

Recommandations formalisées d'experts pour la prise en charge des pneumothorax spontanés primaires*

Guidelines for Management of Patients with Primary Spontaneous Pneumothorax

S. Jouneau • J.-D. Ricard • A. Seguin-Givelet • N. Bigé • D. Contou • T. Desmettre • D. Hugenschmitt • S. Kepka • K. Le Gloan • B. Maître • G. Mangiapan • S. Marchand-Adam • A. Mariolo • T. Marx • J. Messika • E. Noël-Savina • M. Oberlin • L. Palmier • M. Perruez • C. Pichereau • N. Roche • M. Garnier • M. Martinez †

Reçu le 21 janvier 2023 ; accepté le 23 janvier 2023

© SFMU et Lavoisier SAS 2023



S. Jouneau

Service de pneumologie, centre de compétences pour les maladies pulmonaires rares, université de Rennes-I, IRSET UMR 1085, hôpital Pontchaillou, Rennes, France

J.-D. Ricard

Inserm IAME U1137, Paris, service de médecine intensive réanimation, université Paris-Cité, Assistance publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP), hôpital Louis-Mourier, Colombes, France

A. Seguin-Givelet

³ Département de chirurgie, Institut du thorax Curie-Montsouris, Institut mutualiste Montsouris, université Paris-Cité, Paris, France

N. Bigé

Département interdisciplinaire d'organisation du parcours patient, médecine intensive réanimation, Institut Gustave-Roussy, Villejuif, France

D. Contou

Réanimation polyvalente, centre hospitalier Victor-Dupouy, Argenteuil, France

T. Desmettre

Département des urgences, centre hospitalo-universitaire (CHU) de Besançon, université de Franche-Comté, UMR CNRS 6249, Besançon, France

D. Hugenschmitt

Samu-Smur 69, hôpital Édouard-Herriot, hospices civils de Lyon, Lyon, France

S. Kepka

Département des urgences, hôpitaux universitaires de Strasbourg, université de Strasbourg ICUBE UMR 7357, Strasbourg, France

K. Le Gloan

Département des urgences, CHU de Nantes, Nantes, France

B. Maître

IMRB Inserm U955, service de pneumologie, centre hospitalier intercommunal de Créteil, et unité de pneumologie, université Paris-Est-Créteil, hôpital Henri-Mondor, AP-HP, Créteil, France

G. Mangiapan

Service de pneumologie, unité de pneumologie interventionnelle, centre hospitalier intercommunal de Créteil, Créteil, France

S. Marchand-Adam

Service de pneumologie et explorations respiratoires fonctionnelles, CHRU de Tours, Tours, France

A. Mariolo

Département de chirurgie, Institut du thorax Curie-Montsouris, Institut mutualiste Montsouris, Paris, France

T. Marx

Département des urgences, centre hospitalo-universitaire (CHU) de Besançon, université de Franche-Comté, UMR CNRS 6249, Besançon, France

J. Messika

Inserm UMR 1152, service de pneumologie B et transplantation pulmonaire, université Paris-Cité, hôpital Bichat, AP-HP, Paris, France

E. Noël-Savina

Service de pneumologie et soins intensifs respiratoires, CHU de Toulouse, Toulouse, France

M. Oberlin (✉)

Département des urgences, centre hospitalier de Sélestat, Sélestat, France
e-mail : mathieu.oberlin@outlook.fr

L. Palmier

Pôle anesthésie-réanimation douleur urgences, hôpital Carémeau, CHU de Nîmes, Nîmes, France

M. Perruez

Département des urgences, hôpital européen Georges-Pompidou, AP-HP, Paris, France

C. Pichereau

Médecine intensive réanimation, centre hospitalier intercommunal de Poissy-Saint-Germain, Poissy, France

N. Roche

UMR1016, service de pneumologie, université Paris-Cité, hôpital Cochin, AP-HP, Paris, France

M. Garnier

GRC 29, service d'anesthésie-réanimation et médecine périopératoire, Sorbonne Université, hôpital Tenon, AP-HP, Paris, France

M. Martinez †

Pôle urgences, centre hospitalier du Forez, Montbrison, France

* Sous l'égide de la Société de pneumologie de langue française (SPLF), avec la collaboration de la Société française de médecine d'urgence (SFMU), de la Société de réanimation de langue française (SRLF), de la Société française de chirurgie thoracique et cardiovasculaire (SFCTCV), et de la Société française d'anesthésie et de réanimation (SFAR).

Résumé

Introduction : Le pneumothorax spontané primaire (PSP) est un épanchement gazeux dans la cavité pleurale, survenant hors traumatisme et pathologie respiratoire connue. Des recommandations formalisées d'experts sur le sujet sont justifiées par les pluralités de moyens diagnostiques, stratégies thérapeutiques et disciplines médicochirurgicales intervenant dans leur prise en charge.

Méthodes : Revue bibliographique, analyse de la littérature selon méthodologie GRADE (Grading of Recommendation Assessment, Development and Evaluation) ; propositions de recommandations cotées par experts, patients et organisateurs pour obtenir un consensus. Seuls les avis d'experts avec accord fort ont été retenus.

Résultats : Un décollement sur toute la hauteur de la ligne axillaire et supérieur ou égal à 2 cm au niveau du hile à la radiographie thoracique de face définit la grande abondance. La stratégie thérapeutique dépend de la présentation clinique : exsufflation en urgence pour PSP suffocant ; en l'absence de signe de gravité : prise en charge conservatrice (faible abondance), exsufflation ou drainage (grande abondance). Le traitement ambulatoire est possible si organisation en amont de la filière. Les indications, procédures chirurgicales et l'analgésie périopératoire sont détaillées. Les mesures associées, notamment le sevrage tabagique, sont décrites.

Conclusion : Ces recommandations sont une étape de l'optimisation des stratégies de traitement et de suivi des PSP en France.

Mots clés : Pneumothorax · Plèvre · Ambulatoire · Mini-invasive · Drain

Abstract

Introduction: Primary spontaneous pneumothorax (PSP) is the presence of air in the pleural space, occurring in the absence of trauma and known lung disease. Standardized expert guidelines on PSP are needed due to the variety of diagnostic methods, therapeutic strategies and medical and surgical disciplines involved in its management.

Methods: Literature review, analysis of literature according to the GRADE (Grading of Recommendation Assessment, Development and Evaluation) methodology; proposals for guidelines rated by experts, patients, and organizers to reach a consensus. Only expert opinions with strong agreement were selected.

Results: A large PSP is defined as presence of a visible rim along the entire axillary line between the lung margin and the chest wall and superior or equal to 2 cm at the hilum level on frontal chest x-ray. The therapeutic strategy depends on the clinical presentation: emergency needle aspiration for tension PSP; in the absence of signs of severity: conservative management (small PSP), needle aspiration or chest tube drainage (large PSP). Outpatient treatment is possible if a dedicated outpatient care system is previously organized. Indications, surgical procedures and perioperative analgesia are detailed. Associated measures, including smoking cessation, are described.

Conclusion: These guidelines are a step towards PSP treatment and follow-up strategy optimization in France.

Keywords: Pneumothorax · Pleura · Outpatient · Minimally Invasive · Chest-tube

Comité de pilotage d'experts : S. Jouneau, J. Messika, C. Pichereau, N. Bigé, M. Oberlin, M. Martinez

Organisateurs : N. Roche, B. Maître

Référent méthodologie : S. Marchand-Adam

Groupes de lecture :

Pour le conseil scientifique de la SPLF : C. Andréjak, C. Leroyer, M. Gosset-Woimant, B. Maître, M. Sabatini

Pour le conseil d'administration de la SFMU : K. Tazarourte, S. Charpentier, A. Ricard-Hibon, P.-Y. Gueugniaud, P. Goldstein, J. Schmidt, D. Pateron, C. Pradeau, M. Vergne, J.-P. Fontaine, T. Chouihed, I. Boust, T. Desmettre, F. Dumas, O. Ganansia, Y. Penverne, P. Ray, D. Hugenschmitt, S. Travers, Y. E. Claessens, Y. Yordanov

Pour la Commission des référentiels et de l'évaluation de la SRLF : K. Kuteifan (secrétaire), I. Adda, C. Bailleul, N. Bigé, C. Cerf, P.F. Dequin, J. Duvivier, M. Grimaud, S. Jean, A. Kimmoun, J. Mootien, C. Pichereau, C. Rosolin, F. Schortgen, M. Simon, A. Thille.

Pour le conseil scientifique de la SFCTCV : P. Mordant, L. Brouchet, F. Le Pimpec Barthes, A. Legras, O. Mercier.

Pour le comité des référentiels cliniques de la SFAR : M. Garnier, A. Blet, A. Caillard, H. Charbonneau, I. Constant, H. de Courson, A. de Jong, M.-O. Fischer, D. Frasca, M. Jabaudon, D. Michelet, S. Ruiz, E. Weiss.

Pour le conseil d'administration de la SFAR : P. Albaladejo, J.-M. Constantin, M. Léone, K. Nouette-Gaulain, F. Le Saché, M.-L. Cittanova, I. Constant, J. Amour, H. Beloeil, V. Billard, M.-P. Bonnet, J. Cabaton, M. Costecalde, L. Delaunay, D. Garrigue, P. Kalfon, O. Joannes-Boyau, F. Lacroix, O. Langeron, S. Lasocki, J. Muret, O. Rontes, N. Smail, P. Zetlaoui.

Introduction

Le pneumothorax spontané primaire (PSP) est une maladie fréquente touchant principalement les sujets jeunes, masculins, longilignes et fumeurs. Le pronostic est excellent, la mortalité quasi nulle. La taille du PSP est importante à prendre en compte dans la décision thérapeutique (nécessité d'une évacuation de l'air intrapleurale ou prise en charge conservatrice), mais fait l'objet de nombreuses définitions compliquant la comparaison des études publiées [1–6]. La prise en charge thérapeutique demande à être mieux codifiée [1,6], en prenant en compte des études récentes à haut niveau de preuves [7–9] et le constat d'une absence de récurrence chez une majorité de patients après un premier épisode de PSP [10]. Se pose également la question du lieu de la prise en charge, hospitalier ou ambulatoire [8,9,11–14], et du recours à des « centres experts » (comportant un service de chirurgie thoracique pouvant intervenir, notamment pour la prise en charge des hémithorax instables).

Dans ce contexte, les présentes recommandations de pratique clinique ont été élaborées conjointement par la Société de pneumologie de langue française (SPLF), la Société française de médecine d'urgences (SFMU), la Société de réanimation de langue française (SRLF), la Société française d'anesthésie et réanimation (SFAR) et la Société française de chirurgie thoracique et cardiovasculaire (SFCTCV). Ces recommandations ont fait l'objet d'une publication princeps dans la *Revue des maladies respiratoires* [15]. Elles concernent exclusivement les patients atteints de PSP de 15 ans et plus, excluant les pneumothorax spontanés secondaires ou les pneumothorax non spontanés (traumatiques, iatrogènes, etc.).

Méthode

Ces recommandations sont le résultat du travail d'un groupe d'experts réuni par la SPLF en collaboration avec différentes autres sociétés savantes impliquées dans la prise en charge des patients atteints de PSP : SFMU, SRLF, SFCTCV et SFAR. Dans un premier temps, le comité d'organisation a défini les questions à traiter. Il a ensuite désigné les experts en charge de chacune d'entre elles. À chaque fois que cela était applicable, les questions ont été formulées selon un format PICO (Patients/Population, Intervention, Comparaison, Outcomes) après une première réunion du groupe d'experts. Les recherches bibliographiques ont été réalisées selon les équations définies à partir des questions PICO et autres formats. Les auteurs ont ensuite sélectionné les articles pertinents. Seule la base de données PubMed a été utilisée, en ne sélectionnant que les articles en français ou en anglais. La littérature était analysée du 26 mai au 17 juillet 2020, les équations utilisées figurent en Annexe A. Les publications

ont été analysées à partir de 2005, sauf pour les études randomisées contrôlées qui étaient incluses en remontant jusqu'en 1990. Des exceptions ont été faites pour certaines publications princeps ou études anciennes sans équivalent récent (ex. : épidémiologie, voyage en avion, plongée sous-marine, techniques chirurgicales). La base bibliographique a été complétée par l'examen des références citées dans les articles ainsi identifiés.

L'analyse de la littérature a été conduite selon la méthodologie GRADE (Grading of Recommendation Assessment, Development and Evaluation). Un niveau de preuve (fort, modéré, faible) global a été défini pour l'ensemble des études prises en compte pour chaque question, en fonction de leur qualité méthodologique. Les membres du groupe de travail ont alors formulé des recommandations classées en recommandations « fortes » (le groupe recommande de .../recommande de ne pas...) ou recommandations « conditionnelles » (le groupe suggère de .../suggère de ne pas...). Lorsque dans la littérature le niveau de preuve était inexistant, un « avis d'experts » a parfois été proposé. Les propositions de recommandations ont été présentées et discutées une à une lors de plusieurs réunions du groupe. Chaque recommandation a alors été évaluée par chacun des experts et chacun des membres du comité d'organisation et soumise à leurs cotations individuelles à l'aide d'une échelle allant de 1 (désaccord complet) à 9 (accord complet). Deux patients ont également participé aux cotations et discussions collégiales comme recommandé par la méthodologie GRADE. La cotation collective a été établie selon une méthodologie GRADE grid. Pour valider une recommandation sur un critère, au moins 50 % des experts devaient exprimer un accord et moins de 20 % un désaccord. Pour qu'un accord soit fort, au moins 70 % des participants devaient exprimer un accord. En l'absence d'accord fort, les recommandations ont été reformulées et, de nouveau, soumises à cotation dans l'objectif d'aboutir à un consensus. Seuls les avis d'experts ayant obtenu un accord fort ont été retenus. Toutes les recommandations de ce document ont obtenu un accord fort. Ainsi, chaque recommandation produite est assortie de sa force (forte/conditionnelle) et du niveau de preuve à l'appui. Outre le niveau de preuve, la force d'une recommandation prend en compte l'importance clinique accordée par les membres du groupe aux critères d'évaluation des effets de l'intervention considérée.

Synthèse des résultats

1. Définition du pneumothorax spontané primaire

Les consensus internationaux [2,4,16] définissent le pneumothorax spontané (PS) comme un épanchement gazeux dans la cavité pleurale, survenant dans un contexte non

traumatique (à la différence des pneumothorax traumatiques ou iatrogènes). Le caractère primaire (PSP) est défini par un PS qui est diagnostiqué chez un patient sans pathologie respiratoire sous-jacente connue, à la différence des pneumothorax spontanés secondaires (PSS). Ces définitions sont celles utilisées dans les différents travaux de la littérature quel que soit le type d'étude (séries rétrospectives, études prospectives, interventionnelles ou non, méta-analyses) et le type d'intervention testée (surveillance seule, traitement ambulatoire, drainage percutané, exsufflation, ou traitement chirurgical).

Les études épidémiologiques concernant les PS sont anciennes, et les données existantes concernant les PS proviennent d'Europe et d'Amérique du Nord. Le plus souvent, elles ne différencient pas PSP et PSS. Au-delà des chiffres bruts, 22,7 cas pour 100 000 habitants [17], l'incidence est plus élevée chez les hommes, avec un ratio entre 1/2 à 1/6 [17–24]. Ainsi, l'incidence des PS a été évaluée par des études épidémiologiques exhaustives [22,24], avec des minimales et maximales à 7,4 et 24/100 000 habitants par an chez les hommes ; et 1,2–6/100 000 habitants par an chez les femmes ; les taux d'hospitalisations rapportées sont de l'ordre de 16,7/100 000 pour les hommes ; 5,8/100 000 pour les femmes [18].

La mortalité du PS est réputée extrêmement faible : 1,26 décès par million et par an chez les hommes, et 0,62 décès par million et par an chez les femmes, principalement en cas de PSS [18]. Cela en fait une pathologie très fréquente, mais le plus souvent bénigne. Cependant, il existe des formes particulières qui peuvent mettre en jeu le pronostic vital (cf. chapitres dédiés : signes de gravité, cas particuliers).

Les autres caractéristiques démographiques proviennent de la littérature observationnelle, puisque les études randomisées sélectionnent par essence les participants selon des critères précis, notamment d'âge minimal. Par exemple, dans les études récentes d'Hallifax et al., l'âge minimal était de 16 ans [9], et dans celle de Brown et al., de 14 ans [8]. Ainsi, l'âge de survenue des PSP est habituellement rapporté entre 22,7 et 35 ans [11–14,17,25–30]. Cependant, il faut noter que, si les auteurs de ces études ne rapportent pas d'âge minimal d'inclusion, aucune ne mentionne spécifiquement le recrutement d'enfants. Les patients atteints de PSP sont réputés grands et minces : les séries de la littérature rapportent des indices de masse corporelle peu élevés, entre 19,1 et 22,1 kg/m² [8,11–13,25,26,31–34], et des tailles moyennes relativement élevées, entre 176 cm et 182 cm [8,28,33,34]. Le tabagisme est un des facteurs de risque environnementaux majeur de PS rapporté dans la littérature. Il augmente le risque relatif de survenue d'un PS d'un facteur 9 pour les femmes et 22 pour les hommes [24]. De même, la consommation de cannabis a été rapportée

comme un facteur de risque significatif de survenue de PS [36]. Cependant, des travaux récents [37,38] ont noté que la consommation de tabac et de cannabis chez des patients atteints de PS était significativement liée à des lésions d'emphysème radiologique, posant la question du caractère « primaire » ou bien secondaire de ces PS. Certains facteurs de risque météorologiques ont été évoqués, comme la survenue de grands écarts de pression atmosphérique [39–43] ou une pression atmosphérique élevée [43], la survenue de périodes de grande chaleur [45] et une baisse de l'humidité relative [44]. Ces données n'ont pas été retrouvées dans le travail britannique de Gupta et al. [18].

Les signes cliniques du PSP sont ceux d'un épanchement pleural gazeux tels que décrits par Laënnec en 1819 [46] : ils sont inconstants et peu spécifiques (douleur thoracique, tympanisme à la percussion, abolition des vibrations vocales à la palpation et du murmure vésiculaire à l'auscultation) et doivent faire pratiquer un examen d'imagerie confirmant le diagnostic. Il est fondamental d'identifier précocement les signes de détresse respiratoire aiguë correspondant à des signes de sévérité afin de guider au mieux la prise en charge. Ces derniers éléments sont détaillés dans les chapitres suivants

La définition de la résolution du PSP (succès de prise en charge) correspond au recollement complet ou presque complet du poumon initialement décollé. En cas de patient drainé, la résolution du PSP permet d'envisager le retrait du drain.

2. Diagnostic du PSP et évaluation initiale

Les modalités diagnostiques sont résumées sur la figure 1.

2.1. Abondance du pneumothorax

Définir l'abondance d'un PSP est un enjeu crucial, car la prise en charge thérapeutique d'un PSP de faible abondance diffère de celle d'un PSP de grande abondance. Par ailleurs, l'abondance d'un pneumothorax n'est pas strictement corrélée aux signes cliniques de pneumothorax. Les définitions du pneumothorax de grande taille varient en fonction des différentes sociétés savantes et publications (Annexe B) [47] :

- pour le Collège des enseignants de pneumologie (CEP) [6] : décollement sur toute la hauteur de la ligne axillaire, d'une largeur supérieure ou égale à 2 cm au niveau du hile ;
- pour la Belgian Society of Pulmonology (BSP) [3] et la Spanish Society of Pulmonology and Thoracic Surgery (SEPAR) [1] : décollement pleural sur toute la hauteur de la paroi thoracique latérale ;
- pour la British Thoracic Society (BTS) [4] : présence d'une ligne visible à plus de 2 cm entre le poumon et la paroi thoracique ;

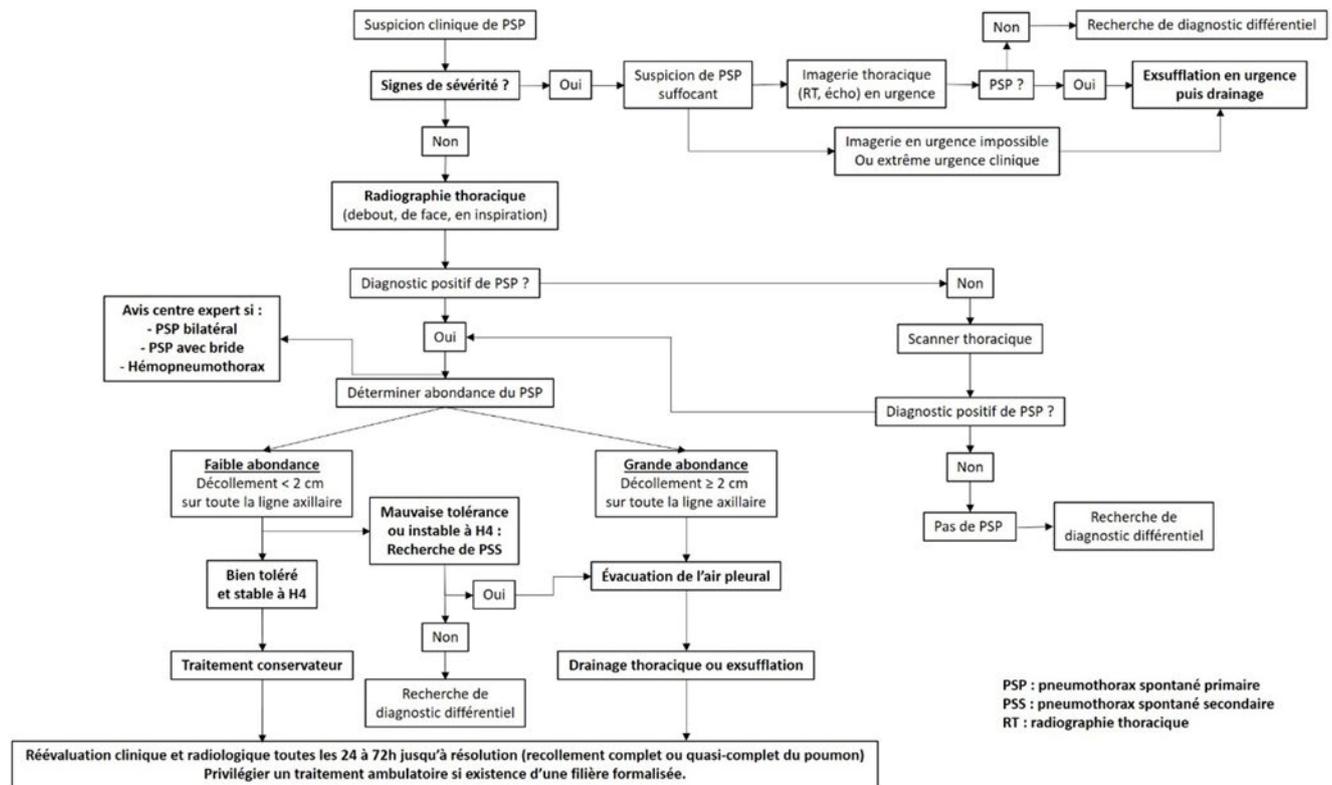


Fig. 1 Algorithme de prise en charge des PSP

- pour l'American College of Chest Physicians (ACCP) [2] : supérieure à 3 cm de distance interpleurale à l'apex.

