pour les variables qualitatives, par la moyenne (écart-type) pour les variables à distribution normale et par la médiane [intervalle interquartile : Q1-Q3] pour les variables à distribution non-normale.

*Tests statistiques du Chi² de Pearson ou Test de Fisher exact si petits effectifs < 5 (variables qualitatives) et tests statistiques de Mann-Whitney (variables quantitatives de distribution non gaussienne)

Données manquantes détaillées tableau 1 et Annexe 1.

Annexe 4 : Incidence de pneumothorax et drainage selon la DLCO



Annexe 5 : Durée de drainage selon la valeur de la DLCO

Variables	Tous	≥ 60%	45-60 %	< 45%	p
n, moyenne (EC)	19	6	7	6	
Durée de drainage (jours)	2,53 (1,38)	2,25 (1,60)	2,79 (1,68)	2,50 (0,84)	0,802

Les résultats sont exprimés par la moyenne (écart-type) pour les variables à distribution normale.

*Tests statistiques du Chi² de Pearson ou Test de Fisher exact si petits effectifs < 5 (variables qualitatives) et tests statistiques de Mann-Whitney (variables quantitatives de distribution non gaussienne)

Note d'information concernant la recherche

**« BIOPSIE PULMONAIRE SOUS SCANNER : EVALUATION DE LA
DLCO COMME FACTEUR DE RISQUE DE PNEUMOTHORAX »**

Responsable : CHU de Nantes

Madame, Monsieur,

Le Centre Hospitalier et Universitaire de Nantes conduit une recherche sur l'évaluation de la fonction respiratoire chez les patients présentant un pneumothorax après une biopsie pulmonaire sous scanner. Il en est également le responsable. L'objectif de la recherche est d'évaluer si la baisse de la diffusion du monoxyde de carbone (DLCO) est associée à une augmentation du risque de pneumothorax et de drainage pleural après une biopsie pulmonaire sous scanner.

Cette recherche est réalisée à partir de données médicales collectées au cours de votre prise en charge.

Cette recherche est réalisée en collaboration entre les services de pneumologie et d'imagerie thoracique.

Sécurité

Cette recherche s'effectue sur des données déjà collectées dans le cadre de votre prise en charge habituelle en soin. Les résultats qui en seront issus ne permettront pas d'apporter des informations pertinentes pour votre santé en particulier mais favoriseront le développement des connaissances scientifiques.

Dans le cadre de cette recherche, un traitement informatique des données vous concernant va être mis en œuvre. Il permettra d'analyser les informations disponibles pour répondre à l'objectif de la recherche. Durant toute cette phase, la confidentialité des données vous concernant sera respectée. Dans notre registre, la personne est clairement identifiée et non codée. Les informations ont ensuite été codées pour les analyses statistiques.

L'ensemble de ces données est sous la responsabilité du CHU de Nantes.

Communication scientifique

Les résultats pourront faire l'objet d'une présentation globale dans des communications scientifiques ; en aucun cas l'identité des participants ne sera révélée.

Collaborations nationales et internationales

Ces données pourront faire l'objet de transferts nationaux ou internationaux. Au sein de l'Europe la protection de vos données est garantie (Règlement européen UE 2016/679). Hors Europe vos données pourront être transmises dans des états n'ayant pas le même niveau d'exigence en termes de protection des données. Le CHU de Nantes s'assurera alors des garanties apportées par le destinataire.

Réglementation

Le traitement de vos données personnelles a pour fondement juridique la mission d'intérêt public que représente cette recherche.

Droit d'accès, de rectification et de limitation du traitement des données

Conformément aux dispositions de la loi relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés (loi modifiée du 6 janvier 1978), de la loi n° 2018-493 du 20 juin 2018 relative à la protection des données personnelles et du Règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données (RGPD), vous disposez d'un droit d'accès, de rectification, et de limitation du traitement de vos données personnelles. Vous pouvez également porter une réclamation auprès d'une autorité de contrôle (CNIL pour la France).

Vous pouvez également accéder directement ou par l'intermédiaire d'un médecin de votre choix à l'ensemble de vos données médicales en application des dispositions de l'article L 1111-7 du Code de la Santé Publique.

Le traitement des données réalisé spécifiquement pour la recherche sera conservé tout au long de la recherche puis archivé 2 ans après la dernière publication avant d'être détruit.