La quantification du pneumothorax par scanner thoracique se fait par des algorithmes de quantification volumétrique qui peuvent être automatiques, avec une bonne précision [48]. Cette quantification prend en compte les trois dimensions de la cavité pleurale et ainsi permet une meilleure approximation du volume du pneumothorax.

Le groupe suggère de considérer qu'un PSP est de grande abondance lorsqu'il existe un décollement sur toute la hauteur de la ligne axillaire, d'une largeur ≥ 2 cm au niveau du hile. (Recommandation conditionnelle, niveau de preuve faible)

2.2. Imagerie diagnostique

2.2.1. Dans l'objectif de déterminer l'abondance ou de préciser un diagnostic différentiel d'un PSP, le scanner thoracique est-il supérieur à la radiographie thoracique ?

Le scanner thoracique est supérieur à la radiographie thoracique (RT) pour évaluer l'abondance d'un pneumothorax. La précision de la quantification de l'abondance d'un pneumothorax est meilleure par scanner thoracique que par

la RT, car il permet de visualiser la cavité pleurale en trois dimensions et de le comparer à la RT qui ne la visualise qu'en deux dimensions. Mais le coût, le temps et l'irradiation n'en font pas un examen de première intention.

Les méthodes de quantification de la RT sont multiples. La méthode de Rhea et al. est plus précise dans l'estimation des petits pneumothorax, mais sous-estime les pneumothorax de grande abondance [49]. La méthode Collins semble plus précise, principalement dans l'évaluation des pneumothorax de grande abondance [5]. L'index de Light semble moins précis et par ailleurs, il n'est pas corrélé à la méthode de Collins [50].

Le scanner thoracique est supérieur à la RT pour le diagnostic de pneumothorax en cas de doute diagnostique afin d'éliminer les diagnostics différentiels. Néanmoins, il est plus cher, moins accessible et plus irradiant. La sensibilité du scanner thoracique dans la détection des petits pneumothorax est meilleure. Cette sensibilité a été principalement évaluée dans le cadre des pneumothorax traumatiques et non en cas de PS. Le scanner thoracique est également utile afin de dépister des étiologies de pneumothorax secondaires [51]. Ruppert et al. retrouvent 28 % de RT anormale en cas de PS, alors que le scanner thoracique met en évidence 81 % d'anomalies [52]. Le diagnostic non visualisé en RT est principalement l'emphysème, mais la concordance reste

faible également pour les diagnostics de syndrome interstitiel, syndrome alvéolaire et reste modérée pour la mise en évidence de masses/nodules. Dans les années qui viennent, il est possible que le scanner thoracique ultrabasse dose vienne supplanter la RT comme examen de première intention, notamment aux urgences. La recommandation ci-après sera probablement à modifier alors.

Le groupe propose que bien que le scanner thoracique soit supérieur à la radiographie thoracique pour le diagnostic positif du PSP, l'évaluation de son abondance et l'élimination d'un diagnostic différentiel ; son coût, son irradiation et son accessibilité n'en font pas un examen de première intention. (Avis d'experts). Le groupe propose de réaliser une radiographie thoracique de face en inspiration, sans cliché en expiration, en cas de suspicion de PSP pour établir son diagnostic et évaluer son abondance. (Avis d'experts)

2.2.2. La réalisation d'un scanner thoracique pour le diagnostic positif d'un pneumothorax est-elle supérieure à la RT ?

Le scanner thoracique est une alternative à la RT pour le diagnostic de pneumothorax en l'absence de signe de sévérité, en cas de doute diagnostique. En raison de l'irradiation de l'examen, de son coût et de son accessibilité, celui-ci n'est pas nécessaire en cas de certitude du diagnostic sur la RT. L'intérêt réside dans la détection de petits pneumothorax, en cas de doute diagnostique. La sensibilité du scanner thoracique dans la détection des petits pneumothorax est meilleure. Cette plus grande sensibilité a été principalement évaluée et mise en évidence dans le cadre des pneumothorax traumatiques et iatrogènes [53,54]. En cas de réalisation d'un scanner thoracique, des protocoles d'imagerie à faible irradiation peuvent alors être réalisés. Chez les patients présentant des signes cliniques de sévérité, en raison du coût, de l'irradiation et des difficultés de mobilisation/transport d'un patient instable, le recours à un tel examen pour poser le diagnostic de PSP ne se justifie qu'après l'évaluation de la balance bénéfice/risque de transporter un tel patient.

Le groupe recommande de réaliser un scanner thoracique à faible irradiation en cas de doute diagnostique persistant malgré les investigations déjà entreprises. (Recommandation forte, niveau de preuve faible)

2.2.3. La réalisation d'une échographie thoracique pour le diagnostic positif de PSP est-elle supérieure à la RT ?
L'échographie thoracique n'est pas supérieure à la RT dans le diagnostic de PSP. Sa plus-value actuelle est dans la prise en charge des traumatisés thoraciques ou dans les suites d'un geste à risque de pneumothorax, quand la probabilité prétest

est élevée. Chez les patients de soins intensifs, sous ventilation mécanique, en postchirurgie, après gestes invasifs et principalement dans les suites de traumatismes thoraciques [55–62], la sensibilité du diagnostic de pneumothorax par échographie thoracique est supérieure à la RT. Cependant, la spécificité de la RT reste tout de même plus importante que celle de l'échographie thoracique. La sensibilité de l'échographie varie de 86 à 100 % selon les études pour le diagnostic de pneumothorax contre des sensibilités de 28 à 87,5 % pour la RT [63]. Par ailleurs, la spécificité de la RT est de 100 % et varie entre 97 et 100 % pour l'échographie. De plus, l'utilisation d'une sonde linéaire augmente la sensibilité par rapport à une sonde convexe [64].

Les données de la littérature sont insuffisantes pour ce qui concerne les PSP pour conclure sur la supériorité d'un des deux examens. Ainsi, à l'heure actuelle, en routine, la place de l'échographie thoracique n'est pas bien définie dans la prise en charge des PSP sans signe de sévérité. Cependant, du fait de sa bonne sensibilité et de la rapidité d'accessibilité à l'échographe en cas d'extrême urgence clinique, l'échographie thoracique peut se discuter en tant qu'alternative par des équipes expérimentées en échographie thoracique.

Le diagnostic échographique est dépendant de l'expérience du praticien mais aussi de la pathologie pulmonaire sous-jacente [56]. Celui-ci se fait sur l'étude du glissement pleural, des lignes B, du point poumon et du pouls pulmonaire [65]. En cas de diagnostic de pneumothorax à l'échographie, il semble prudent de réaliser une RT afin de préciser l'abondance du pneumothorax et de détecter d'éventuelles pathologies thoraciques sous-jacentes.

Le groupe suggère de ne pas se fonder uniquement sur l'échographie thoracique pour le diagnostic de PSP en l'absence de signe de sévérité. (Recommandation conditionnelle, niveau de preuve faible)

2.3. Dans l'objectif de déterminer l'abondance ou de préciser un diagnostic différentiel d'un PSP, l'échographie thoracique est-elle supérieure à la RT ou au scanner thoracique ?

Les données de la littérature ne permettent pas de conclure sur la place de l'échographie thoracique comme alternative à la RT pour évaluer l'abondance d'un pneumothorax. Volpicelli et al. ont évalué la place de l'échographie dans la quantification du pneumothorax [65]. La projection du « point poumon » est utilisée pour définir l'existence d'un pneumothorax de faible ou grande abondance [66]. Au-delà d'une projection au niveau de la ligne médiane axillaire ou plus postérieure, le pneumothorax est considéré comme de grande abondance en échographie [67]. La corrélation est faible avec les différentes définitions des pneumothorax de grande abondance en radiologie thoracique [1–4]. Un

« point poumon antérieur » à la ligne médioaxillaire a une valeur prédictive de 78,1 % pour un pneumothorax inférieur ou égal à 10 %, un « point poumon » sur la ligne médioaxillaire a une valeur prédictive entre 88,5 et 97,5 % pour un pneumothorax entre 11 et 30 %, et un « point poumon » postérieur à la ligne médioaxillaire a une valeur prédictive de 50 % pour un pneumothorax supérieur ou égal à 30 %.

Le groupe propose de ne pas se fonder uniquement sur l'échographie thoracique pour évaluer l'abondance d'un PSP. (Avis d'experts). Il n'existe aucune donnée dans la littérature pour conclure sur l'intérêt de l'échographie thoracique pour éliminer les diagnostics différentiels de PSP.

2.4. La réalisation d'une échographie thoracique pour le suivi après drainage d'un PSP est-elle supérieure à la RT ?

Il n'y a pas de recommandation standardisée sur la fréquence et le nombre de RT à faire pour le suivi d'un pneumothorax. Il est habituel de faire une RT de contrôle après la pose du drain pour vérifier sa position. Benton et Benfield ont montré qu'il y avait moins d'échecs de drainage si le drain était en position apicale [68]. Cependant, si le drain est dans une autre position, cela ne justifie pas de drainer à nouveau le patient ou de changer de drain. Le drainage est laissé en place jusqu'à ce que l'expansion pulmonaire soit complète et que le bullage ait cessé, ce qui justifie a priori de répéter les RT tant que l'expansion pulmonaire n'est pas obtenue. Après une épreuve de clampage ou de mise au bocal (écoulement libre), la RT est répétée six à huit heures après le début de l'épreuve [69].

L'échographie thoracique permet de diagnostiquer facilement le pneumothorax, en retrouvant la disparition des signes de mouvement de la ligne pleuropulmonaire (signe du glissement en mode B, pouls pulmonaire, signe du rivage en mode M), l'absence de lignes B et surtout le « point poumon », signe pathognomonique du pneumothorax [70]. Elle permet de déterminer l'extension du pneumothorax et son évolution en suivant la position du point poumon. La position du point poumon est corrélée à l'abondance du pneumothorax [71]. L'échographie thoracique est plus sensible que la RT dans le diagnostic du pneumothorax, en particulier lors des pneumothorax traumatiques ou iatrogènes [56,72–74]. Karagoz et al. ont comparé l'échographie et la RT dans le suivi de 62 patients drainés pour un PS [75]. Il n'y avait pas de différence de sensibilité entre radiographie et échographie avec une sensibilité de l'échographie de 95,6 % et une spécificité de 100 %. Les auteurs concluaient que l'échographie pouvait être utilisée à la place de la radiographie dans le suivi des PS drainés. Galbois et al. ont comparé échographie et RT dans le suivi de 44 patients avec pneumothorax drainés, 162 radiographies et échographies

ont été effectuées [76]. Au final, 33 pneumothorax résiduels ont été diagnostiqués, tous ont été vus en échographie (100 %) alors que la RT n'en avait détecté que 20 (61 %). De plus, la performance des opérateurs juniors était équivalente aux opérateurs expérimentés, après deux heures de formation spécifique. Les auteurs concluaient à la supériorité de l'échographie sur la RT pour le suivi des pneumothorax.

Le groupe suggère de réaliser une échographie thoracique pour le diagnostic de pneumothorax résiduel chez des patients drainés pour un pneumothorax. Dans les équipes non formées ou avec accès difficile à l'échographie, la RT peut être une alternative. (Recommandation conditionnelle, niveau de preuve modéré)

3. Prise en charge thérapeutique des PSP

Les modalités thérapeutiques sont résumées dans la figure 1.

3.1. Patient avec signe(s) de sévérité immédiate

3.1.1. Définition clinique

La survenue d'une détresse respiratoire ou d'une défaillance hémodynamique en cas de PSP est un événement rare [77,78]. Dans la majorité des cas de PSP, la tolérance clinique est bonne et permet de discuter la stratégie thérapeutique à envisager, en fonction du type de PSP (siège, importance, premier épisode ou récurrence, complication) [29–79].

Le groupe recommande de considérer un pneumothorax comme suffocant lorsqu'il est responsable d'une détresse respiratoire ou d'une défaillance hémodynamique. (Recommandation forte, niveau de preuve faible)

3.1.2. Extrême urgence = exsufflation

La survenue d'un pneumothorax suffocant avec retentissement clinique correspond à la présence d'une tamponnade gazeuse [78]. Un geste de décompression thoracique immédiat en urgence, au lit du patient après imagerie thoracique, permet de lever rapidement la compression [77,79]. Une fois l'instabilité respiratoire ou hémodynamique corrigée, la stratégie thérapeutique ultérieure sera discutée.

Le groupe recommande qu'en cas de PSP confirmé et suffocant, la décompression thoracique soit réalisée en urgence, par voie antérieure (ligne médioclaviculaire, deuxième espace intercostal) ou axillaire (ligne axillaire moyenne, quatrième espace intercostal), au moyen d'un matériel dédié (kit de thoracentèse) ou de tout autre dispositif d'exsufflation à disposition de l'opérateur. (Recommandation forte, niveau de preuve faible)

3.2. Patient sans signe de sévérité immédiate

Ce chapitre recouvre la prise en charge des patients atteints de PSP de grande et de faible abondance, en hospitalisation ou en ambulatoire.

3.2.1 PSP de grande abondance et/ou symptomatique sans signe de sévérité immédiate

Dans la quasi-totalité des études internationales, les PSP de grande abondance sont mélangés avec les PSP symptomatiques. Le caractère symptomatique du PSP est principalement la dyspnée chez des patients qui relevaient d'une intervention pour retirer l'air pleural. Nous avons donc repris cette classification mais, pour faciliter la lecture, nous proposons de n'indiquer dans les recommandations que « PSP de grande abondance » équivalent à « PSP de grande abondance ou symptomatique ». Nous avons comparé deux à deux les quatre modalités de prise en charge des patients atteints de PSP de grande abondance [2,4,16] :

- traitement conservateur : aucune intervention, « abstention thérapeutique » et surveillance ;
- traitement chirurgical ; traitement par exsufflation ; traitement par drainage thoracique.

3.2.1.1 Le traitement par drainage thoracique est-il supérieur au traitement conservateur ?

Il n'existe qu'une seule étude de fort niveau de preuve évaluant le traitement conservateur chez les patients avec PSP de grande abondance [8]. Le traitement conservateur est alors l'absence de geste pleural. Cette étude randomisée multicentrique en ouvert a inclus 316 patients de 14 à 50 ans, 154 dans le bras « drainage et hospitalisation », 162 dans le bras « traitement conservateur ». Au cours d'un premier épisode de PSP de grande abondance, unilatéral, sans signe de sévérité immédiate, la prise en charge conservatrice était non inférieure à la prise en charge standard par drainage et hospitalisation sur leur critère de jugement principal : la résolution radiographique à huit semaines [8]. Le délai de résolution était significativement plus court lorsqu'un drainage thoracique était réalisé d'emblée [8]. Le risque de récurrence homolatérale à un an était moindre dans le bras conservateur : 8,8 versus 16,8 % dans le bras standard [8,29]. Ces données sont néanmoins à prendre avec précaution car largement inférieures à ce qui est classiquement décrit en termes de rechute à un an, y compris dans le bras « drainage et hospitalisation », 29 % dans la méta-analyse de Walker et al., qui incluait plus de 13 000 patients avec PSP [10]. Une stratégie conservatrice permettait également un nombre de procédures (pleurales percutanées, recours à la chirurgie, imageries) moindre, une durée de séjour hospitalière moindre, une survenue d'effets indésirables (EI) moindre (aucun effet indésirable lié à la stratégie dans Brown et al. [8]), un nombre de jours d'arrêt de travail moindre [8]. Le taux d'échec de cette stratégie conservatrice (définie par

le recours à un drainage thoracique) était compris entre 15 et 21 % [8,80]. Cependant, de nombreux biais en limitent la portée. Tout d'abord, le nombre des patients perdus de vue fragilise les résultats : dans les analyses de sensibilité, si imputation d'échec à tous les perdus de vue, la différence de succès à huit semaines dépasse la borne de non-infériorité et l'étude est alors négative ; dans ce cas, la prise en charge conservatrice est moins efficace que le drainage en hospitalisation. De plus, il semble exister un biais d'inclusion, puisque seuls 316 des 2 637 patients présélectionnés ont été inclus. Enfin, la typologie des patients inclus semble particulière, puisque la durée d'évolution des PSP était de l'ordre de 40 heures, et les patients étaient très peu symptomatiques (échelle visuelle analogique [EVA] de dyspnée médiane à 1, et EVA de douleur initiale de l'ordre de 2 sur une échelle de 10). L'ensemble de ces limites rend les résultats de ce travail discutables et possiblement difficilement généralisables. Des études supplémentaires sont nécessaires pour vérifier la sécurité et mieux définir le profil des patients qui pourraient bénéficier d'un traitement conservateur.

Le groupe recommande d'évacuer l'air pleural chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate. (Recommandation forte, niveau de preuve modéré)

3.2.1.2. Le drainage thoracique est-il supérieur à l'exsufflation ?

L'exsufflation à l'aiguille nécessite un abord pleural transitoire court. La durée de l'exsufflation n'est pas standardisée dans la littérature. Elle est réalisée jusqu'à arrêt du bullage, [26,81,82] ; ou jusqu'à ce que l'aspiration soit impossible [25,31–35,83] ; ou jusqu'à aspiration d'un volume fixé [33,35,84], ou pendant une durée maximale [26,32,81]. Si l'exsufflation n'est pas suffisante, les études proposent soit de tenter une deuxième exsufflation [32,81,85] (voire une troisième exsufflation [26]), soit de passer au drainage thoracique directement [25,26,34,82,86]. Les sociétés savantes internationales ne recommandent pas de répéter le geste en cas de non-réexpansion complète lors de la première exsufflation [4,16]. L'échec de l'exsufflation est défini lorsqu'une tentative d'exsufflation (quelle que soit son ordre) est suivie d'un drainage thoracique [25,26,32,34,81,82,85,86].

Chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate, le drainage thoracique standard présente un taux de succès immédiat plus élevé (poumon recollé ou quasi recollé à la paroi) comparé à la prise en charge par exsufflation [33,81,83,87–89]. En revanche, les taux de succès plus tardifs, notamment au septième jour ou plus, semblent similaires entre drainage thoracique et exsufflation [31,32,83,88]. Dans les études, le taux de succès immédiat de l'exsufflation (suivant la réalisation de 1 à 3 procédures) serait globalement de 51 %

[26,31–33,35,81–90]. Dans les études, le taux de succès immédiat du drainage thoracique serait globalement de l'ordre de 68 % [31–33,81,83–85,87–90]. Chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate, l'exsufflation diminue la durée d'hospitalisation comparée à la prise en charge par drainage thoracique standard (c'est-à-dire en hospitalisation) : 3,3 versus 5,1 jours [27,31–33,35,81,83,84,87–89]. Chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate, l'exsufflation permettait de diminuer la durée de drainage par rapport à la prise en charge par drainage thoracique standard dans une étude contrôlée randomisée (2,0 versus 6,0 jours, $p < 0,05$) [84].

Concernant le risque de complication, il n'est que rarement mentionné et principalement dans les études les plus récentes. Chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate, le risque de complication était plus faible lors du traitement par exsufflation en comparaison du drainage thoracique [32,33,88]. Une seule étude retrouvait un taux de complications similaire entre exsufflation et drainage thoracique [85].

Chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate, l'exsufflation était moins douloureuse comparée à la prise en charge par drainage thoracique standard dans deux études [32,88], et la consommation d'antalgiques était significativement plus élevée chez les patients traités par drainage thoracique [32]. Deux autres études plus anciennes ne rapportaient pas de différence significative de douleur entre ces deux techniques [81,85]. Chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate, la satisfaction de la prise en charge (par EVA, plus score élevé, plus patient satisfait) n'était pas différente entre exsufflation et drainage thoracique dans la seule étude qui a analysé ce critère de jugement [85]. Chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate, le taux de recours à la chirurgie n'était pas différent entre la prise en charge par exsufflation et la prise en charge par drainage thoracique standard [84,85]. Une seule étude ancienne (1994) et au niveau de preuve faible rapportait un recours à la chirurgie de pleurectomie plus fréquent chez les patients randomisés dans le bras drainage thoracique en comparaison des patients traités par exsufflation [35]. En ce qui concerne les coûts, ce sujet n'a pas été analysé dans les études, la *Cochrane Database* de 2017 estimait donc ne pas pouvoir conclure [91]. Néanmoins, l'exsufflation permettant une diminution de durée d'hospitalisation comparativement au drainage thoracique (actuellement majoritairement en hospitalisation), on peut supposer que le coût d'une telle prise en charge serait moindre. Des études médicoéconomiques dédiées seront nécessaires pour confirmer cela. Chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate, les taux de rechute à un an (et pour certaines études à trois

mois) n'étaient pas différents entre la prise en charge par exsufflation et la prise en charge par drainage thoracique standard, avec des taux respectivement à 18,6 et 18,9 % [31,32,35,81,83,87,88,90]. À la lecture de cet argumentaire, l'exsufflation pourrait paraître supérieure au drainage thoracique, mais du fait de la possibilité d'une prise en charge ambulatoire par mini-drain thoracique et valve unidirectionnelle (cf. chapitre ci-après sur prise en charge ambulatoire), nous avons conservé en première ligne ces deux modalités de prise en charge médicale du PSP de grande abondance.

3.2.1.3 Le drainage thoracique est-il supérieur à la chirurgie ?

Il faut avant tout se souvenir que 70 % des patients présentant un premier épisode de PSP ne récidiveront jamais ; opérer tous les patients dès le premier épisode de PSP semble donc trop invasif [11]. Cependant, plusieurs travaux d'équipes chirurgicales ont comparé une stratégie de prise en charge chirurgicale (symphyse pleurale et exérèse de blebs) précoce (après drainage thoracique ou exsufflation) à une stratégie conventionnelle de drainage thoracique au cours d'un premier épisode de PSP de grande abondance.

Un essai randomisé comparant ces deux stratégies chez 181 patients a mis en évidence une diminution significative du risque de récurrence à un an chez les patients traités chirurgicalement (13 versus 34 %, $p = 0,0012$) [92], en accord avec plusieurs autres études de plus faible ampleur et de moindre qualité méthodologique [93–97]. La stratégie de prise en charge chirurgicale précoce semble associée à une durée d'hospitalisation significativement plus courte comparativement à une stratégie conventionnelle de drainage pleural [92,93,95–97]. L'unique étude ayant comparé la répercussion des deux stratégies en termes de douleur n'a pas mis en évidence de différence significative de consommation d'analgésiques entre une stratégie de chirurgie précoce par thoroscopie (VATS) comparée à un drainage thoracique conventionnel, mais les drains utilisés dans le groupe drainage thoracique étaient de gros calibre (> 24 Fr) [97]. Au final, concernant la douleur, on ne peut donc pas réellement conclure sur la non-infériorité de la prise en charge chirurgicale comparée à la prise en charge par drainage thoracique, puisque la grande majorité des équipes utilise désormais des drains de petits calibres (≤ 14 Fr). Les coûts liés aux deux stratégies semblent moindres pour la stratégie chirurgicale comparée à la stratégie conventionnelle de drainage thoracique [95,96]. Chez les patients ayant un premier épisode de PSP de grande abondance, une stratégie chirurgicale de symphyse pleurale semble associée à un moindre taux de récurrence, une durée plus courte d'hospitalisation et un moindre coût financier. Cependant, l'absence quasi systématique de l'évaluation de la douleur, le faible nombre d'études, ainsi que leur qualité méthodologique discutables ne permettent pas de recommander la stratégie chirurgicale précoce en première intention.

Le groupe recommande de recourir en première intention soit à l'exsufflation, soit au drainage thoracique chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate afin d'évacuer l'air pleural. La chirurgie n'est pas un traitement de première intention hors situations particulières (cf. chapitre chirurgie). (Recommandation forte, niveau de preuve modéré)

3.2.1.4. La prise en charge ambulatoire est-elle supérieure à l'hospitalisation ?

La prise en charge ambulatoire des PSP de grande abondance sans signe de sévérité immédiate peut être réalisée selon trois modalités, la chirurgie n'étant pas retenue comme une option dans ce cas :

- traitement conservateur : aucune intervention, « abstention thérapeutique » et surveillance ;
- traitement par exsufflation ;
- traitement par drainage et valve unidirectionnelle.

Le traitement conservateur a été abordé ci-avant (cf. 3.2.1), et cette modalité de prise en charge ambulatoire n'est pas recommandée. Il n'existe pas d'étude à haut niveau de preuve qui compare directement la prise en charge ambulatoire par exsufflation versus drainage par mini-drain et valve unidirectionnelle. Néanmoins, au moins une étude de la sorte est en cours (PNEUM-AMBU, NCT03691480).

Chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate, traités par exsufflation ou drainage thoracique et valve unidirectionnelle, la prise en charge ambulatoire exclusive (sans aucune hospitalisation) est possible chez quatre patients sur cinq [9,13,15]. Dans les études sur l'exsufflation, le taux de succès immédiat de l'exsufflation (suivant la réalisation d'une à trois procédures) serait globalement de 51 % (IC 95 % : [40,0 ; 62,9]) [26,31–33,35,81–90]. Chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate, la prise en charge ambulatoire diminue la durée d'hospitalisation comparée à la prise en charge en hospitalisation. Cela a été montré avec une étude récente comparant un système particulier de drainage avec valve unidirectionnelle intégrée versus une prise en charge standard, dont une majorité d'exsufflation (68 % des patients du bras témoin) [9]. La majorité des autres publications a plutôt comparé l'exsufflation en ambulatoire au drainage avec surveillance en milieu hospitalier [27,31–33,35,81,83,85,87,90]. Les séries de prise en charge ambulatoire suggèrent également une diminution de la durée d'hospitalisation, mais sans bras témoin [12,14,98]. Aucune étude évaluant spécifiquement une stratégie ambulatoire ne s'est intéressée au recours à la chirurgie au cours du PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate. Chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate, la prise en charge ambulatoire

augmenterait potentiellement le risque de complication comparée à la prise en charge en hospitalisation dans une seule étude randomisée contrôlée récente [9]. Cependant, le design de cette étude prospective peut expliquer une grande partie des complications sévères : en effet, les EI et EI graves (EIG) étaient définis par la nécessité d'hospitalisation, ce qui de fait ne pouvait concerner que les patients du bras ambulatoire. En revanche, dans les autres études observationnelles [12–14,98], il n'est pas décrit d'EIG, seulement des complications mineures (principalement cathéter coudé ou déplacé), dont la prévalence varie de 1,5 [14] à 22,6 % [98]. Chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate, la prise en charge ambulatoire (hors traitement conservateur) entraîne le même taux de rechute à un an comparée à la prise en charge en hospitalisation [9,12–14,98]. Le taux de rechute à un an varie de 12 [12] à 33,1 % [13]. Chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate, la prise en charge ambulatoire s'accompagne probablement d'un moindre coût global de santé. Seules des preuves indirectes sont disponibles [12–14].

Le groupe recommande de privilégier la prise en charge ambulatoire chez les patients avec PSP de grande abondance et sans signe de sévérité immédiate. (Recommandation forte, niveau de preuve modéré)

Le groupe recommande une prise en charge ambulatoire reposant sur l'exsufflation ou sur la pose d'un mini-drain thoracique et valve unidirectionnelle, si les critères suivants sont réunis :

- le patient est stable après évacuation de l'air intrapleurale ;
- et il existe une organisation préalable dédiée à cette prise en charge ambulatoire ;
- et une consultation avec échographie ou RT à 24–72 heures est programmée afin de suivre l'évolution.

(Recommandation forte, niveau de preuve faible)

Le groupe propose que la prise en charge ambulatoire des PSP ne soit réalisable que si toutes les conditions suivantes sont réunies :

- la conduite à tenir en cas de problème 24 heures/24 et 7 jours/7, avec les numéros de téléphone ad hoc, dont l'appel au Samu-Centre 15 (remise d'un document écrit standardisé) [exemples en annexes] ;
- la vérification que le patient a bien compris les recommandations en cas de problèmes ;
- le patient ne doit pas être seul dans les 24–48 premières heures suivant son retour à domicile ;
- le patient doit pouvoir rejoindre un centre médical en moins d'une heure, quel que soit le moyen de transport, en cas de dégradation ;
- l'heure de sortie importe peu si tous les critères ci-avant sont remplis (c'est-à-dire sortie en nuit profonde possible). [Avis d'experts]

3.2.2. PSP de faible abondance sans signe de sévérité immédiate

La présence de signes de sévérité associés à un PSP de faible abondance doit amener le clinicien à rechercher un diagnostic associé notamment à un PS secondaire. En effet, un PSP de faible abondance ne peut, à lui seul, être à l'origine d'une détresse respiratoire ou d'une défaillance hémodynamique. Dans la littérature internationale, à notre connaissance, il n'existe pas d'étude dédiée aux PSP de faible abondance. Seuls des sous-groupes ont été décrits avec une prise en charge uniquement conservatrice [12,89]. Les patients avec un PSP de faible abondance et sans signe de mauvaise tolérance ne sont ni drainés ni exsufflés. Le taux de complication ou de récurrence n'est pas spécifiquement décrit dans les articles. Les signes de mauvaise tolérance à rechercher et devant guider la prise en charge sont la dyspnée de repos ou la douleur ne cédant pas à des antalgiques de palier 1.

Le groupe recommande une prise en charge conservatrice (surveillance) chez les patients avec PSP de faible abondance et sans signe de mauvaise tolérance. (Recommandation forte, niveau de preuve faible)

Le groupe recommande une prise en charge conservatrice et ambulatoire en cas de PSP de faible abondance, si les critères suivants sont réunis :

- le patient est stable cliniquement et radiologiquement à 4 heures ;
- et il existe une organisation préalable dédiée à cette prise en charge ambulatoire ;
- et une consultation avec échographie ou radiographie thoracique à 24–72 heures est programmée afin de suivre l'évolution.

(Recommandation forte, niveau de preuve faible)

Le groupe propose que la prise en charge ambulatoire des PSP ne soit réalisable que si toutes les conditions suivantes sont réunies :

- la conduite à tenir en cas de problème 24 h/24 et 7 j/7, avec les numéros de téléphone ad hoc, dont l'appel au Samu-Centre 15 (remise d'un document écrit standardisé) [exemples en annexes] ;
- la vérification que le patient a bien compris les recommandations en cas de problèmes ;
- le patient ne doit pas être seul dans les 24–48 premières heures suivant son retour à domicile ;
- le patient doit pouvoir rejoindre un centre médical en moins de 1 heure, quel que soit le moyen de transport, en cas de dégradation.

L'heure de sortie importe peu si tous les critères ci-avant sont remplis (c'est-à-dire sortie en nuit profonde possible). [Avis d'experts]

3.3. Analgésie du PSP traité médicalement

3.3.1. Analgésie lors du geste thoracique

Il n'existe pas d'étude ayant comparé l'aspiration de l'air pleural à l'aiguille ou par l'intermédiaire de la pose d'un drain thoracique avec et sans anesthésie locale pour encadrer le geste. Réaliser de nos jours une telle étude semble peu éthique au regard de la balance bénéfique/risque d'une anesthésie locale de la paroi thoracique à la lidocaïne. Si les douleurs engendrées par la ponction pleurale, la pose d'un drain thoracique de petit calibre par technique de Seldinger, ou la pose d'un drain thoracique de gros calibre nécessitant la dissection de l'espace intercostal ne sont pas de même intensité, les trois procédures sont génératrices de douleurs qui peuvent être totalement prévenues par une anesthésie locale de la peau, des tissus sous-cutanés et des muscles intercostaux à la lidocaïne. Ainsi, comme pour toute procédure invasive, c'est-à-dire avec effraction cutanée, il semble totalement licite de recommander une prise en charge analgésique adaptée comportant au minimum une anesthésie locale réalisée selon les bonnes pratiques : utiliser une aiguille de petit calibre pour le derme, tamponner la lidocaïne par du bicarbonate et en insistant sur le derme et l'espace sous-pleural [99]. En ce sens, la majorité des études randomisées ayant comparé aspiration et drainage thoracique en traitement du PSP ont utilisé une anesthésie locale avant réalisation du geste dans les deux groupes [31–33,83,84]. Les experts se prononcent donc en faveur de la réalisation systématique d'une anesthésie locale à la lidocaïne avant tout geste d'évacuation de l'air pleural, en dehors des très rares cas d'allergie confirmée à la molécule. Dans cette indication, il est inutile d'utiliser de la lidocaïne adrénalinée. Il est rappelé que la dose maximale de lidocaïne pour une injection au niveau de la paroi thoracique est de 4 à 5 mg/kg. Cette dose maximale (de l'ordre de 30 ml de lidocaïne 10 mg/ml [1 %] pour un patient de 70 kg par exemple) représente des volumes supérieurs à ce qui est le plus souvent nécessaire dans cette indication. Il peut ainsi être préconisé de débiter par une anesthésie locale de 2 mg/kg de lidocaïne, qui sera suffisante dans la grande majorité des cas. Il convient aussi de respecter un trajet de l'aiguille réalisant l'anesthésie locale passant par le bord supérieur de la côte inférieure de l'espace intercostal concerné pour éviter la ponction des vaisseaux intercostaux, et de s'assurer de l'absence de reflux sanguin dans la seringue lors d'une aspiration douce avant d'injecter la lidocaïne. Les principaux effets secondaires graves sont neurologiques et cardiovasculaires, le plus souvent dus à un passage intravasculaire de lidocaïne.

Le groupe recommande de procéder à une anesthésie locale de la paroi thoracique avant d'évacuer l'air pleural, que ce soit par exsufflation ou drainage thoracique. (Recommandation forte, niveau de preuve faible)

3.3.2. Analgésie des patients drainés/exsufflés

L'analyse de la littérature n'a pas permis d'identifier d'étude s'étant intéressée à la gestion de la douleur des patients drainés pour PSP, alors que le drain est en place. Une seule étude randomisée ancienne [100], ayant inclus 22 patients drainés pour un pneumothorax spontané, rapporte une efficacité partielle de l'injection intrapleurale de 20 ml de bupivacaïne 0,5 % toutes les huit heures pour diminuer la douleur liée au drain thoracique (efficacité sur les scores de douleurs dans les 60 minutes suivant l'injection, mais pas à h4 ni h8, et sans effet sur la consommation de morphine). À noter également, une étude randomisée ayant inclus 40 patients en postopératoire de chirurgie thoracique rapporte l'efficacité analgésique de l'application cutanée de glace autour de l'insertion du drain pendant 20 minutes sur les douleurs liées à une mobilisation ou à la toux [101]. Aucune étude ne permet de confirmer ou d'infirmer ce résultat dans une population de patients médicaux drainés pour pneumothorax. En l'absence de données permettant de formaliser une recommandation sur la meilleure stratégie analgésique à adopter, la gestion de la douleur chez le patient drainé pour PSP doit probablement suivre un protocole d'analgésie systémique fondé sur l'escalade du palier 1 au palier 3, avec évaluations répétées de la douleur par l'EVA ou l'échelle numérique simple, tel qu'utilisé dans chaque centre pour la gestion des douleurs d'autres origines.

Le groupe recommande que la gestion de la douleur du patient traité médicalement pour PSP (exsufflation, drainage, prise en charge conservatrice) repose sur l'analgésie multimodale. (Recommandation forte, niveau de preuve faible)

3.3.3. Analgésie lors du retrait du drain thoracique

Le retrait du drain thoracique est un geste douloureux, souvent vécu comme une des pires expériences douloureuses par les patients en réanimation [102]. De fait, une prise en charge analgésique encadrant le retrait du drain est pleinement justifiée, notamment pour les drains thoraciques de plus gros calibre. Il existe de nombreuses études randomisées ayant analysé l'efficacité d'interventions thérapeutiques médicamenteuses et non médicamenteuses sur la douleur au retrait du drain, principalement pour les drains de plus grand calibre (≥ 16 Fr) utilisés en postopératoire de chirurgie cardiaque et thoracique. Concernant les traitements médicamenteux, l'utilisation de morphine ou d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) avant le retrait semble équivalente [103]. L'adjonction d'une anesthésie locale par lidocaïne-prilocaine topique (EMLA) ou lidocaïne sous-cutanée pourrait améliorer la douleur au retrait du drain, surtout en l'absence d'analgésie systémique multimodale [104–106]. Concernant les traitements non

médicamenteux, la principale technique étudiée est l'utilisation de froid sur et autour de la zone d'insertion du drain 15 à 20 minutes avant son retrait. Quatre essais contrôlés randomisés en postopératoire de chirurgie cardiaque rapportent un effet analgésique du traitement par le froid sur la douleur au retrait du drain et/ou après 15 minutes [107–110], que ce soit en comparaison à un standard de soins [107,109,110] ou à un « placebo » (poche d'eau à température ambiante ou température du corps) [107,108]. Au contraire, trois autres essais contrôlés randomisés ne rapportent pas d'effet analgésique du prétraitement par le froid [111–113]. Cependant, dans l'une des études, les scores de douleur au retrait du drain étaient extrêmement bas, rendant la démonstration d'un effet analgésique difficile [112] ; dans une deuxième, bien qu'aucune différence de douleur au retrait ou à 20 minutes entre les groupes n'ait été mise en évidence, l'anxiété résiduelle 20 minutes après le retrait du drain était inférieure dans le groupe « froid » par rapport au groupe témoin [113]. Une étude randomisée réalisée chez des patients médicaux drainés majoritairement pour pneumothorax et pleurésie (70 % des cas) a rapporté quant à elle une efficacité du prétraitement par le froid par rapport à la prise en charge standard au retrait du drain et après cinq minutes [114]. La méta-analyse de l'ensemble de ces résultats a permis de mettre en évidence un effet bénéfique du froid au moment du retrait du drain et à 15 minutes, que ce soit en analysant l'ensemble des études, celles contre placebo ou celles contre standard de soins. Bien que ce le gain d'EVA/ENS puisse paraître modeste en comparaison d'un placebo ou d'un contrôle, la facilité et l'acceptabilité de l'application de froid 15 minutes avant le retrait du drain conduisent à recommander son utilisation, tout particulièrement pour les drains de gros calibre.

Le groupe recommande une approche analgésique multimodale incluant un traitement local par le froid pour diminuer les douleurs liées au retrait du drain thoracique de gros calibre (≥ 16 Fr) ou de patients opérés dans le cadre d'un PSP. (Recommandation forte, niveau de preuve faible)

Le groupe propose une antalgie lors du retrait des drains de petit calibre, mais la littérature actuelle ne permet pas de définir laquelle choisir. Des études dédiées sont nécessaires. (Avis d'experts)

3.4. Cas particuliers

3.4.1. PSP bilatéral simultané (ou synchrone)

La survenue de pneumothorax bilatéraux simultanés a été décrite sous la forme de cas cliniques, chez des patients aux antécédents respiratoires, ou au cours d'épisodes de pneumothorax traumatiques. Cette situation rare peut également

survenir en cas de communication/fenestration médiastinale iatrogénique ou idiopathique entre les plèvres droite et gauche comme observé naturellement chez certains bisons nord-américains (*buffalo chest*) [115]. La revue de la littérature a identifié trois séries rétrospectives de 12 patients (dont seulement cinq étaient spontanés) [116], 40 patients (dont seulement neuf étaient spontanés) [117] et 13 patients (tous atteints de PSP) [118] ; dans plusieurs autres séries rétrospectives où les PSP bilatéraux contemporains étaient mélangés avec des récurrences controlatérales de PSP [117,119]. Dans la série de Lee et al., seule série de PSP bilatéraux simultanés, ces derniers représentaient 1,6 % des épisodes de PSP [118]. Il est intéressant de noter que la prévalence de blebs ou bulles découvertes au scanner était significativement plus élevée en cas de PSP bilatéral simultané qu'unilatéral (88,5 versus 63,5 %, $p = 0,016$). Dans cette dernière série, un seul patient avait un pneumothorax suffocant. Dans leur article, Blacha et al. proposaient, en cas de PSP d'un côté, de toujours vérifier l'absence de PSP controlatéral afin d'éliminer systématiquement le diagnostic de PSP bilatéral simultané [115].

Aucune étude sur les modalités de traitement des PSP bilatéraux simultanés (conservateur ou évacuation de l'air ; recours à la chirurgie uni- ou bilatérale et son timing ; voie d'abord) n'a été réalisée. Plusieurs travaux soulignent la sécurité et l'efficacité d'une chirurgie par thoroscopie, mais sans différencier PSP et PSS bilatéraux, ni le caractère simultané du PSP bilatéral [119,120]. En revanche, certaines séries rapportent l'efficacité d'une chirurgie bilatérale simultanée, mais en dehors des PSP bilatéraux [121,122].

Le groupe propose en cas de PSP bilatéral simultané, quelle que soit son abondance, de contacter au plus vite un centre expert, c'est-à-dire un centre avec un service de chirurgie thoracique, pour discuter de la prise en charge thérapeutique et envisager un éventuel transfert vers ce centre. (Avis d'experts)

Le groupe propose qu'en cas de PSP bilatéral simultané avec signes de sévérité ou de grande abondance que le drainage thoracique soit réalisé en urgence. (Avis d'experts)

3.4.2. PSP avec hémopneumothorax spontané

La définition de l'hémopneumothorax spontané (HPS) associe l'existence d'un PSP avec la présence d'un volume variable de sang dans la cavité pleurale. Tout niveau hydroaérique pleural spontané est suspect d'HPS. Si son abondance le permet, il est justifié de faire la preuve de l'HPS en le drainant. L'HPS représente entre 1 et 12 % des PSP [123–126]. Les données de la littérature sur le sujet se limitent à des études observationnelles rétrospectives. Les données de la littérature sont en revanche plus fournies sur

les hémothorax traumatiques et certaines conduites à tenir semblent extrapolables aux HPS. Le traitement des HPS rejoint finalement le traitement des hémothorax spontanés, et il dépend de trois variables selon Boersma et al. [127] :

- la présence d'une instabilité hémodynamique ;
- le volume de sang retiré à la pose du drain ;
- la persistance d'un saignement actif.