L'investigateur pourra vous informer, sur votre demande, des résultats globaux de cette recherche.

Votre participation à cette recherche est libre. Vous pouvez vous opposer à l'utilisation des données vous concernant pour cette recherche, sans avoir à donner de motif. Cela n'aura aucune conséquence sur la qualité des soins qui vous seront donnés ; vous devez simplement en informer le responsable du traitement (CHU de Nantes), contact ci-dessous.

VOS CONTACTS :

Pour toute question concernant la recherche menée impliquant les données vous concernant :

L'investigateur coordonnateur de la recherche :

Baptistine BOMMELAER et Docteur Anne Laure CHENE
✉ service de pneumologie – Hopital Laennec – CHU de Nantes
☎ 02.40.16.52.36
mail : secretariat-pneumologie@chu-nantes.fr

Pour toute question générale sur le traitement de vos données :

Le responsable du traitement :

CHU de Nantes, direction de la recherche
5 allée de l'Île Gloriette, 44093 NANTES Cedex 1

Le Délégué à la Protection des Données (DPO) :

vosdonneespersonnelles@chu-nantes.fr

**Vous souhaitez vous opposer à la recherche : BIOPSIE PULMONAIRE SOUS SCANNER :
EVALUATION DE LA DLCO COMME FACTEUR DE RISQUE DE PNEUMOTHORAX ?**

Etape 1 : Compléter ce formulaire :

Cas 1 : je m'oppose pour moi-même

Je soussigné(e),

Nom usuel :Nom de naissance :

Prénom :

Date de naissance :Lieu de naissance :

M'oppose à l'utilisation de mes données de santé pour cette recherche : **oui**

A Date :/...../.....

Signature :

OU Cas 2 : En tant que représentant, je m'oppose pour un mineur, une personne protégée

Je soussigné(e),

Nom usuel :Prénom :

Identité de la personne pour laquelle je signe :

Nom usuel :Nom de naissance :
.....

Prénom :

Date de naissance :Lieu de naissance :

Je signe pour cette personne en qualité de :

Tuteur / Curateur Autorité parentale

M'oppose à l'utilisation de ses données de santé pour cette recherche : **oui**

A Date :/...../.....

Signature :

**Etape 2 : Retourner ce formulaire complété à l'investigateur coordonnateur de la
recherche (contact ci-dessus)**

NOM : PICAVER épouse BOMMELAER

PRENOM : Baptistine

**Titre de Thèse : BIOPSIE PULMONAIRE SOUS SCANNER : EVALUATION
DE LA DLCO COMME FACTEUR DE RISQUE DE PNEUMOTHORAX**

RESUME

La biopsie pulmonaire sous scanner est une technique de prélèvement fréquemment utilisée dans l'exploration des nodules et masses pulmonaires qui présente un bon rendement diagnostique. La principale complication est le pneumothorax nécessitant parfois un drainage pleural. Le but de notre étude est de déterminer si la baisse de la DLCO (diffusion du monoxyde de carbone) est un facteur de risque de pneumothorax et de drainage après une biopsie pulmonaire sous scanner.

Nous avons réalisé une étude observationnelle, rétrospective et monocentrique incluant les patients ayant reçu une biopsie pulmonaire sous scanner au CHU de Nantes du mois d'octobre 2018 à janvier 2022. Notre base de données comportait 396 biopsies pulmonaires guidées par scanner. La valeur de DLCO était disponible pour 205 patients.

La DLCO médiane est statistiquement moins élevée dans le groupe « pneumothorax » à $60\% \pm 20$ contre $67\% \pm 16$ dans le groupe « absence de pneumothorax » ($p=0,03$), ainsi que dans le groupe « drainés » comparé aux « non drainés ». Nous avons mis en évidence une association significative entre la baisse de la DLCO inférieure à 45% et le risque de pneumothorax (OR ajusté 4,73 (IC95% 1,6-14,02)) ainsi que le risque de drainage pleural (OR ajusté 6,48 (IC95% 1,51-27,73)) comparé à une DLCO supérieure ou égale à 60% .

La baisse de la DLCO inférieure à 45% est donc un facteur de risque indépendant de pneumothorax et de drainage pleural après une biopsie pulmonaire sous scanner.

MOTS-CLES

DLCO – EFR – Fonction respiratoire – Biopsie pulmonaire – Biopsie sous scanner – Pneumothorax – Drainage pleural