En cas d'hémothorax spontané, un drainage thoracique est justifié. Une indication chirurgicale est retenue en cas de choc hémorragique et/ou si le volume de sang accumulé est supérieur à 1 500 ml au drainage, et/ou si le saignement se poursuit à plus de 200 ml/h pendant au moins deux heures [127].

La littérature ne permet pas de conclure sur les indications chirurgicales des HPS stricto sensu : alors que certains centres plaident pour un abord chirurgical large [123], d'autres décrivent des évolutions favorables après surveillance [128,129] et à condition d'une stabilité clinique et hémodynamique. Les séries publiées rapportent la réalisation d'une chirurgie sous thoroscopie, permettant un décaillotage pleural [125,130,131]. Dans le travail de Tatebe et al. [125], alors que six des dix patients avec HPS avaient une indication chirurgicale formelle d'emblée, au-delà de la présence de l'HPS, trois autres patients étaient opérés secondairement en raison d'une réexpansion pulmonaire difficile. Si l'indication d'une exploration chirurgicale ne fait pas de doute en cas d'instabilité hémodynamique, celle-ci est plus incertaine en son absence. Cependant, la balance bénéfique/risque d'un abord par thoroscopie d'emblée peut se discuter en dehors de l'instabilité hémodynamique. Pour certains HPS de faible abondance, le traitement conservateur a été réalisé avec succès : cinq cas sur six dans la série de de Perrot et al. [128] et six cas sur 16 dans la série de Inafuku et al., car le saignement s'était tari [129]. Un traitement conservateur se discute donc uniquement à la condition d'une surveillance clinique, radiologique et biologique attentive. Un certain nombre d'HPS peuvent être traités efficacement par le seul drainage thoracique, comme rapporté dans la série de Kim et al. dans laquelle cinq patients sur 17 sont traités ainsi, tous les autres ayant été opérés par VATS [126].

Le groupe propose en cas d'hémopneumothorax, quelle que soit son abondance, de contacter au plus vite un centre expert, c'est-à-dire un centre avec un service de chirurgie thoracique, pour discuter de la prise en charge thérapeutique et envisager un éventuel transfert vers ce centre. (Avis d'experts)

Le groupe propose qu'en cas d'hémopneumothorax avec signes de sévérité ou de grande abondance que le drainage thoracique soit réalisé en urgence. (Avis d'experts)

3.4.3. PSP avec bride

La bride (adhésion pleurale) représente un facteur de gravité lorsqu'elle est présente sur la RT au diagnostic de PSP. En effet, la rupture de la bride peut entraîner un hémothorax d'origine artérielle systémique qui peut être massif, voire fatal [132]. Dans la série de Kim et al. qui reprenait tous les PSP pris en charge sur leur site sur 12 ans, les 17 (1,7 %) HPS étaient tous secondaires à des ruptures de bride [126].

Le groupe propose en cas de PSP avec bride confirmée, quelle que soit son abondance, de contacter au plus vite un centre expert, c'est-à-dire un centre avec un service de chirurgie thoracique, pour discuter de la prise en charge thérapeutique et envisager un éventuel transfert vers ce centre. (Avis d'experts)
Le groupe propose qu'en cas de PSP avec bride confirmée et signes de sévérité ou de grande abondance que le drainage thoracique soit réalisé en urgence. (Avis d'experts)

3.5. Modalités de drainage

3.5.1. En cas de drainage d'un PSP, un drain de petit calibre est-il supérieur à un drain de gros calibre ?

Les drains de gros calibre (≥ 16 Fr) sont souvent considérés comme plus efficaces, mais nécessitent une dissection de l'espace intercostal et sont associés à plus de complication. Depuis plusieurs années, les recommandations des sociétés savantes préconisent l'utilisation de drains de petite taille (≤ 14 Fr) pour la prise en charge des pneumothorax [4]. Leur efficacité est équivalente et le taux de complications bien moindre. Dans les études de drainage thoracique versus exsufflation, le taux de complication des drains supérieur ou égal à 16 Fr varie de 7 à 32 % [32,68]. Dans l'étude de Kim et al. aucune complication n'est survenue avec des drains de 12 Fr [90]. Une étude rétrospective danoise a comparé 62 patients traités avec un drain de gros calibre (20 à 28 Fr) à 42 patients traités avec un drain de petit calibre (11 à 13 Fr) : elle retrouve un taux de complication moindre (9,5 versus 27 %) et un taux de succès plus élevé (86 versus 56 %) avec les drains de petit calibre [133]. Dans une autre étude rétrospective de 73 patients pris en charge pour pneumothorax, Benton et Benfield trouvaient un taux de complication plus élevé avec les drains de gros calibre (32 versus 5 %) [68]. Il n'y avait pas de différence d'efficacité en fonction de la taille. L'efficacité était supérieure si le drain était dirigé vers l'apex, ce qui était plus fréquent avec un drain de gros calibre, mais obtenu seulement dans 44 % des cas, contre 17 % pour les drains de petit calibre. Parmi les complications des drains de petits calibres, il faut noter les obstructions et les déplacements survenant dans 1 à 5 % des cas [134]. Cependant, dans le choix de la technique du

drainage d'autres éléments sont à prendre en compte comme la technique (Seldinger versus drain à mandrin interne) ou la forme du drain (drain droit versus drain queue de cochon, cette dernière forme garantissant le drainage à l'endroit où est posé le drain) [135].

Le groupe suggère d'utiliser un drain de petit calibre (≤ 14 Fr) pour drainer un PSP. (Recommandation conditionnelle, niveau de preuve faible)

3.5.2. En cas d'évacuation d'un PSP, l'abord axillaire est-il préférable à l'abord antérieur ?

Dans la majorité des études, l'exsufflation se fait en antérieur sur la ligne médioclaviculaire, deuxième ou troisième espace intercostal et le drainage sur la ligne axillaire moyenne ou antérieure, sur le quatrième ou cinquième espace intercostal. La voie antérieure est plus à risque au niveau vasculaire : en haut et en dehors, les vaisseaux sous-claviers, en dedans les vaisseaux thoraciques internes (vaisseaux mammaires internes). Cependant, ces risques sont considérablement réduits par l'échorepérage des vaisseaux pariétaux [136]. La voie antérieure a l'avantage de poser le drain, en particulier en queue de cochon, à l'endroit où est l'air. Enfin, le drainage antérieur peut être source de cicatrice plus visible faisant préférer la voie axillaire, cet inconvénient étant réduit par les drains de petit calibre. La voie axillaire est réputée moins dangereuse, en particulier dans le triangle de sécurité ; cependant, il y a un risque de traumatisme diaphragmatique et des organes sous-jacents si l'on ponctionne trop bas et un risque sur les vaisseaux axillaires si l'on est trop haut. Une étude de repérage échographique retrouvait le diaphragme dans le triangle de sécurité au niveau ou au-dessus du cinquième espace intercostal dans 20 % des cas soulignant l'intérêt du repérage échographique systématique avant drainage [137]. Le drain doit être dirigé vers le haut, mais cette position est obtenue dans moins de la moitié des cas [68,135].

Dans les différentes études, le taux de complications est plus élevé avec les drains de gros calibre, posés par voie axillaire et moindre avec les abords antérieurs, mais par drains ou cathéters de petits calibres. Dans une étude, le drainage et l'aspiration manuelle étaient faits par la même voie antérieure avec la même efficacité et sans complication [83]. Dans les études de prise en charge ambulatoire du pneumothorax avec drain de petit calibre branché sur une valve unidirectionnelle, la voie utilisée est la voie antérieure, deuxième ou troisième espace intercostal [12–14,138]. Enfin, une étude militaire sur un modèle animal d'exsufflation d'urgence des pneumothorax montre qu'il y a plus de risque de plicature et d'obstruction de cathéter d'exsufflation par voie axillaire que par voie antérieure [139]. Cependant, une étude rétrospective n'a pas retrouvé de différence de

mauvais positionnement du drain entre la voie antérieure (34 patients, 11,8 % de malpositions) et la voie axillaire (219 patients, 15,8 % de malposition), ne permettant pas de conclure à la supériorité d'une voie sur l'autre [140].

Il n'y a pas de données suffisantes dans la littérature pour privilégier la voie antérieure ou à la voie axillaire.

Le groupe suggère de réaliser un repérage échographique avant la réalisation d'une exsufflation ou d'un drainage thoracique par voie antérieure ou axillaire pour diminuer le risque de complications. (Recommandation conditionnelle, niveau de preuve faible)

3.5.3. En cas de drainage d'un PSP, l'aspiration est-elle supérieure à l'écoulement libre ?

Les recommandations des différentes sociétés savantes ne conseillent pas la mise en aspiration du drain dans un premier temps [4,16,141]. Dans les différentes études comparant l'exsufflation au drainage, il ne semble pas y avoir de différence d'efficacité entre les études qui réalisent ou ne réalisent pas d'aspiration initiale [31,35,81,83,85]. Dans toutes les études sur la prise en charge ambulatoire, aucune aspiration n'est effectuée, l'air s'évacuant au travers de la valve unidirectionnelle, et les taux de succès sont très bons [4,9,13,14,16,140]. Deux études randomisées ont évalué l'intérêt de l'aspiration. Dans une étude chez 29 patients drainés par un drain de 9 Fr, il n'y avait pas de différence de succès et de récurrence dans les trois groupes : aspiration à -20 cmH₂O, aspiration à -10 cmH₂O, et écoulement libre [142]. Une autre étude sur 53 patients drainés avec un drain de 13 Fr randomisés entre aspiration et sans aspiration n'a pas montré de différence d'efficacité immédiate [143]. Ces études, de faibles effectifs, soulignent l'absence d'intérêt de l'aspiration d'emblée. Une des craintes de la mise en place d'une aspiration rapide est le risque de survenue d'un œdème pulmonaire « a vacuo » ou œdème de réexpansion [144]. Toutefois, cette complication semble rare et n'a été décrite dans aucune des études comparant drainage et exsufflation [145]. Dans une étude rétrospective sur 306 PS, Yoon et al. retrouvaient 16 % d'œdèmes de réexpansion [146]. Les auteurs identifiaient comme facteurs de risque indépendants un diabète associé et la grande abondance du pneumothorax. Dans cette étude, la durée d'évolution du pneumothorax avant drainage et le niveau d'aspiration n'étaient pas précisés. Une revue de la littérature identifie aussi la taille du pneumothorax comme principal facteur de risque et conseille l'absence d'aspiration initiale pour éviter une évacuation trop rapide [147]. Dans une étude expérimentale, la durée du pneumothorax et l'aspiration étaient les deux facteurs de risque d'œdème de réexpansion sur un modèle animal de pneumothorax induit [148].

Le groupe recommande de débiter le drainage par une évacuation passive (valve unidirectionnelle ou écoulement libre) et de débiter une aspiration à -5 à -20 cmH₂O dans un second temps uniquement si la réexpansion n'est pas obtenue. (Recommandation forte, niveau de preuve modéré)

3.5.4. En cas de drainage d'un PSP, le clampage du drain avant retrait est-il nécessaire et diminue-t-il le risque de récurrence ?

Plusieurs études ont évalué une épreuve de clampage avant ablation du drain. Dans l'étude rétrospective de Becker et al., 499 patients ont été inclus, 214 avec une épreuve de clampage et 285 sans [149]. Les patients étaient drainés avec des drains de 32 et 36 Fr pour des pneumothorax et hémithorax traumatiques. Dans le groupe clampage, il y a eu une récurrence de pneumothorax pendant l'épreuve et 13 récurrences après ablation (6 %). Dans le groupe sans clampage, il y a eu 33 récurrences après ablation (12 %). Les auteurs concluent à la diminution d'une deuxième intervention après ablation du drain si une épreuve de clampage est effectuée. Dans une autre étude rétrospective sur 243 patients avec pneumothorax et hémithorax traumatiques, 134 ont eu une épreuve de clampage et 109 n'en avaient pas [150]. Dans le groupe clampage, 9 % ont présenté une récurrence de pneumothorax, un patient a eu un pneumothorax sous tension lors de l'épreuve. Dans le groupe sans clampage, 4,6 % ont eu une récurrence. Il n'y avait pas de différence sur la nécessité d'un second drainage entre les deux groupes. Une étude prospective randomisée de 180 patients drainés pour hémithorax et pneumothorax traumatiques avec des drains de 28 à 36 Fr n'avait pas retrouvé de différence de récurrence de pneumothorax entre les deux groupes avec et sans clampage, concluant à l'inutilité de cette technique [151]. Cependant, les neuf récurrences dans le groupe clampage ont été traitées par remise en aspiration, alors que les quatre récurrences du groupe sans clampage ont nécessité un redrainage. Une étude prospective randomisée incluant 205 patients drainés après un traumatisme thoracique comparait une mise au bocal de six à huit heures versus ablation directe du drain [69]. Il n'y avait pas de différence significative de récurrence de pneumothorax après ablation du drain (14 versus 8 %). Cependant, quatre pneumothorax récidivaient pendant l'épreuve, évitant l'ablation prématurée du drain. Parmi les récurrences, il y avait plus de drainage (7 versus 1) dans le groupe sans épreuve de bocal. Les auteurs conseillaient une épreuve de mise au bocal avant l'ablation du drain. Les populations de ces études ne comprenaient donc que des pneumothorax traumatiques rendant ces conclusions peu transposables aux PSP.

Dans le consensus Delphi sur les pratiques de drainage thoracique, Baumann et Strange notaient que 53 % des

répondeurs pratiquaient l'épreuve de clampage et 47% ne la faisaient jamais [152]. Les chirurgiens pratiquaient plus l'épreuve de clampage que les pneumologues. Un nouveau dispositif de mesure numérique du débit de la fuite aérienne a été utilisé avec succès en postopératoire de chirurgie thoracique pour raccourcir la durée de drainage et a été essayé lors des pneumothorax spontanés [153]. Ruigrok et al. avaient comparé une décision randomisée d'ablation du drain fondée sur un débit par système numérique inférieur à 15 ml/min comparée à une décision fondée sur l'arrêt du bullage visuel. Ils n'avaient pas retrouvé de différence de durée de séjour ou de durée de drainage. Cependant, après avoir écarté les patients ayant une fuite prolongée nécessitant un geste chirurgical, le groupe de « mesure numérique » avait une durée de drainage et de séjour plus courte. De plus, ce système permettrait de prédire précocement l'échec du drainage et le recours précoce à la chirurgie si le débit de la fuite est supérieur à 100 ml/min à j1 [154].

**Le groupe propose, chez les patients avec drain en aspiration, absence de bullage et poumon recollé, une mise en écoulement libre de six à huit heures avant l'ablation du drain afin d'éviter un nouveau geste de drainage en cas de récurrence précoce. (Avis d'experts)
Les données de la littérature ne permettent pas de trancher sur l'intérêt d'une épreuve de clampage avant ablation d'un drain une fois le poumon recollé.**

3.6. Traitements complémentaires dans le cadre des PSP

3.6.1. Intérêt de l'oxygénothérapie lors du traitement des PSP

L'oxygénothérapie systématique (en l'absence d'hypoxémie) est parfois proposée dans l'objectif hypothétique d'accélérer la vitesse de résorption d'un PSP traité de manière conservatrice. La notion d'accélération de la vitesse de résorption d'un pneumothorax induite par l'oxygène repose sur l'hypothèse que l'administration d'oxygène réduirait la pression partielle en azote dans l'espace alvéolaire (dénitrogénéation) comparativement à celle de la cavité pleurale. La majoration du gradient en azote entre ces deux espaces favoriserait ainsi le passage d'azote (composant essentiel de l'air à 78 %) de la cavité pleurale vers la cavité alvéolaire grâce aux capillaires pleuraux. Des études prospectives randomisées réalisées sur un modèle animal (lapin) de pneumothorax de grande abondance par injection intrapleurale d'air ont mis en évidence une accélération de la vitesse de résorption radiologique du pneumothorax lors de l'administration de fort débit d'oxygène avec un effet dose-dépendant [155,156]. Chez l'homme, une étude historique de faible ampleur, ayant comparé la vitesse de résorption radiologique de PS (PSP ou PSS) traités de manière conservatrice entre 12 patients n'ayant pas eu d'oxygénothérapie systématique à dix patients ayant eu une administration systématique et séquentielle d'oxygène

à fort débit (16 l/min), a mis en évidence une accélération de la vitesse de résorption chez les patients traités par une oxygénothérapie systématique, surtout dans le sous-groupe de patients ayant un pneumothorax de grande abondance (> 30 %) [157]. Aucune information concernant la durée d'hospitalisation, l'échec du traitement conservateur et le taux de récurrence n'était pas disponible. Une étude rétrospective monocentrique, ayant comparé des patients ayant un PSP (taille initiale moyenne selon la méthode de Collins à 20 %) traité de manière conservatrice en ambulatoire à des patients ayant un PSP traité de manière conservatrice en hospitalisation avec administration de faible débit d'oxygène (2 à 4 l/min), a mis en évidence une augmentation significative de la vitesse de résorption du PSP chez les patients hospitalisés sous oxygène [158]. Cependant, le rythme de surveillance radiologique était significativement plus élevé chez les patients hospitalisés comparativement aux patients ambulatoires. Aucune information sur le taux d'échec de la stratégie conservatrice ni sur le taux de récurrences à distance n'était disponible. Enfin, deux études rétrospectives de faible ampleur réalisées dans le contexte particulier de pneumothorax spontané du nouveau-né n'ont pas mis en évidence d'accélération de la vitesse de guérison clinique du pneumothorax induite par l'administration d'une oxygénothérapie systématique [159,160].

L'absence d'étude de qualité méthodologique suffisante associée aux nombreux potentiels inconvénients inhérents à l'administration systématique d'oxygène (nécessité d'une hospitalisation, surcoûts liés à l'hospitalisation et à l'administration d'oxygène, inconfort avec sécheresse muqueuse, immobilisation au lit) n'incitent pas à l'administration systématique d'un tel traitement dans la prise en charge d'un patient ayant un PSP traité de manière conservatrice.

Le groupe ne recommande pas d'administrer systématiquement de l'oxygène chez les patients traités pour un PSP. (Recommandation forte, niveau de preuve modéré)

3.6.2. Intérêt du repos strict lors du traitement conservateur

Aucune étude n'a été retrouvée dans la littérature comparant repos strict au lit et absence de limitation de l'activité. L'étude de Brown et al. est la seule étude randomisée comparant traitement conservateur et traitement invasif avec drainage thoracique pour les premiers épisodes de PSP de taille modérée à grande taille [8,161]. Dans cette étude, aucune consigne concernant une limitation de l'activité n'est mentionnée dans le protocole. De même, dans l'étude de Kim et al., évaluant le traitement conservateur pour les récurrences de PSS, aucune recommandation concernant l'activité n'est mentionnée dans les consignes qui avaient été proposées au patient [162]. De plus, les recommandations de l'ACCP, de la BTS et l'ERS *task force* ne proposent pas de limitation

de l'activité en cas de traitement conservateur [2,4,16]. Les patients doivent cependant être sensibilisés au risque de voyager en avion en présence d'un pneumothorax qui est la seule « limitation d'activité » jusqu'à deux à trois semaines après la confirmation radiologique de la résolution complète du pneumothorax [163–165]. En l'absence de preuve de lien entre la récurrence et l'effort physique, on peut conseiller au patient de retourner au travail et de reprendre ses activités physiques normales une fois que tous les symptômes sont résolus. Il paraît raisonnable de conseiller que les sports qui impliquent un effort extrême et le contact physique soient différés jusqu'à la résolution complète.

Le groupe suggère de ne pas recourir au repos strict au lit chez les patients avec un PSP. (Recommandation conditionnelle, niveau de preuve faible)
Le groupe propose une limitation des activités de sports intenses ou de contact jusqu'à la résolution complète du pneumothorax. (Avis d'experts)

3.7. Cas particuliers du transport sanitaire

Les situations de transport d'un patient présentant un PSP drainé sont à risque et sources de complications. Il ne faut jamais clamber un drain qui bulle ni clamber un drain en cas de ventilation en pression positive du fait du risque de surpression [78,166]. En cas de drainage thoracique d'un PSP, le drain est raccordé à une tubulure souple et transparente munie d'un raccord permettant l'étanchéité. La tubulure est elle-même raccordée à un dispositif de recueil muni d'un système antireflux toujours placé verticalement et plus bas que le thorax du patient, environ 40 cm. La valve de Heimlich est une valve antireflux unidirectionnelle, qui sert uniquement s'il n'y a pas de valve intégrée au dispositif de recueil [167]. Les systèmes clos de recueil, de type 3 bocaux ou valise tricompartimentale à usage unique, sont recommandés

(Fig. 2). Ils permettent un monitoring fiable de la dépression appliquée en cas de drainage. Chaque bocal a une fonction précise : le premier bocal permet le recueil et la mesure du volume des sécrétions drainées ; le deuxième bocal représente un compartiment de scellé sous eau (plongeur fixe) ; le troisième bocal a pour fonction de contrôler l'aspiration (colonne de Jeanneret), avec une hauteur de la colonne d'eau correspondant à la dépression appliquée au système. Des dispositifs de drainage aspiratifs portatifs numériques sont également disponibles (Fig. 3). Il faut veiller, lors de l'installation du patient pour le transport, à ce que le drain ne soit ni coudé ni pincé et surveiller visuellement le pansement du drain, et la survenue d'un emphysème sous-cutané. Pour le transport des patients avec un drainage thoracique, l'adaptation d'un dispositif d'aspiration autonome sur le système compact permet au système de drainage de se transformer en unité d'aspiration autonome [166].

Le transport aérien en cas de pneumothorax présente théoriquement des risques liés à l'altitude, particulièrement dans les hélicoptères et avions sans pressurisation [168]. L'augmentation de l'altitude et la baisse de la pression atmosphérique qu'elle engendre conduisent en effet à une augmentation du volume du pneumothorax. Des études prospectives sont cependant nécessaires pour développer des recommandations fondées sur des preuves dans ces situations.

Le groupe propose que pour diminuer le risque de pneumothorax suffocant, le transport d'un patient présentant un pneumothorax spontané drainé soit effectué :

- en l'absence d'un bullage : avec un drain sur valve unidirectionnelle ;
- en présence d'un bullage : par poursuite d'une aspiration continue avec adaptation d'une pompe d'aspiration autonome connectée à la valise tricompartimentale. (Avis d'experts)

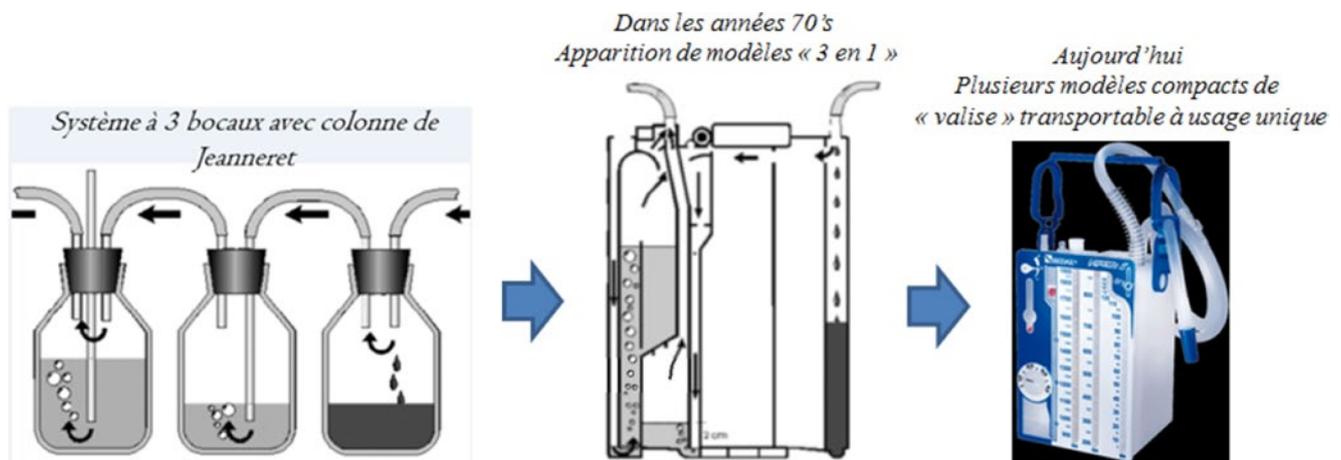


Fig. 2 « Valise » transportable à usage unique, qui applique dans un même dispositif le principe des trois bocaux



Fig. 3 Exemple d'un dispositif de drainage numérique

3.8. Place de la chirurgie

3.8.1. Quelles sont les indications à la prise en charge chirurgicale d'un PSP ?

Il n'existe aucune étude indiscutable, fondée sur les preuves, permettant de déterminer avec certitude les indications de la chirurgie [169]. Il existe cependant des recommandations multiples, notamment européennes, qui forment un consensus global concernant l'indication opératoire [1,4,16,141,170]. Une prise en charge chirurgicale est donc proposée :

- au deuxième épisode de PSP (ipsi- ou controlatéral) [29].
- dès le premier épisode de PSP :
 - en présence d'un hémopneumothorax [130] ;
 - d'un PSP bilatéral simultané ;
 - en cas de PSP avec signes de gravité ;
 - de fuites aériennes persistantes ou pneumothorax persistant malgré un drainage aspiratif [171]. La définition de « fuites persistantes/bullage prolongé » varie dans la littérature de 2 à 14 jours, pour la BTS supérieure ou égale à 2 jours [4], pour la SEPAR trois à

cinq jours [1], elle est souvent fixée arbitrairement à cinq jours [141] ;

- face à une profession ou un loisir à risque (pilote, lieu de travail isolé) [172,173] (Annexe C) ;
- en présence de PSP pendant la grossesse (chirurgie après la naissance, du fait du risque élevé de récurrence lors d'une nouvelle grossesse, notamment au cours du travail) [174] ; selon le souhait du patient [4].

Le bénéfice/risque de l'intervention chirurgicale est discuté avec le patient. Le taux réduit de récurrence postopératoire entre 0 et 10 % est pondéré par la morbidité de l'intervention chirurgicale estimée entre 2,4–9 % [175]. En Annexe C figurent les recommandations spécifiques à certaines professions, notamment pour les militaires.

Le groupe recommande un geste de symphyse pleurale après un 2^e épisode de PSP (ipsi- ou controlatéral) indépendamment de la modalité de prise en charge du premier épisode. (Recommandation forte, niveau de preuve faible)

Le groupe suggère un geste de symphyse pleurale dès le premier épisode de PSP en cas :

- d'hémopneumothorax ;
- de PSP bilatéral simultané ;
- de présence de signes de gravité ;
- de fuites aériennes persistantes ou pneumothorax persistant malgré un drainage aspiratif ;
- de profession ou loisir à risque (pilote, lieu de travail isolé, etc.) ;
- de PSP pendant la grossesse (chirurgie après la naissance).

(Recommandation conditionnelle, niveau de preuve faible)

Le groupe propose d'accéder au souhait du patient d'être opéré après un premier épisode de PSP après l'avoir informé des risques et bénéfices du geste de symphyse pleurale. (Avis d'experts)

3.8.2. Par quelle voie d'abord faut-il réaliser l'intervention chirurgicale ?

Les voies d'abord principales décrites dans le traitement chirurgical du PSP sont :

- thoracotomie postérolatérale, avec ou sans épargne musculaire ;
- thoracotomie axillaire ;
- thoracoscopie multiportale, avec ou sans assistance robotisée ;
- thoracoscopie uniportale intercostale ou par voie sous-xiphoidienne.

Toutes les techniques de résection de bulle et de symphyse pleurale, mécanique ou chimique, peuvent être réalisées par ces abords [176]. Cependant, la pleurectomie

peut être techniquement difficile à faire par certaines voies d'abord, et les études manquent de précision sur l'étendue de la pleurectomie réalisée. La résection de larges bulles est plus difficile par certaines techniques uniportales [177].

Les études comparatives entre abord à thorax ouvert et thorax fermé sont d'interprétation délicate, car elles sont souvent anciennes. Dans la seule étude prospective comparant thoracoscopie et thoracotomie postérolatérale, la thoracoscopie avait de meilleurs résultats sur la douleur, la durée de séjour postopératoire et la perte de VEMS [178]. Selon une méta-analyse, les résultats de la thoracotomie axillaire sont proches de ceux de la thoracoscopie, sauf pour le taux de récurrence qui serait trois à quatre fois supérieur par thoracoscopie [179]. Actuellement, aucune recommandation n'est en faveur de la thoracotomie [2,16]. En 2016, la thoracoscopie était utilisée dans 87 % des cas par les chirurgiens français, selon une enquête de la SFCTCV fondée sur la base de données EPITHOR [180] et par la majorité des chirurgiens italiens selon une enquête récente [170]. Dans une enquête anglaise publiée en 2019, son taux d'utilisation était de 100 % [181]. Selon les recommandations de la société allemande de 2018, la thoracoscopie doit être préférée à la thoracotomie [141]. La même recommandation a été faite par l'ERS en 2015 malgré le constat de l'absence d'essai contrôlé sur le sujet [16]. Pour la symphyse pleurale, la thoracoscopie est donc proposée en première intention par de nombreux pays européens. Cependant, il faut prendre en compte un élément majeur dans cette comparaison thoracoscopie versus thoracotomie : l'analyse des récurrences. L'étude de Fujiwara et al. avait retenu les facteurs de récurrence suivants en analyse multivariée sur une série rétrospective de 233 patients : l'âge inférieur à 30 ans, le tabagisme, le côté gauche, une durée d'intervention supérieure à > 100 minutes, le fait que l'intervention soit faite par un interne (et non par un chirurgien senior) et l'abord thoracoscopique [182]. Dans l'enquête EPITHOR, la thoracoscopie était meilleure que la thoracotomie sur tous les critères étudiés, sauf sur le taux de récurrence qui était significativement plus élevé après thoracoscopie (4 versus 2 %, $p = 0,01$) [180]. Si certaines séries ne montrent pas un taux de récurrence plus élevé après thoracoscopie, la plupart des séries rétrospectives retrouvent un taux de récurrence à long terme de 3 à 11 %, voire 17 % quand le suivi est prolongé à cinq ans [182]. La SFCTCV et la BTS recommandent d'informer les patients sur le fait que l'abord par thoracoscopie est mieux toléré, mais comporte un taux de récurrence plus important [180,181].

Les récurrences ne sont traitées que si le décollement est de grande abondance et ne répond pas à un traitement médical premier, car des récurrences partielles peuvent être traitées par drainage localisé. Il n'y a que deux études rétrospectives sur le traitement des récurrences des PSP après symphyse

pleurale chirurgicale avec un nombre limité de cas (24 et 30 patients) et une hétérogénéité dans les techniques appliquées [183,184]. Ces études plaident en faveur d'une réintervention plutôt que pour un traitement médical et d'un abord par thoracoscopie plutôt que par thoracotomie.

Concernant la prise en charge de la douleur, une méta-analyse de 2004 s'est intéressée à la question de la voie d'abord en chirurgie thoracique. Parmi les 12 études randomisées incluses, six concernaient la chirurgie du pneumothorax ($n = 327$ patients) [185]. Toutes les études randomisées contrôlées incluses rapportaient une diminution des scores de douleur et une diminution de la consommation d'analgésiques postopératoire dans le groupe thoracoscopie (VATS-chirurgie thoracoscopique vidéoassistée) par rapport au groupe thoracotomie. Deux études rapportaient également une diminution de la durée de séjour [186,187]. Depuis cette méta-analyse, plusieurs études ont confirmé l'impact bénéfique de la VATS sur la douleur postopératoire. Dans une étude rétrospective, Olavarrieta et al. ont rapporté une consommation d'analgésiques postopératoire six fois inférieure chez les 47 patients du groupe VATS par rapport aux 53 patients du groupe thoracotomie [188]. Les douleurs à un mois et la récupération étaient également significativement améliorées dans le groupe VATS. Enfin, la prévalence de patients avec douleurs chroniques à trois ans nécessitant la prise d'analgésiques plus d'une fois par mois était de 75 % dans le groupe thoracotomie versus 3 % dans le groupe VATS ($p < 0,05$). Dans une série prospective de 57 patients, Qureshi et al. ont rapporté également une consommation 2,5 fois inférieure d'analgésiques en postopératoire et un délai de récupération avant reprise du travail meilleur dans le groupe VATS (6 versus 10 semaines ; $p = 0,007$) [189]. Enfin, Forouli et al. dans un essai contrôlé randomisé publié en 2012 ont rapporté des scores de douleurs au repos identiques entre 33 patients opérés sous VATS et 33 patients opérés par minithoracotomie axillaire, mais une meilleure satisfaction (14,2 versus 11,4 ; $p < 0,001$), du fait d'une meilleure mobilisation de l'épaule du côté opéré et d'un retour à l'activité physique normale plus rapide [190].

Concernant la thoracoscopie, les études comparatives se heurtent à la diversité des techniques de thoracoscopie utilisées [191,192]. Trois abord à thorax fermé ont émergé depuis quelques années : la thoracoscopie intercostale par plusieurs trocars (multiportale), par un seul trocar thoracique, dite uniportale (*single port*) [193] et la thoracoscopie par voie abdominale (voie sous-xyphoïdienne) [194]. Les études comparatives uniportales versus multiportales sous l'angle de l'efficacité du geste réalisé sont encore peu nombreuses [191,192,195], et une seule est randomisée [176]. L'abord uniportale traite plus difficilement les cas complexes [196], avec un taux de conversion possiblement supérieur. Dans l'étude de Masmoudi et al., un changement de stratégie

opératoire a été noté dans 5,5 % des cas (19/351), incluant 12 cas (3,4 %) de minithoracotomie [177]. En revanche, concernant la prise en charge de la douleur, deux méta-analyses, ayant inclus six études ($n = 310$ patients) [192] et neuf études ($n = 768$ patients) [197] de cohorte réalisées spécifiquement dans le contexte de la chirurgie du pneumothorax, ont conclu à une supériorité de la VATS par technique uniportale par rapport à la technique 3 ports en termes de douleurs postopératoires : diminution des scores des douleurs (de $-0,67$ [$-1,11$; $-0,22$] à $-0,78$ [$-1,40$; $-0,52$]), diminution des paresthésies postopératoires (OR = 0,09 ; IC 95 % : [0,04–0,21] à 0,13 IC 95 % : [0,06–0,29]) ; une diminution de la durée de séjour de $-0,39$ jour ($-0,69$; $-0,09$) à $-0,34$ jour ($-0,60$; $-0,08$) était également constatée. Depuis la parution de ces méta-analyses, Kutluk et al. ont conduit une étude randomisée contrôlée ayant inclus 45 patients opérés en technique uniport, 45 en technique 2 ports et 45 en techniques 3 ports [176]. Les scores de douleurs postopératoires étaient significativement plus bas à H4 ($4,7 \pm 0,2$ versus $6,1 \pm 0,3$ et $6 \pm 0,2$ respectivement ; $p = 0,01$), H24 ($2,3 \pm 0,2$ versus $3,1 \pm 0,2$ et $3,4 \pm 0,2$; $p = 0,02$) et H72 ($0,5 \pm 0,1$ versus $0,8 \pm 0,1$ et $0,9 \pm 0,1$; $p = 0,03$) postopératoire. Le principal intérêt de la voie sous-xyphoïdienne encore plus récente serait le traitement simultané des bulles bilatérales. Le bénéfice de cet abord sur les douleurs postopératoires est à mettre en balance avec un risque plus élevé d'arythmie et de complications abdominales à type d'événement [194]. Au final concernant la thoracoscopie, les chirurgiens pourront choisir entre un abord multiportale (meilleurs résultats à long terme, moins de conversion) ou uniportale (diminution des douleurs postopératoires) en fonction de la complexité du geste anticipé.

En cas d'indication de symphyse pleurale chez un patient avec PSP, le groupe recommande d'utiliser une technique mini-invasive. (Recommandation forte, niveau de preuve élevé)

3.8.3. Quelles sont les différentes techniques de symphyse pleurale d'un pneumothorax spontané primaire (indépendamment de la voie d'abord) ?

Il existe deux objectifs thérapeutiques essentiels : le traitement d'une éventuelle fuite d'air persistante (qui consiste en la résection de toute effraction visible de la plèvre viscérale ainsi que l'identification et la résection des dystrophies bulleuses le plus souvent apicales) et la prévention de la récurrence (qui consiste en la réalisation d'une pleurodèse afin de réaliser une symphyse pleurale). Il existe deux techniques conventionnelles : la pleurodèse chimique et la pleurodèse mécanique regroupant l'abrasion pleurale mécanique et la pleurectomie pariétale.

3.8.3.1. Résection parenchymateuse

La résection a pour objectif premier le traitement de la cause du pneumothorax, notamment si en peropératoire la présence d'une bulle perforée ou de blebs responsables de la fuite aérienne est constatée. Il est habituellement réalisé par agrafage/section du parenchyme pulmonaire à l'aide d'une pince automatique. En l'absence de lésion cible repérable, une résection parenchymateuse atypique au niveau de l'apex peut être réalisée de principe [198] participant ainsi à la symphyse pleurale ultérieure (inflammation au niveau de l'agrafage) et permettant d'obtenir une analyse anatomopathologique du poumon sous-jacent parfois utile au diagnostic en cas de pneumothorax secondaire. L'utilisation de matériel aérostatique a été proposée pour la couverture de la ligne d'agrafage avec comme intérêt selon certains auteurs de réduire le risque de récurrence après chirurgie (augmentation de l'inflammation locale et de la qualité de la pleurodèse, diminution du risque de fuite aérienne postopératoire) [199].

3.8.3.2. La pleurodèse mécanique

Elle est ciblée sur la plèvre pariétale respectant habituellement les plèvres médiastinale et diaphragmatique ainsi que le hile pulmonaire. L'abrasion pleurale est une technique chirurgicale consistant à irriter par un mouvement de va-et-vient mécanique (tampon monté ou plaque de vicryl) la plèvre pariétale jusqu'à obtenir un suintement hémorragique favorisant la symphyse ultérieure [200]. La pleurectomie consiste en l'ablation du feuillet pariétal de la plèvre. Les pleurectomies étendues quoique très efficaces sur le plan de la symphyse postopératoire sont réputées pour entraîner plus de complications postopératoires, notamment du point de vue hémorragique, respiratoire et des douleurs chroniques [201]. L'abrasion pleurale est la technique la plus utilisée bien qu'il existe peu de preuves que cette méthode soit supérieure à la pleurectomie en termes de diminution du taux de récurrence [202]. L'étude prospective randomisée de Rena et al. a montré une faible morbidité par rapport à la pleurectomie apicale sans différence sur le taux de récurrence entre les deux procédures [203]. Cela a été confirmé dans une méta-analyse, mais avec un saignement peropératoire plus important et un drainage postopératoire plus long dans le groupe pleurectomie [204].

3.8.3.3. La pleurodèse chimique

Elle est réalisée par instillation dans la cavité pleurale d'un agent irritant permettant d'obtenir une réponse inflammatoire entraînant des adhérences entre les deux feuillets pleuraux. Différents agents irritants ont été décrits dans cette indication : le talc, les antibiotiques tétracyclines (principalement la minocycline), l'iopovidine (Bétadine®), le dextrose, le nitrate d'argent, le sang autologue (*blood patch*)

[205]. Le talc est l'agent le plus couramment utilisé à l'heure actuelle au niveau européen pour la pleurodèse chimique. Concernant les effets à long terme du talc et un éventuel risque cancérigène, il n'a finalement pas été observé d'augmentation de l'incidence du cancer de la plèvre ou du poumon par rapport à la population générale, ce d'autant que ses préparations sont dorénavant réglementées par les agences internationales du médicament et sont exemptes d'amiante et d'autres impuretés [206]. Les études publiées à ce jour sur la pulvérisation de talc ont montré l'absence de récurrence dans plus de 90 % des cas, et une méta-analyse regroupant 22 études rétrospectives a montré elle aussi un taux de succès de 91 % [207]. Les études de Cardillo et al. et de Doddoli et al. montrent la faisabilité d'une réintervention par VATS [208,209]. Toutefois, l'utilisation de talc obère de la possibilité d'une chirurgie thoracique ultérieure.

3.8.3.4. *La pleurodèse mécanique est-elle supérieure à la pleurodèse chimique ?*

Shaikhrezai et al. ont réalisé une étude rétrospective sur 480 patients traités pour un PSP par une combinaison de différentes techniques en VATS, dont la bullectomie isolée, la pleurodèse chimique isolée, l'abrasion isolée et la pleurectomie isolée [210]. Une récurrence a été observée dans 1,4 % du groupe bullectomie associée à l'abrasion et 0,4 % du groupe bullectomie associée à la pleurodèse chimique. Aucune récurrence n'a été observée dans le groupe pleurectomie isolée. L'absence de nouvelle chirurgie à dix ans a été observée respectivement dans 96,4, 98,9 et 97,5 % des cas dans les groupes abrasion, pleurodèse chimique et pleurectomie ($p = 0,22$). Cardillo et al. ont mené une étude de cohorte sur 432 patients présentant un PSP et traités par pleurectomie pariétale subtotale en thoracoscopie ou une symphyse par talcage [209]. Le taux de mortalité était nul. Une récurrence a été observée dans 9,15 % des cas dans le groupe pleurectomie contre 1,79 % dans le groupe pleurodèse chimique au talc ($p = 0,00018$). Cependant, l'utilisation de talc chez un sujet jeune rend un nouvel abord thoracique excessivement complexe.

1.8.3.5. *Faut-il associer plusieurs méthodes de symphyse pour diminuer le risque de récurrence ?*

Dans la méta-analyse récente d'Asban et al., publiée en 2020, deux groupes de patients étaient comparés : pleurodèse combinée (mécanique et chimique) versus pleurodèse mécanique isolée, mais chez des patients exclusivement opérés par thoracoscopie [211]. Les patients traités par une intervention combinée avaient une diminution du risque de récurrence du pneumothorax de 63 % comparés à ceux traités par une seule technique de symphyse pleurale (pleurodèse mécanique). En revanche, ils ont présenté davantage de douleurs thoraciques et ont nécessité des doses plus élevées d'analgésiques morphiniques. Il convient, avant réalisation

d'un geste de symphyse pleurale, de discuter le diagnostic de PSS et de prendre en compte la possibilité d'une transplantation pulmonaire ultérieure ou, par exemple, d'une chirurgie aortique ultérieure chez un patient atteint de maladie de Marfan non diagnostiquée initialement. Le geste opératoire devra être adapté à cette possibilité.

Le groupe suggère en première intention la symphyse mécanique et/ou chimique plutôt que la pleurectomie en cas d'indication chirurgicale à une symphyse pleurale. (Recommandation conditionnelle, niveau de preuve modéré)

3.8.3.6. *Modalités du drainage thoracique en postopératoire d'une symphyse pleurale*

Il n'existe pas de consensus dans la littérature chirurgicale concernant le drainage thoracique postopératoire après pleurodèse mécanique ou chimique. Le principe fondamental doit rester l'obtention d'une réexpansion pulmonaire optimale permettant l'accolement des feuillets pleuraux sans pneumothorax résiduel source de récurrence postopératoire quelle que soit la durée du drainage [212]. Les nouveaux dispositifs de drainage avec régulation électronique du débit d'aspiration pourraient permettre une meilleure gestion postopératoire des drains thoraciques [213].

3.8.4. *Analgésie périopératoire*

L'analgésie périopératoire est un des points majeurs dans la prise en charge des PSP : cela a notamment été rapporté par les deux patients experts ayant participé à la relecture et aux votes de ces recommandations francophones sur les PSP. Les discussions sur la supériorité d'une technique par rapport à une autre (thoracoscopie versus thoracotomie, et thoracoscopie uniportale versus multiportale) ont été développées ci-avant. Nous abordons donc spécifiquement dans ce chapitre l'anesthésie locorégionale et l'intérêt des AINS.

3.8.4.1. *Anesthésies locorégionale et péridurale thoraciques*

Il est clairement établi que l'utilisation d'une technique d'analgésie locorégionale (ALR) en postopératoire de chirurgie thoracique diminue la consommation de morphiniques postopératoires, quelle que soit la voie d'abord chirurgicale, et limite la survenue de douleurs chroniques postopératoires. Il existe quelques études réalisées spécifiquement dans le contexte de la chirurgie du pneumothorax. Dans une étude prospective observationnelle portant sur 59 patients opérés de chirurgie de pneumothorax par thoracoscopie (dont 54 par technique uniport), Allain et al. ont rapporté que l'ALR postopératoire par bloc du serratus avec cathéter dans cette étude était associée à une diminution du nombre de patients ayant une forte consommation de

morphine postopératoire (OR : 0,03 [0,01–079] ; $p = 0,03$) [214]. De même, dans un essai contrôlé randomisé ayant inclus 50 patients, Kwon et al. rapportent qu'un bloc du nerf thoracique long, réalisé en préopératoire immédiat, diminue les scores de douleur et le nombre de bolus de PCA postopératoires jusqu'à une heure après la sortie de salle de réveil par rapport à l'absence d'ALR [215].

Le groupe suggère d'utiliser une technique d'analgésie locorégionale en périopératoire de chirurgie du pneumothorax pour diminuer les douleurs postopératoires. (Recommandation conditionnelle, niveau de preuve modéré)

De nombreuses études ont comparé les techniques d'ALR périphériques (et notamment le bloc paravertébral) à l'analgésie par péridurale dans le contexte de la chirurgie thoracique par thoracotomie. Quatre méta-analyses confirment une efficacité analgésique équivalente du bloc paravertébral avec un meilleur profil de tolérance que la péridurale [216–219]. De plus, dans le cadre de la chirurgie thoracique par thoracoscopie (VATS), un essai contrôlé randomisé ayant inclus 51 patients a rapporté une meilleure efficacité du bloc paravertébral continu sur les scores de douleurs durant les 36 premières heures postopératoires, avec une réduction des effets secondaires comparativement à la péridurale [220]. Des résultats similaires ont été obtenus dans un essai contrôlé randomisé ayant inclus 40 patients comparant l'analgésie par bloc du serratus à la péridurale après thoracotomie [221]. Dans le contexte de la chirurgie du pneumothorax, une étude prospective monocentrique portant sur 118 patients opérés sous VATS n'a pas retrouvé de supériorité analgésique de la péridurale par rapport à une analgésie systémique par morphiniques [222]. Ce résultat avait déjà été retrouvé dans des essais contrôlés randomisés portant sur des patients opérés sous VATS pour d'autres chirurgies thoraciques [223,224]. L'ensemble de ces résultats conduit à suggérer d'utiliser une technique d'ALR périphérique plutôt qu'une analgésie péridurale après chirurgie du pneumothorax.

À ce jour, aucune étude méthodologiquement appropriée ne permet de conclure à la supériorité d'une technique d'ALR périphérique sur une autre dans le contexte de la chirurgie du pneumothorax. Dans l'étude prospective observationnelle d'Allain et al., seul le bloc du serratus avec pose de cathéter pour administration prolongée d'anesthésiques locaux était associé à une réduction du nombre de patients ayant une forte consommation postopératoire de morphiniques [214]. Néanmoins, les effectifs dans les différents groupes étaient relativement faibles et ne permettaient pas de conclure définitivement à une supériorité du bloc du serratus sur le bloc paravertébral. Il faut également rappeler

que l'intégrité pleurale est nécessaire pour une bonne efficacité du bloc paravertébral, et que cette technique peut être moins efficace en cas de brèche pleurale ou de pleurectomie [225]. De nouvelles études sont nécessaires pour pouvoir recommander une technique plutôt qu'une autre dans le contexte de la chirurgie du pneumothorax.

Le groupe suggère de privilégier une analgésie locorégionale périphérique (bloc paravertébral, bloc du serratus, bloc intercostal) plutôt qu'une analgésie par péridurale thoracique. (Recommandation conditionnelle, niveau de preuve modéré)

3.8.4.2. Anti-inflammatoires non stéroïdiens et postopératoires de chirurgie du pneumothorax

Les AINS sont des molécules aux effets analgésiques puissants. Leur utilisation en postopératoire de chirurgie thoracique en cure courte est suggérée comme composante de l'analgésie multimodale pour diminuer les douleurs et favoriser la réhabilitation [226]. Dans le contexte spécifique de la chirurgie du pneumothorax, dans une étude rétrospective de cohorte ayant inclus 105 patients, Ben-Num et al. confirment que l'utilisation de kétorolac diminue de moitié le nombre de patients traités par morphinique à la sortie de l'hôpital et à une semaine postopératoire [227]. Néanmoins, un des objectifs de la chirurgie du pneumothorax est de procéder à une pleurodèse (mécanique et/ou chimique) qui repose sur une réaction inflammatoire de la plèvre conduisant à la symphyse des feuillets pariétal et viscéral. Dans ce contexte, plusieurs études expérimentales sur modèles animaux suggèrent que l'administration d'AINS diminuerait l'efficacité de la pleurodèse chirurgicale [228,229]. Toutefois, la traduction clinique en médecine humaine en termes de diminution d'efficacité de la pleurodèse et de récurrence de pneumothorax n'est à ce jour pas démontrée. Dans l'étude de Ben-Num et al., l'incidence de récurrence à long terme (moyenne de suivi à 50 mois) était identique entre les patients traités et non traités par AINS (2 [1/48] versus 3 [2/57] respectivement) [230]. Ce résultat est confirmé dans deux séries ayant inclus des grands enfants opérés de chirurgie du pneumothorax, d'âge entre 11 et 18 ans ($n = 51$) [227] et 10 et 16 ans ($n = 1\ 283$, 73 % des patients entre 15 et 16 ans) [231]. Parmi les 51 patients de l'étude de Lizardo et al., l'incidence de pneumothorax résiduel postopératoire radiologique à la sortie de l'hôpital (85 versus 76 % ; $p = 0,48$) et l'incidence de récurrence clinique de pneumothorax après une durée moyenne de suivi à 42 mois (4 [5/26] versus 5 [5/25] ; $p = 1,00$) n'étaient pas différentes entre, respectivement, les patients traités et non traités par AINS [227]. Dans la grande série de Dorman et al. ayant analysé 1 283 patients, dont 57 % avaient été traités par kétorolac en postopératoire pendant une durée moyenne de 3 ± 2 jours,

l'incidence de réadmissions et celle de réinterventions pour récurrence de pneumothorax dans l'année suivant le traitement chirurgical étaient respectivement de 17,8 (parmi lesquels 55,7 % avaient reçu du kétorolac ; $p = 0,37$) et 20 % (parmi lesquels 53,9 % avaient reçu du kétorolac ; $p = 0,32$). En analyse multivariée, le traitement par kétorolac n'était associé ni à la réadmission (aOR : 0,99 [0,72–1,36] ; $p = 0,95$) ni à la réintervention (aOR : 0,89 [0,66–1,20] ; $p = 0,43$) pour récurrence ipsilatérale de pneumothorax [231]. Des études randomisées contrôlées sont nécessaires avant de pouvoir statuer définitivement sur la balance bénéfiques/risques des AINS en postopératoire de chirurgie du pneumothorax et d'augmenter la force de cette recommandation.

Le groupe suggère d'utiliser des anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) en cure courte de quelques jours en postopératoire de chirurgie du pneumothorax en cas d'insuffisance de l'analgésie locorégionale et de l'analgésie systémique non morphinique pour diminuer ou éviter le recours à la morphine. L'utilisation d'AINS ne semble pas diminuer l'efficacité d'une pleurodèse chirurgicale. (Recommandation conditionnelle, niveau de preuve modéré)

4. Prise en charge au décours du PSP

Au décours d'un PSP, plusieurs éléments doivent être systématiquement évalués, discutés, ou définis, notamment le sevrage tabagique, le suivi à distance, les sports et éventuels voyages.

4.1. Sevrage tabagique

Le tabagisme, d'autant plus s'il est associé à du cannabis, augmente significativement le risque de présenter un premier épisode de pneumothorax spontané. Dans une étude cas-témoin prospective, 416 patients avec un premier épisode de pneumothorax spontané ont été comparés à une population saine : le risque de pneumothorax chez les fumeuses de tabac quotidien était accru (OR = 8,10, IC 95 % : [4,61–14,14], $p < 0,001$) comme chez les fumeurs de tabac (OR = 4,85, IC 95 % : [3,23–7,19], $p < 0,001$) et majoré en cas d'association avec le cannabis chez les hommes (OR = 8,74, IC 95 % : [4,30–19,51], $p < 0,001$) [36]. Dans une étude rétrospective tunisienne de 204 patients ayant présenté un premier épisode de pneumothorax spontané, 50 patients ont présenté une récurrence et la poursuite du tabagisme était le seul facteur de récurrence mis en évidence [232]. Dans la littérature, le sevrage du tabac est la seule variable qui réduit significativement le risque de récurrence [10]. La méta-analyse de Walker et al., analysant plus de 13 000 patients, a montré que le sevrage tabagique divisait par quatre le risque de récurrence de PSP : (OR = 0,26, IC 95 % : [0,10–0,63]) [10].

Le groupe recommande d'accompagner le patient vers un sevrage tabagique définitif (et autres substances fumées) afin de limiter le risque récurrence de PSP. (Recommandation forte, niveau de preuve élevé)

4.2. Suivi à distance d'un épisode de PSP et place du scanner thoracique après un premier épisode de pneumothorax spontané : causes secondaires et risque de récurrences

L'intérêt d'un suivi est triple :

- dépister l'existence d'une maladie pulmonaire sous-jacente pour une prise en charge spécialisée ;
- informer sur le risque de récurrence, notamment au cours de la première année ;
- prendre en charge le facteur principal de risque de récurrence : le tabac (cf. ci-avant).

Dans les suites d'un premier épisode, le risque de récurrence varie entre 0 et 67 % dans la revue de littérature récente de Villela et al. [233] et plus de la moitié des récurrences survient la première année. Walker et al. mettent en évidence dans une méta-analyse de 13 548 patients un taux de récurrence à un an de 29 % et un taux de récurrence globale de 32,1 % sur une durée de suivi de 3 à 96 mois [10]. Ainsi, la première année semble plus propice à la survenue d'une récurrence de PSP. Dans une étude de cohorte, sur 170 929 hospitalisations en Angleterre pour un premier épisode de PS, 60,8 % des cas avaient une maladie respiratoire chronique sous-jacente, principalement BPCO, emphysème et asthme [234]. Ces maladies peuvent être suspectées par un examen clinique complet.

Le groupe propose que les patients bénéficient d'une consultation auprès d'un pneumologue au décours de chaque épisode de PSP afin de dépister une maladie respiratoire sous-jacente. (Avis d'experts)

Le scanner thoracique permet de faire le diagnostic de causes secondaires de pneumothorax : maladies kystiques (lymphangioléiomyomatose, histiocytose langerhansienne, syndrome de Birt-Hogg-Dubé ou BHD), maladies interstitielles (fibrose pulmonaire idiopathique, sarcoïdose, pneumopathie d'hypersensibilité, etc.), maladies obstructives (BPCO, inhalation de drogues [e.g., cocaïne/cannabis]), déficit en alpha 1, antitrypsine, dilatation des bronches, mucoviscidose, maladie de Menkès (rare), maladie de Fabry (rare), maladies du collagène (syndrome de Marfan, maladie d'Ehler-Danlos de type IV, cutis laxa), infections (tuberculose, pneumocystose) ou encore pneumothorax cataménial, cancer, homocystinurie, syndrome hyper-IgE (rare), neurofibromatose (rare) [51].

Dans les suites d'un premier épisode de PS, la RT est le plus souvent normale, alors que des anomalies sont

visualisées sur la TDM thoracique. Ruppert et al. ont décrit 28 % de RT anormales et 81 % de TDM anormales. Le principal diagnostic non visualisé en RT est l'emphysème [52]. Des cas cliniques ou des séries publiées rapportant la découverte de maladies kystiques multiples pulmonaires dans les suites de PSP pourraient nous inciter à réaliser une TDM thoracique systématique au décours d'un premier épisode de PSP [235]. Néanmoins, plusieurs études plus rigoureuses nous permettent finalement de ne pas recommander une telle approche coûteuse et irradiante. Dans leur revue de la littérature, Villela et al. retrouvent l'existence de lésions emphysemateuses chez 59 à 89 % des patients présentant une récurrence, mais la réalisation d'un scanner thoracique systématique n'a aucune conséquence sur l'incidence des récurrences [233]. Dans une étude prospective espagnole, les auteurs ont réalisé des scanners thoraciques systématiques après un premier épisode de pneumothorax spontané chez 57 patients sur une moyenne de suivi de 30 mois [236]. Il n'en ressort aucune association entre la présence d'anomalies de type bulles/blebs et les récurrences. C'est également ce que l'on retrouve dans l'étude de Laituri et al., avec une sensibilité du scanner pour l'identification de blebs de seulement 36 % [237]. Ainsi, l'intérêt d'un scanner thoracique, dont l'objectif serait de mettre en évidence des blebs ou des bulles pulmonaires, n'est pas démontré et pourrait conduire à un surdiagnostic sans modification de la prise en charge. Dans une étude rétrospective sur 120 patients ayant eu un traitement chirurgical d'un premier épisode spontané, la sensibilité du scanner pour le diagnostic de bulles ou blebs pulmonaires résécables est bonne de 95,7 %, mais la spécificité est très basse de 42,3 % [238]. De plus, l'absence de bulles ou blebs sur le scanner ne semble pas exclure la présence réelle de ces anomalies [239]. Par ailleurs, la réalisation d'un scanner thoracique systématique induirait des coûts et une irradiation supplémentaire, bien que la réalisation d'un scanner à faible ou ultrafaible dose d'irradiation puisse être une alternative [240,241]. Dans une étude de Gupta et al., le ratio coût/efficacité d'une stratégie de dépistage systématique de maladie kystique semble en faveur d'un scanner thoracique après un premier épisode de PS pour une prévalence de maladie kystique qui est de 0,01 % [242] ; cependant, les auteurs ne prennent pas en compte l'irradiation induite.

Au total, la rareté des diagnostics secondaires et la mise en évidence potentielle de quelques lésions emphysemateuses ne justifient pas une irradiation systématique en cas de premier épisode. Les données de la littérature sont insuffisantes pour justifier la réalisation systématique d'un scanner thoracique après un premier épisode de PSP unilatéral, en dehors de signes cliniques et/ou d'un examen clinique suggérant un syndrome spécifique, d'antécédents ou d'une anamnèse évocateurs d'une cause secondaire [243]. Au total, aucune

étude n'a montré l'intérêt sur le risque de récurrence, sur la morbidité ou la mortalité, d'un scanner thoracique systématique dans les suites d'un premier épisode de PSP unilatéral. Cependant, la présentation sous forme de PSP bilatéral est particulière et nécessite la réalisation d'investigations plus poussées à la recherche d'une étiologie.

Dans une courte étude rétrospective de pneumothorax bilatéral, 11 patients sur les 16 avaient une maladie respiratoire chronique sous-jacente (BPCO, dilatation des bronches, granulomatose, FPI, pneumopathie d'hypersensibilité) [244]. Ainsi, par exemple, l'existence d'une fibrose pulmonaire ou d'un syndrome de Birt-Hogg-Dubé est un facteur prédictif de récurrence justifiant la réalisation d'un scanner à sa recherche en cas de récurrence [243,245]. Dans une cohorte de patients atteints d'un syndrome de Birt-Hogg-Dubé, l'apparition d'un PS a mené au diagnostic de ce syndrome chez 65 % des patients. Après un premier épisode, la récurrence survenait dans près de 80 % des cas. Une récurrence ou un épisode initial bilatéral doit également faire évoquer le diagnostic [242]. Un pneumothorax dans les 72 heures précédant ou suivant les menstruations doit, quant à lui, faire évoquer un pneumothorax cataménial d'autant plus si la patiente décrit des hémoptysies associées ou des douleurs pleurales récidivantes en période menstruelle, si le pneumothorax est à droite, ou si la patiente présente également une endométriose pelvienne [246]. En cas d'indication de traitement chirurgical pour ce pneumothorax, des prélèvements histologiques doivent être réalisés. En cas de forte suspicion clinique ou en cas de confirmation histologique, un bilan gynécologique doit également être demandé [247].

Le groupe suggère de ne pas réaliser systématiquement un scanner thoracique après un PSP, sauf en cas de PSP bilatéral, récidivant ou encore dans un contexte évocateur d'une maladie respiratoire sous-jacente. (Recommandation conditionnelle, niveau de preuve modéré)

4.3. Précautions dans les suites d'un premier épisode de PSP

4.3.1. L'avion

L'augmentation en altitude se traduit par une baisse de pression atmosphérique et un impact direct sur la pression intrathoracique. Une modélisation de pneumothorax d'environ 40 ml lors de vol jusqu'à 1 500 m d'altitude en hélicoptère retrouve une régression linéaire entre le pourcentage d'augmentation de volume et l'altitude : à 1 500 m le volume du pneumothorax augmente de 12,7 à 16,2 % [164]. Lors d'un vol commercial ayant une pression cabine équivalente à 1 500 à 2 000 m d'altitude, soit 20 % de moins

que la pression atmosphérique au sol, il y a un risque d'augmentation de la taille du pneumothorax de 20 %. Dans une revue de cas, cinq patients avec un pneumothorax non drainé ont été transportés en avion entre j18 et j25 du début des symptômes et 11 patients après retrait d'un drain entre j9 et j17 du diagnostic et en moyenne dix jours après le retrait du drain. Aucune complication respiratoire n'a été décrite avec des transferts qui se sont bien déroulés [248]. Une étude prospective de patients ayant fait un voyage en avion dans les sept jours après la réalisation d'une biopsie transthoracique n'a pas retrouvé de différences de symptômes entre les patients avec ou sans pneumothorax ; les pneumothorax étaient le plus souvent de petite abondance [165]. Une revue de la littérature liste les rapports de cas de vol avec pneumothorax, certains drainés sur valves de Heimlich, d'autres stables et modérés, ainsi que les délais retenus pour un vol après guérison de pneumothorax. Ces délais sont arbitraires et ne reposent pas sur des données scientifiques fortes [163].

Les recommandations de la BTS publiées en 2011 contre-indiquent le vol lorsqu'il existe un pneumothorax radiologique, recommandent un examen approfondi si le pneumothorax est récent avec une RT normale de moins de sept jours, et idéalement autorisent le vol si la résolution date de plus de sept jours [249]. Dans les suites d'un pneumothorax traumatique, elles recommandent un délai de deux semaines après résolution [249]. Les recommandations américaines proposent d'attendre une à trois semaines après résolution [172], le Collège français des enseignants de pneumologie propose d'attendre deux à trois semaines après résolution [6]. Ce même collège propose une pleurodèse dès le premier épisode de PSP chez les personnels navigants.

Le groupe propose d'attendre un délai minimal de deux semaines après résolution du PSP avant de prendre l'avion. (Avis d'experts)

Le groupe propose de réaliser une pleurodèse dès le premier épisode de PSP pour les personnels navigants. (Avis d'experts)

4.3.2. Parachutisme et chute libre

Le parachutisme expose à l'hypobarie et l'hypoxie du fait d'altitudes de largage élevées, jusqu'à 4 000 m d'altitude relative (par rapport au sol) correspondant à des altitudes absolues jusqu'à 4 500 m (en fonction de l'altitude de l'aérodrome) [250]. À 4 000 mètres, la pression atmosphérique est plus basse de 40 % par rapport à la pression au sol (613 versus 1 013 hPa), risquant d'augmenter le volume du pneumothorax de 40 %. Comme pour l'avion, il y a une contre-indication absolue à la pratique du parachutisme tant que le pneumothorax n'est pas résolu. L'analyse des

accidents de parachutisme ne révèle aucun PS. Les quelques pneumothorax rapportés ne sont que post-traumatiques et sans relation avec une condition pathologique antérieure [251,252]. Il n'y a pas d'étude sur le risque de PS et la pratique du parachutisme. La Fédération française de parachutisme en contre-indique la pratique en cas de pneumothorax récidivant non symphysé. L'attitude est différente selon le contexte du sportif : un premier épisode de pneumothorax ne contre-indique pas un saut « de découverte ». Mais il est prudent de considérer un parachutiste régulier comme un personnel navigant et de proposer une symphyse au premier épisode. Le certificat d'aptitude doit être réalisé après un bilan pneumologique comportant un scanner thoracique et des explorations fonctionnelles respiratoires (EFR), en coordination avec le médecin fédéral.

Le groupe propose la réalisation d'une symphyse pleurale après le premier épisode de PSP chez les pratiquants de parachutisme sportif et la réalisation d'un scanner thoracique et d'EFR avant la reprise de leur pratique. (Avis d'experts)

4.3.3. La plongée sous-marine en scaphandre autonome

La complication majeure de la plongée sous-marine en bouteille est le barotraumatisme, responsable avant tout de pneumomédiastin, d'embolie gazeuse et parfois de pneumothorax [253]. La survenue d'un pneumothorax lors de la plongée expose à un risque majeur de barotraumatisme pulmonaire grave et potentiellement fatal. Dans les analyses d'accidents de plongée, on retrouve avant tout l'existence d'emphysème ou de kystes sous-pleuraux et d'un syndrome obstructif des voies aériennes distales, mais pas d'antécédent de pneumothorax [254,255]. Cependant, le pneumothorax étant depuis longtemps considéré comme une contre-indication absolue à la pratique de la plongée sous-marine en bouteille, peu ou pas de patients avec un pneumothorax ont pratiqué cette activité au décours d'un épisode de PSP [256]. Même si le risque de récurrence est plus important chez le fumeur ou en cas de dystrophie bulleuse, il n'y a pas de marqueurs phénotypiques permettant d'affirmer l'absence de risque de récurrence. Une symphyse pleurale réduit le risque de récurrence, mais ne l'annule pas [257]. Des récurrences peuvent survenir même après pleuroctomie [258]. Pour toutes ces raisons, le risque non nul de récurrence de pneumothorax et la gravité de la survenue d'un pneumothorax lors de la plongée doivent faire considérer un antécédent de pneumothorax comme une contre-indication absolue et définitive à la pratique de la plongée sous-marine comme le rappellent les *recommandations de bonne pratique pour le suivi médical des pratiquants d'activités subaquatiques sportives et de loisirs* publiées en 2020 par la Société de médecine hyperbare.

Le groupe propose de contre-indiquer définitivement la plongée sous-marine en bouteille chez les patients présentant un antécédent de PSP, même si le patient a été symphysé, en raison du risque de barotraumatisme mortel. (Avis d'experts)

4.3.4. Activités physiques

Les pneumothorax surviennent au repos dans plus de 80 % des cas [259]. Dans les différentes études sur les facteurs de risque de récurrence, le sport n'apparaît pas comme un facteur favorisant [6]. Seuls quelques cas cliniques de pneumothorax survenant après un effort évoquent une telle relation, mais l'effort n'est pas retrouvé comme cause des récurrences dans les études prospectives.

Le groupe propose de ne pas limiter la reprise/pratique du sport après résolution du PSP. (Avis d'experts)

4.3.5. Instruments à vent

Seul un cas clinique de PSP chez un trompettiste non professionnel est rapporté dans la littérature [260].

Le groupe propose de ne pas limiter la pratique des instruments à vent après résolution du PSP. (Avis d'experts)

5. Questions non résolues

Malgré une littérature florissante, mais parfois ancienne, des questions autour des différents temps de la prise en charge des PSP demeurent.

5.1. Imagerie diagnostique

L'évolution des techniques d'imagerie permet de maintenir certaines performances diagnostiques du scanner en diminuant leur irradiation. Ainsi, la place du scanner thoracique ultrabasse dose, aussi irradiant que deux radiographies thoraciques, reste à déterminer. La diffusion de cette technique, y compris au niveau des services d'accueil des urgences, pourrait amener à la disparition de la RT standard. Le diagnostic positif des pneumothorax, l'élimination des diagnostics différentiels, leur quantification et la surveillance après traitement pourraient être modifiés, voire révolutionnés, dans les années à venir.

5.2. Épidémiologie et prise en charge

Les traitements possibles du PSP sont divers : ils vont de l'observation seule en ambulatoire à une stratégie chirurgicale. Les années à venir devront permettre d'affiner la connaissance des phénotypes, génotypes et endotypes des patients atteints de PSP. Ainsi, il pourra être possible de sélectionner les patients dès leur diagnostic de PS et de

personnaliser les traitements [261], sans errements dans la stratégie thérapeutique :

- symphyse pleurale d'emblée chez les patients qui récidiveront ;
- traitement conservateur chez les patients asymptomatiques ou paucisymptomatiques qui ne s'aggraveront pas ;
- exsufflation chez les patients symptomatiques et qui auront une seule manœuvre d'exsufflation efficace sans récurrence ;
- et enfin drainage ambulatoire chez les patients symptomatiques chez qui l'exsufflation serait en échec, avec une durée de guérison du PSP qui serait trop longue en l'absence de drainage.

Ainsi, cette personnalisation des traitements permettra de limiter les coûts inhérents à des gestes thérapeutiques ou des hospitalisations qui auraient été superflues. De plus, cette meilleure définition phénotypique, génotypique ou endotypique des patients ayant un PSP permettrait également de mieux définir les recommandations après un premier épisode de PSP, notamment sur les pratiques estimées comme étant « à risque » (avion, plongée, chute libre...) et l'éventuel bilan complémentaire à prévoir.

5.3. Surveillance et stratégies de sevrage des dispositifs de drainage

Si ces recommandations ont tenté de préconiser des stratégies de surveillance et de sevrage pragmatiques, il faut bien admettre que la diversité des pratiques pourrait persister. Après la pose du drain, le délai avant mise en aspiration pourrait être investigué au regard de certaines caractéristiques anamnestiques ou cliniques, dans un objectif de soulagement des symptômes ou de réduction des durées de prise en charge hospitalière. De la même manière, lors du sevrage, l'intérêt du clampage du drain est toujours débattu chez les patients atteints de PSP et traités médicalement, des études sont nécessaires pour savoir si cette modalité présente un intérêt. Enfin, de nouveaux dispositifs émergent, et leur apparition justifie des modifications de prise en charge et des évaluations objectives [9].

5.4. Prise en charge chirurgicale

Sur le plan chirurgical, le développement de la chirurgie mini-invasive a permis de diminuer la morbidité du geste opératoire. Actuellement, le temps de drainage post-opératoire fluctue entre les équipes, et des études pourraient s'avérer nécessaires pour déterminer le nombre de jours minimum durant lesquels le patient doit garder son drain afin d'obtenir une symphyse satisfaisante. Un certain nombre d'équipes utilise des drainages autonomes permettant le retour précoce à domicile du patient drainé pour diminuer sa durée de séjour à l'hôpital. L'utilisation

de matériel de *coating* qui n'a pas fait la preuve de son efficacité, notamment en chirurgie de l'emphysème n'est plus d'actualité. Le développement de l'instrumentation (3 mm, micro-incision) pourrait faire revoir les techniques actuelles de prise en charge.

5.5. Analgésie des gestes pleuraux pour PSP

La douleur ou l'analgésie du PSP ou de son traitement n'ont pas été évaluées spécifiquement et les données existantes proviennent de l'analgésie après chirurgie cardiothoracique. Cependant, les patients atteints de PSP sont susceptibles d'être différents des patients de chirurgie cardiothoracique, éventuellement plus âgés, ou présentant plus de comorbidités. Ainsi, des données spécifiques dans le cadre du PSP sont nécessaires : stratégies d'analgésies multimodales pour les abords pleuraux, utilisation de techniques non médicamenteuses (musicothérapie, hypnose...), ou physiques (froid). Comme rappelé plus haut, le retrait du drain pleural a été décrit comme un geste des plus douloureux en réanimation [102]. Cependant, là encore, ces données sont rapportées dans le contexte postopératoire de chirurgie cardiothoracique, et une réactualisation de ces données anciennes est indispensable dans le contexte du PSP, drainé par un dispositif de petit calibre. En tout état de cause, et cela a été largement mis en avant par les patients experts qui ont participé à la relecture et aux votes de ces recommandations, il est fondamental de tendre à l'absence totale de douleur thoracique quels que soient la modalité ou le lieu de prise en charge thérapeutique des patients atteints de PSP.

6. Conclusion

Ces recommandations francophones sur le PSP sont les premières (Annexe D). Elles ont rassemblé tous les groupes professionnels, hospitaliers pour la plupart, amenés à prendre en charge des patients atteints de PSP : urgentistes, intensivistes-réanimateurs, anesthésistes-réanimateurs, chirurgiens thoraciques, pneumologues, mais aussi les patients experts. Elles ont fait l'objet d'un consensus Delphi, et leur méthodologie rigoureuse permettra, nous l'espérons, leur généralisation. Au-delà de certaines évaluations et modalités de prise en charge qui sont assez consensuelles, nous avons volontairement pris position sur certains points particuliers dans un but pragmatique d'aide aux cliniciens. Ainsi, par exemple, la définition d'un PSP de grande abondance est un décollement supérieur ou égal à 2 cm sur toute la hauteur de la ligne axillaire. De plus, en accord avec les évolutions de la société et du système de soins, notre groupe a pris position assez fermement en faveur de la prise en charge ambulatoire, que ce soit pour les PSP de faible abondance, mais aussi pour les PSP de grande abondance. Cependant, une prise en charge ambulatoire ne peut s'envisager que dans le cadre d'une organisation préalable bien

définie, intégrée dans la structure de soins et dans le réseau de ville. La recherche sur le sujet reste riche, les études, notamment à haut niveau de preuve, se multiplient, et ces recommandations sont loin d'être gravées dans le marbre. De nouvelles données pourraient les faire évoluer dans les années à venir.

Nécrologie : Le Dr Martinez est décédé brutalement le 24 octobre 2022 à l'âge de 46 ans. Nous pensons à Mikaël Martinez et sa famille. Le Dr Martinez était un brillant esprit, engagé dans la médecine d'urgence et serviteur de l'hôpital public. Tu nous manques, notre ami.

Remerciements

Les auteurs remercient les deux patients experts qui ont participé à la relecture du manuscrit, aux cotations en ligne et aux discussions collégiales de cotation GRADE. Les auteurs remercient aussi M. Xavier Chard-Hutchinson, bibliothécaire de l'université de Rennes-I, pour son aide bibliographique précieuse.

Liens d'intérêts : tous les auteurs déclarent n'avoir aucun lien d'intérêt concernant les PSP.

S. Jouneau a reçu des honoraires, des financements de projets de recherche, des remboursements de congrès nationaux ou internationaux, participé à des études cliniques ou des groupes d'experts pour les laboratoires (ou assimilés) suivant : AIRB, Biogen, Boehringer Ingelheim, BMS, Fibrogen, Galecto Biotech, Genzyme-Sanofi, Gilead, LVL, Novartis, Pfizer, Pliant Therapeutics, Roche, Sanofi, Savara. A. Seguin-Givelet a reçu des honoraires et participé à des groupes d'experts pour les laboratoires (ou assimilés) suivant : AstraZeneca, AMGEN, Intuitive et Medtronic.

N. Bigé a reçu des honoraires et des remboursements de congrès nationaux ou internationaux par le laboratoire Sanofi.

J. Messika a reçu des remboursements de frais de congrès des laboratoires CSL Behring et Biotest.

E. Noël-Savina a reçu des honoraires, des remboursements de congrès nationaux ou internationaux, participé à des études cliniques ou des groupes d'experts pour les laboratoires (ou assimilés) suivant : Boehringer Ingelheim, Novartis, Pfizer, GSK, AstraZeneca, Janssen et MSD.

N. Roche a reçu des honoraires et financements (groupes d'experts, conseil, formations, conférences, participation à des congrès, projets de recherche) de la part des laboratoires suivants Boehringer Ingelheim, Novartis, Pfizer, GSK, MSD, AstraZeneca, Chiesi, Sanofi, Zambon.

M. Martinez a reçu des émoluments personnels, en tant que participant à un groupe d'experts par le laboratoire AstraZeneca.

Les autres auteurs déclarent également ne pas avoir de lien d'intérêts en dehors des PSP.

Annexe A. Tableau des équations de recherche bibliographique dans PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) (Disponible en matériel supplémentaire)

Annexe B. Différentes méthodes d'évaluation de l'abondance d'un pneumothorax (Disponible en matériel supplémentaire)

Annexe C. Professions à risque nécessitant des adaptations sur les indications chirurgicales (Disponible en matériel supplémentaire)

Annexe D. Synthèse des recommandations sur le pneumothorax spontané primaire (PSP) (Disponible en matériel supplémentaire)

Références

- Aguinagalde B, Aranda JL, Busca P, et al (2018) SECT clinical practice guideline on the management of patients with spontaneous pneumothorax. *Cir Esp* 96:3–11
- Baumann MH, Strange C, Heffner JE, et al (2001) Management of spontaneous pneumothorax: an American College of Chest Physicians Delphi consensus statement. *Chest* 119:590–602
- De Leyn P, Lisonde M, Ninane V, et al (2005) Guidelines Belgian Society of Pneumology. Guidelines on the management of spontaneous pneumothorax. *Acta Chir Belg* 105:265–7
- MacDuff A, Arnold A, Harvey J; Group BTSPDG (2010) Management of spontaneous pneumothorax: British Thoracic Society Pleural Disease Guideline 2010. *Thorax* 65:ii18–31
- Collins CD, Lopez A, Mathie A, et al (1995) Quantification of pneumothorax size on chest radiographs using interpleural distances: regression analysis based on volume measurements from helical CT. *Am J Roentgenol* 165:1127–30
- Collège des enseignants de pneumologie (CEP) (2021) Conduite à tenir devant un pneumothorax. *Référentiel du Collège des enseignants de pneumologie — 7^e édition*. 2021
- Jouneau S, Vuillard C, Sale A, et al (2020) Outpatient management of primary spontaneous pneumothorax. *Respir Med* 176:106240
- Brown SGA, Ball EL, Perrin K, et al (2020) Conservative versus interventional treatment for spontaneous pneumothorax. *N Engl J Med* 382:405–15
- Hallifax RJ, McKeown E, Sivakumar P, et al (2020) Ambulatory management of primary spontaneous pneumothorax: an open-label, randomized controlled trial. *Lancet* 396:39–49
- Walker SP, Bibby AC, Halford P, et al (2018) Recurrence rates in primary spontaneous pneumothorax: a systematic review and meta-analysis. *Eur Respir J* 52:1800864
- Marquette CH, Marx A, Leroy S, et al (2006) Simplified stepwise management of primary spontaneous pneumothorax: a pilot study. *Eur Respir J* 27:470–6
- Massongo M, Leroy S, Scherpereel A, et al (2014) Outpatient management of primary spontaneous pneumothorax: a prospective study. *Eur Respir J* 43:582–90
- Sale A, Sohler L, Campion M, et al (2020) Exclusive ambulatory management of spontaneous pneumothorax with pigtail catheters, a prospective multicentric study. *Respir Med* 166:105931
- Voisin F, Sohler L, Rochas Y, et al (2014) Ambulatory management of large spontaneous pneumothorax with pigtail catheters. *Ann Emerg Med* 64:222–8
- Jouneau S, Ricard JD, Mangiapan A, et al (2023). Recommandations formalisées d'experts pour la prise en charge des pneumothorax spontanés primaires (PSP). *Rev Mal Respir* 40: [in press]
- Tschopp JM, Bintliffe O, Astoul P, et al (2015) ERS task force statement: diagnosis and treatment of primary spontaneous pneumothorax. *Eur Respir J* 46:321–35
- Bobbio A, Dechartres A, Bouam S, et al (2015) Epidemiology of spontaneous pneumothorax: gender-related differences. *Thorax* 70:653–8
- Gupta D, Hansell A, Nichols T, et al (2000) Epidemiology of pneumothorax in England. *Thorax* 55:666–71
- Nakamura H, Konishiike J, Sugamura A, Takeno Y (1986) Epidemiology of spontaneous pneumothorax in women. *Chest* 89:378–82
- Weissberg D, Refaely Y (2000) Pneumothorax: experience with 1,199 patients. *Chest* 117:1279–85
- Primrose WR (1984) Spontaneous pneumothorax: a retrospective review of aetiology, pathogenesis and management. *Scott Med J* 29:15–20
- Melton LJ 3rd, Hepper NG, Offord KP (1979) Incidence of spontaneous pneumothorax in Olmsted County, Minnesota: 1950 to 1974. *Am Rev Respir Dis* 120:1379–82
- Ferraro P, Beauchamp G, Lord F, et al (1994) Spontaneous primary and secondary pneumothorax: a 10-year study of management alternatives. *Can J Surg* 37:197–202
- Bense L, Eklund G, Wiman LG (1987) Smoking and the increased risk of contracting spontaneous pneumothorax. *Chest* 92:1009–12
- Chen JS, Tsai KT, Hsu HH, et al (2008) Intrapleural minocycline following simple aspiration for initial treatment of primary spontaneous pneumothorax. *Respir Med* 102:1004–10
- Vuillard C, Dib F, Achamlal J, et al (2019) Longer symptom onset to aspiration time predicts success of needle aspiration in primary spontaneous pneumothorax. *Thorax* 74:780–6
- Contou D, Razazi K, Katsahian S, et al (2012) Small-bore catheter versus chest tube drainage for pneumothorax. *Am J Emerg Med* 30:1407–13
- Olesen WH, Lindahl-Jacobsen R, Katballe N, et al (2016) Recurrent primary spontaneous pneumothorax is common following chest tube and conservative treatment. *World J Surg* 40:2163–70
- Brown SG, Ball EL, Macdonald SP, et al (2014) Spontaneous pneumothorax; a multicenter retrospective analysis of emergency treatment, complications and outcomes. *Intern Med J* 44:450–7
- Choi SH, Lee SW, Hong YS, et al (2007) Can spontaneous pneumothorax patients be treated by ambulatory care management? *Eur J Cardiothorac Surg* 31:491–5
- Noppen M, Alexander P, Driesen P, et al (2002) Manual aspiration versus chest tube drainage in first episodes of primary spontaneous pneumothorax: a multicenter, prospective, randomized pilot study. *Am J Respir Crit Care Med* 165:1240–4
- Ayed AK, Chandrasekaran C, Sukumar M (2006) Aspiration versus tube drainage in primary spontaneous pneumothorax: a randomized study. *Eur Respir J* 27:477–82
- Thelle A, Gjerdevik M, SueChu M, et al (2017) Randomized comparison of needle aspiration and chest tube drainage in spontaneous pneumothorax. *Eur Respir J* 49:1601296
- Nishiuma T, Ohnishi H, Katsurada N, et al (2012) Evaluation of simple aspiration therapy in the initial treatment for primary spontaneous pneumothorax. *Intern Med* 51:1329–33
- Harvey J, Prescott RJ (1994) Simple aspiration versus intercostal tube drainage for spontaneous pneumothorax in patients with normal lungs. British Thoracic Society Research Committee. *BMJ* 309:1338–9
- Olesen HW, Katballe N, Sindby JE, et al (2017) Cannabis increased the risk of primary spontaneous pneumothorax in tobacco smokers: a case-control study. *Eur J Cardiothorac Surg* 52:679–85
- Stefani A, Aramini B, Baraldi C, et al (2020) Secondary spontaneous pneumothorax and bullous lung disease in cannabis and tobacco smokers: a case-control study. *PLoS One* 15:e0230419

38. Ruppert AM, Perrin J, Khalil A, et al (2018) Effect of cannabis and tobacco on emphysema in patients with spontaneous pneumothorax. *Diagn Interv Imaging* 99:465–71
39. Alifano M, Forti Parri SN, Bonfanti B, et al (2007) Atmospheric pressure influences the risk of pneumothorax: beware of the storm! *Chest* 131:1877–82
40. Bense L (1984) Spontaneous pneumothorax related to falls in atmospheric pressure. *Eur J Respir Dis* 65:544–6
41. Haga T, Kurihara M, Kataoka H, Ebana H (2013) Influence of weather conditions on the onset of primary spontaneous pneumothorax: positive association with decreased atmospheric pressure. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 19:212–5
42. Scott GC, Berger R, McKean HE (1989) The role of atmospheric pressure variation in the development of spontaneous pneumothoraxes. *Am Rev Respir Dis* 139:659–62
43. Diaz R, Diez MM, Medrano MJ, et al (2014) Influence of atmospheric pressure on the incidence of spontaneous pneumothorax. *Cir Esp* 92:415–20
44. Aissa S, Maoua M, Selmi S, et al (2019) Influence of weather conditions on the onset of spontaneous pneumothorax in the region of Sousse (Tunisia): analysis of time series. *Biomed Res Int* 2019:1793973
45. Chen CH, Kou YR, Chen CS, Lin HC (2010) Seasonal variation in the incidence of spontaneous pneumothorax and its association with climate: a nationwide population-based study. *Respirology* 15:296–302
46. Laënnec RTH (1819) L'auscultation médiate ou traitée du diagnostic des maladies des poumons et du cœur fondé principalement sur ce nouveau moyen d'investigation. Tome 2, Brosson JA, Chaudé JS (eds), Paris
47. Kelly AM, Druda D (2008) Comparison of size classification of primary spontaneous pneumothorax by three international guidelines: a case for international consensus? *Respir Med* 102:1830–2
48. Do S, Salvaggio K, Gupta S, et al (2012) Automated quantification of pneumothorax in CT. *Comput Math Methods Med* 2012:736320
49. Rhea JT, DeLuca SA, Greene RE (1982) Determining the size of pneumothorax in the upright patient. *Radiology* 144:733–6
50. Hoi K, Turchin B, Kelly AM (2007) How accurate is the Light index for estimating pneumothorax size? *Australas Radiol* 51:196–8
51. Hilliard NJ, Marciniak SJ, Babar JL, Balan A (2013) Evaluation of secondary spontaneous pneumothorax with multidetector CT. *Clin Radiol* 68:521–8
52. Ruppert AM, Sroussi D, Khalil A, et al (2020) Detection of secondary causes of spontaneous pneumothorax: comparison between computed tomography and chest X-ray. *Diagn Interv Imaging* 101:217–24
53. Ball CG, Kirkpatrick AW, Laupland KB, et al (2005) Factors related to the failure of radiographic recognition of occult posttraumatic pneumothoraxes. *Am J Surg* 189:541–6
54. Noh TJ, Lee CH, Kang YA, et al (2009) Chest computed tomography (CT) immediately after CT-guided transthoracic needle aspiration biopsy as a predictor of overt pneumothorax. *Korean J Intern Med* 24:343–9
55. Frankel HL, Kirkpatrick AW, Elbarbary M, et al (2015) Guidelines for the appropriate use of bedside general and cardiac ultrasonography in the evaluation of critically ill patients-Part I: General ultrasonography. *Crit Care Med* 43:2479–502
56. Ding W, Shen Y, Yang J, et al (2011) Diagnosis of pneumothorax by radiography and ultrasonography: a meta-analysis. *Chest* 140:859–66
57. Abdalla W, Elgendy M, Abdelaziz AA, Ammar MA (2016) Lung ultrasound versus chest radiography for the diagnosis of pneumothorax in critically ill patients: a prospective, single-blind study. *Saudi J Anaesth* 10:265–9
58. Blaivas M, Lyon M, Duggal S (2005) A prospective comparison of supine chest radiography and bedside ultrasound for the diagnosis of traumatic pneumothorax. *Acad Emerg Med* 12:844–9
59. Kaya S, Cevik AA, Acar N, et al (2015) A study on the evaluation of pneumothorax by imaging methods in patients presenting to the emergency department for blunt thoracic trauma. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 21:366–72
60. Sartori S, Tombesi P, Trevisani L, et al (2007) Accuracy of transthoracic sonography in detection of pneumothorax after sonographically guided lung biopsy: prospective comparison with chest radiography. *Am J Roentgenol* 188:37–41
61. Soult MC, Weireter LJ, Britt RC, et al (2015) Can routine trauma bay chest X-ray be bypassed with an extended focused assessment with sonography for trauma examination? *Am Surg* 81:336–40
62. Wilkerson RG, Stone MB (2010) Sensitivity of bedside ultrasound and supine anteroposterior chest radiographs for the identification of pneumothorax after blunt trauma. *Acad Emerg Med* 17:11–7
63. Jalli R, Sefidbakht S, Jafari SH (2013) Value of ultrasound in diagnosis of pneumothorax: a prospective study. *Emerg Radiol* 20:131–4
64. Tasci O, Hatipoglu ON, Cagli B, Ermis V (2016) Sonography of the chest using linear-array versus sector transducers: Correlation with auscultation, chest radiography, and computed tomography. *J Clin Ultrasound* 44:383–9
65. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, et al (2012) International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 38:577–91
66. Oveland NP, Soreide E, Lossius HM, et al (2013) The intrapleural volume threshold for ultrasound detection of pneumothoraxes: an experimental study on porcine models. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 21:11
67. Soldati G, Testa A, Sher S, et al (2008) Occult traumatic pneumothorax: diagnostic accuracy of lung ultrasonography in the emergency department. *Chest* 133:204–11
68. Benton IJ, Benfield GF (2009) Comparison of a large and small-caliber tube drain for managing spontaneous pneumothoraxes. *Respir Med* 103:1436–40
69. Martino K, Merrit S, Boyakye K, et al (1999) Prospective randomized trial of thoracostomy removal algorithms. *J Trauma* 46:369–71
70. Oveland NP (2018) Pneumothorax. In: Laursen CB, Rahman RN, Volpicelli G (eds). *Thoracic Ultrasound* (ERS Monograph). Sheffield, European Respiratory Society, pp 43–63
71. Oveland NP, Lossius HM, Wemmelund K, et al (2013) Using thoracic ultrasonography to accurately assess pneumothorax progression during positive pressure ventilation: a comparison with CT scanning. *Chest* 143:415–22
72. Alrajab S, Youssef AM, Akkus NI, Caldito G (2013) Pleural ultrasonography versus chest radiography for the diagnosis of pneumothorax: review of the literature and meta-analysis. *Crit Care* 17:R208
73. Alrajhi K, Woo MY, Vaillancourt C (2012) Test characteristics of ultrasonography for the detection of pneumothorax: a systematic review and meta-analysis. *Chest* 141:703–8
74. Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, et al (2004) Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology* 100:9–15
75. Karagoz A, Unluer EE, Akcay O, Kadioglu E (2018) Effectiveness of bedside lung ultrasound for clinical follow-up of primary spontaneous pneumothorax patients treated with tube thoracostomy. *Ultrasound Q* 34:226–32
76. Galbois A, Ait-Oufella H, Baudel JL, et al (2010) Pleural ultrasound compared with chest radiographic detection of pneumothorax resolution after drainage. *Chest* 138:648–55

77. Barton ED (1999) Tension pneumothorax. *Curr Opin Pulm Med* 5:269–74
78. Roberts DJ, Leigh-Smith S, Faris PD, et al (2015) Clinical presentation of patients with tension pneumothorax: a systematic review. *Ann Surg*. 261:1068–78
79. Kepka S, Dalphin JC, Pretalli JB, et al How spontaneous pneumothorax is managed in emergency departments: a French multi-centre descriptive study. *BMC Emerg Med* 19:4
80. Kelly AM, Kerr D, Clooney M (2008) Outcomes of emergency department patients treated for primary spontaneous pneumothorax. *Chest* 134:1033–6
81. Andrivet P, Djedaini K, Teboul JL, et al (1995) Spontaneous pneumothorax. Comparison of thoracic drainage vs. immediate or delayed needle aspiration. *Chest* 108:335–9
82. Camuset J, Laganier J, Brugiere O, et al (2006) Needle aspiration as first-line management of primary spontaneous pneumothorax. *Presse Med* 35:765–8
83. Parlak M, Uil SM, van den Berg JW (2012) A prospective, randomized trial of pneumothorax therapy: manual aspiration versus conventional chest tube drainage. *Respir Med* 106:1600–5
84. Korczynski P, Gorska K, Nasilowski J, et al (2015) Comparison of small bore catheter aspiration and chest tube drainage in the management of spontaneous pneumothorax. *Adv Exp Med Biol* 866:15–23
85. Ho KK, Ong ME, Koh MS, et al (2011) A randomized controlled trial comparing minichest tube and needle aspiration in outpatient management of primary spontaneous pneumothorax. *Am J Emerg Med* 29:1152–7
86. Chan SS, Lam PK (2005) Simple aspiration as initial treatment for primary spontaneous pneumothorax: results of 91 consecutive cases. *J Emerg Med* 28:133–8
87. Ganaie MB, Maqsood U, Lea S, et al (2019) How should complete lung collapse secondary to primary spontaneous pneumothorax be managed? *Clin Med* 19:163–8
88. Ramouz A, Lashkari MH, Fakour S, Rasihashemi SZ (2018) Randomized controlled trial on the comparison of chest tube drainage and needle aspiration in the treatment of primary spontaneous pneumothorax. *Pak J Med Sci* 34:1369–74
89. Chan JW, Ko FW, Ng CK, et al (2009) Management of patients admitted with pneumothorax: a multicenter study of the practice and outcomes in Hong Kong. *Hong Kong Med J* 15:427–33
90. Kim IH, Kang DK, Min HK, Hwang YH (2019) A prospective randomized trial comparing manual needle aspiration to closed thoracostomy as an initial treatment for the first episode of primary spontaneous pneumothorax. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg*. 52:85–90
91. Carson-Chahhoud KV, Wakai A, van Agteren JE, et al (2017) Simple aspiration versus intercostal tube drainage for primary spontaneous pneumothorax in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 9:CD004479
92. Olesen WH, Katballe N, Sindby JE, et al (2018) Surgical treatment versus conventional chest tube drainage in primary spontaneous pneumothorax: a randomized controlled trial. *Eur J Cardiothorac Surg* 54:113–21
93. Al-Mourgi M, Alshehri F (2015) Video-assisted thoracoscopic surgery for the treatment of first-time spontaneous pneumothorax versus conservative treatment. *Int J Health Sci* 9:428–32
94. Hofmann HS, Suttner T, Neu R, et al (2018) Burden between undersupply and overtreatment in the care of primary spontaneous pneumothorax. *Thorac Cardiovasc Surg* 66:575–82
95. Divisi D, Di Leonardo G, Crisci R (2015) Video-assisted thoracic surgery versus pleural drainage in the management of the first episode of primary spontaneous pneumothorax. *Am J Surg* 210:68–73
96. Torresini G, Vaccarili M, Divisi D, Crisci R (2001) Is video-assisted thoracic surgery justified at first spontaneous pneumothorax? *Eur J Cardiothorac Surg* 20:42–5
97. Chen JS, Hsu HH, Tsai KT, et al (2008) Salvage for unsuccessful aspiration of primary pneumothorax: thoracoscopic surgery or chest tube drainage? *Ann Thorac Surg* 85:1908–13
98. Hassani B, Foote J, Borgundvaag B (2009) Outpatient management of primary spontaneous pneumothorax in the emergency department of a community hospital using a small-bore catheter and a Heimlich valve. *Acad Emerg Med* 16:513–8
99. Strazar AR, Leynes PG, Lalonde DH (2013) Minimizing the pain of local anesthesia injection. *Plast Reconstr Surg* 132:675–84
100. Engdahl O, Boe J, Sandstedt S (1993) Interpleural bupivacaine for analgesia during chest drainage treatment for pneumothorax. A randomized double-blind study. *Acta Anaesthesiol Scand* 37:149–53
101. Kol E, Erdogan A, Karsli B, Erbil N (2013) Evaluation of the outcomes of ice application for the control of pain associated with chest tube irritation. *Pain Manag Nurs* 14:29–35
102. Paiement B, Boulanger M, Jones CW, Roy M (1979) Intubation and other experiences in cardiac surgery: the consumer's views. *Can Anaesth Soc J* 26:173–80
103. Puntillo K, Ley SJ (2004) Appropriately timed analgesics control pain due to chest tube removal. *Am J Crit Care* 13:292–301
104. Carson MM, Barton DM, Morrison CC, Tribble CG (1994) Managing pain during mediastinal chest tube removal. *Heart Lung* 23:500–5
105. Pinheiro VF, da Costa JM, Cascudo MM, et al (2015) Analgesic efficacy of lidocaine and multimodal analgesia for chest tube removal: a randomized trial study. *Rev Lat Am Enfermagem* 23:1000–6
106. Valenzuela RC, Rosen DA (1999) Topical lidocaine-prilocaine cream (EMLA) for thoracostomy tube removal. *Anesth Analg* 88:1107–8
107. Demir Y, Khorshid L (2010) The effect of cold application in combination with standard analgesic administration on pain and anxiety during chest tube removal: a single-blinded, randomized, double-controlled study. *Pain Manag Nurs* 11:186–96
108. Payami MB, Daryei N, Mousavinasab N, Nourizade E (2014) Effect of cold application in combination with Indomethacin suppository on chest tube removal pain in patients undergoing open heart surgery. *Iran J Nurs Midwifery Res* 19:77–81
109. Gorji HM, Nesami BM, Ayyasi M, et al (2014) Comparison of ice packs application and relaxation therapy in pain reduction during chest tube removal following cardiac surgery. *N Am J Med Sci* 6:19–24
110. Mohammadi N, Pooria A, Yarahmadi S, et al Effects of cold application on chest tube removal pain in heart surgery patients. *Tanaffos* 17:29–36
111. Sauls J. (2002) The use of ice for pain associated with chest tube removal. *Pain Manag Nurs* 3:44–52
112. Hsieh LY, Chen YR, Lu MC (2017) Efficacy of cold application on pain during chest tube removal: a randomized controlled trial: a CONSORT-compliant article. *Medicine* 96:e8642
113. Aktas YY, Karabulut N (2019) The use of cold therapy, music therapy and lidocaine spray for reducing pain and anxiety following chest tube removal. *Complement Ther Clin Pract* 34:179–84
114. Ertug N, Ulker S (2012) The effect of cold application on pain due to chest tube removal. *J Clin Nurs* 21:784–90
115. Blacha MMJ, Smesseim I, van der Lee I, et al (2021) The legend of the buffalo chest. *Chest* 160:2275–82
116. Sayar A, Turna A, Metin M, et al (2004) Simultaneous bilateral spontaneous pneumothorax report of 12 cases and review of the literature. *Acta Chir Belg* 104:572–6

117. Sunam G, Gok M, Ceran S, Solak H (2004) Bilateral pneumothorax: a retrospective analysis of 40 patients. *Surg Today* 34:817–21
118. Lee SC, Cheng YL, Huang CW, et al (2008) Simultaneous bilateral primary spontaneous pneumothorax. *Respirology* 13:145–8
119. Ayed AK (2002) Bilateral video-assisted thoracoscopic surgery for bilateral spontaneous pneumothorax. *Chest* 122:2234–7
120. Lang-Lazdunski L, de Kerangal X, Pons F, Jancovici R (2000) Primary spontaneous pneumothorax: one-stage treatment by bilateral videothoracoscopy. *Ann Thorac Surg* 70:412–7
121. Wu YC, Chu Y, Liu YH, et al (2003) Thoracoscopic ipsilateral approach to contralateral bullous lesion in patients with bilateral spontaneous pneumothorax. *Ann Thorac Surg* 76:1665–7
122. Yim AP (1996) Simultaneous vs. staged bilateral video-assisted thoracoscopic surgery. *Surg Endosc* 10:1029–30
123. Homma T, Sugiyama S, Kotoh K, et al (2009) Early surgery for treatment of spontaneous hemopneumothorax. *Scand J Surg* 98:160–3
124. Ng CS, Wong RH, Wan IY, et al (2011) Spontaneous haemopneumothorax: current management. *Postgrad Med J* 87:630–5
125. Tatebe S, Kanazawa H, Yamazaki Y, et al (1996) Spontaneous hemopneumothorax. *Ann Thorac Surg*. 62:1011–5
126. Kim ES, Kang JY, Pyo CH, et al (2008) 12-year experience of spontaneous hemopneumothorax. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 14:149–53
127. Boersma WG, Stigt JA, Smit HJ (2010) Treatment of haemothorax. *Respir Med* 104:1583–7
128. de Perrot M, Deleaval J, Robert J, Spiliopoulos A (2000) Spontaneous hemopneumothorax--results of conservative treatment. *Swiss Surg* 6:62–4
129. Inafuku K, Maehara T, Yamamoto T, Masuda M (2015) Assessment of spontaneous hemopneumothorax: indications for surgery. *Asian Cardiovasc Thorac Ann* 23:435–8
130. Luh SP, Tsao TC (2007) Video-assisted thoracic surgery for spontaneous haemopneumothorax. *Respirology* 12:443–7
131. Chang YT, Dai ZK, Kao EL, et al (2007) Early video-assisted thoracic surgery for primary spontaneous hemopneumothorax. *World J Surg* 31:19–25
132. Singh S, Sharma ML, Lone RA, et al (2009) Idiopathic massive spontaneous hemothorax: adhesion disruption. *World J Surg* 33:489–91
133. Iepsen UW, Ringbaek T (2013) Small-bore chest tubes seem to perform better than larger tubes in treatment of spontaneous pneumothorax. *Dan Med J* 60:A4644
134. Lai SM, Tee AK (2012) Outpatient treatment of primary spontaneous pneumothorax using a small-bore chest drain with a Heimlich valve: the experience of a Singapore emergency department. *Eur J Emerg Med* 19:400–4
135. Makris D, Marquette CH (2009) Drainage de la plèvre : les techniques et leurs pièges. *Réanimation* 18:163–9
136. Salamonsen M, Dobeli K, McGrath D, et al (2013) Physician-performed ultrasound can accurately screen for a vulnerable intercostal artery prior to chest drainage procedures. *Respirology* 18:942–7
137. Gray EJ, Cranford JA, Betcher JA, et al (2020) Sonogram of safety: Ultrasound outperforms the fifth intercostal space landmark for tube thoracostomy site selection. *J Clin Ultrasound* 48:303–6
138. Brims FJ, Maskell NA (2013) Ambulatory treatment in the management of pneumothorax: a systematic review of the literature. *Thorax* 68:664–9
139. Beckett A, Savage E, Pannell D, et al (2011) Needle decompression for tension pneumothorax in tactical combat casualty care: do catheters placed in the midaxillary line kink more often than those in the midclavicular line? *J Trauma* 71:S408–12
140. Shiroshita A, Matsui H, Yoshida K, et al (2020) Safety of the anterior approach versus the lateral approach for chest tube insertion by residents treating spontaneous pneumothorax: a propensity score weighted analysis. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* 68:1425–31
141. Schnell J, Beer M, Eggeling S, et al (2019) Management of spontaneous pneumothorax and post-interventional pneumothorax: German S3 guideline. *Respiration* 97:370–402
142. Reed MF, Lyons JM, Luchette FA, et al (2007) Preliminary report of a prospective, randomized trial of underwater seal for spontaneous and iatrogenic pneumothorax. *J Am Coll Surg* 204:84–90
143. So SY, Yu DY (1982) Catheter drainage of spontaneous pneumothorax: suction or no suction, early or late removal? *Thorax* 37:46–8
144. Kepka S, Lemaitre L, Marx T, et al (2019) A common gesture with a rare but potentially severe complication: reexpansion pulmonary edema following chest tube drainage. *Respir Med Case Rep* 27:100838
145. Rozenman J, Yellin A, Simansky DA, Shiner RJ (1996) Reexpansion pulmonary edema following spontaneous pneumothorax. *Respir Med* 90:235–8
146. Yoon JS, Suh JH, Choi SY, et al (2013) Risk factors for the development of reexpansion pulmonary edema in patients with spontaneous pneumothorax. *J Cardiothorac Surg* 8:164
147. Verhagen M, van Buijtenen JM, Geeraedts LM (2015) Reexpansion pulmonary edema after chest drainage for pneumothorax: a case report and literature overview. *Respir Med Case Rep* 14:10–2
148. Miller WC, Toon R, Palat H, Lacroix J (1973) Experimental pulmonary edema following re-expansion of pneumothorax. *Am Rev Respir Dis* 108:654–6
149. Becker JC, Zakaluzny SA, Keller BA, et al (2020) Clamping trials prior to thoracostomy tube removal and the need for subsequent invasive pleural drainage. *Am J Surg* 220:476–81
150. Funk GA, Petrey LB, Foreman ML (2009) Clamping thoracostomy tubes: a heretical notion? *Proc (Bayl Univ Med Cent)* 22:215–7
151. Rasheed MA, Majeed FA, Ali Shah SZ, Naz A (2016) Role of clamping tube thoracostomy prior to removal in non-cardiac thoracic trauma. *J Ayub Med Coll Abbottabad* 28:476–9
152. Baumann MH, Strange C (1997) The clinician's perspective on pneumothorax management. *Chest*. 112:822–8
153. Ruigrok D, Kunst PWA, Blacha MMJ, et al (2020) Digital versus analogue chest drainage system in patients with primary spontaneous pneumothorax: a randomized controlled trial. *BMC Pulm Med* 20:136
154. Hallifax RJ, Laskawiec-Szkonter M, Rahman NM, et al (2019) Predicting outcomes in primary spontaneous pneumothorax using air leak measurements. *Thorax* 74:410–2
155. England GJ, Hill RC, Timberlake GA, et al (1998) Resolution of experimental pneumothorax in rabbits by graded oxygen therapy. *J Trauma* 45:333–4
156. Hill RC, DeCarlo DP Jr, Hill JF, et al (1995) Resolution of experimental pneumothorax in rabbits by oxygen therapy. *Ann Thorac Surg* 59:825–7
157. Northfield TC (1971) Oxygen therapy for spontaneous pneumothorax. *Br Med J* 4:86–8
158. Park CB, Moon MH, Jeon HW, et al (2017) Does oxygen therapy increase the resolution rate of primary spontaneous pneumothorax? *J Thorac Dis* 9:5239–43
159. Shaireen H, Rabi Y, Metcalfe A, et al (2014) Impact of oxygen concentration on time to resolution of spontaneous pneumothorax in term infants: a population-based cohort study. *BMC Pediatr* 14:208

160. Clark SD, Saker F, Schneeberger MT, et al (2014) Administration of 100% oxygen does not hasten resolution of symptomatic spontaneous pneumothorax in neonates. *J Perinatol* 34:528–31
161. Brown SG, Ball EL, Perrin K, et al (2016) Study protocol for a randomized controlled trial of invasive versus conservative management of primary spontaneous pneumothorax. *BMJ Open* 6:e011826
162. Kim IS, Kim JJ, Han JW, et al (2020) Conservative treatment for recurrent secondary spontaneous pneumothorax in patients with a long recurrence-free interval. *J Thorac Dis* 12:2459–66
163. Bunch A, Duchateau FX, Verner L, et al (2013) Commercial air travel after pneumothorax: a review of the literature. *Air Med J* 32:268–74
164. Knotts D, Arthur AO, Holder P, et al (2013) Pneumothorax volume expansion in helicopter emergency medical services transport. *Air Med J* 32:138–43
165. Tam A, Singh P, Ensor JE, et al (2011) Air travel after biopsy-related pneumothorax: is it safe to fly? *J Vasc Interv Radiol* 22:595–602e1
166. Gogakos A, Barbetakis N, Lazaridis G, et al (2015) Heimlich valve and pneumothorax. *Ann Transl Med* 3:54
167. Heimlich HJ (1983) Heimlich valve for chest drainage. *Med Instrum* 17:29–31
168. Braude D, Tutera D, Tawil I, Pirkel G (2014) Air transport of patients with pneumothorax: is tube thoracostomy required before flight? *Air Med J* 33:152–6
169. Ashby M, Haug G, Mulcahy P, et al (2014) Conservative versus interventional management for primary spontaneous pneumothorax in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2014:CD010565
170. Mendogni P, Vannucci J, Ghisalberti M, et al (2020) Epidemiology and management of primary spontaneous pneumothorax: a systematic review. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 30:337–45
171. Chee CB, Abisheganaden J, Yeo JK, et al (1998) Persistent air-leak in spontaneous pneumothorax—clinical course and outcome. *Respir Med* 92:757–61
172. Hu X, Cowl CT, Baqir M, Ryu JH (2014) Air travel and pneumothorax. *Chest* 145:688–94
173. British Thoracic Society Fitness to Dive Group SotBTSSoCC (2003) British Thoracic Society guidelines on respiratory aspects of fitness for diving. *Thorax* 58:3–13
174. Lal A, Anderson G, Cowen M, et al (2007) Pneumothorax and pregnancy. *Chest* 132:1044–8
175. Sihoe AD, Au SS, Cheung ML, et al (2004) Incidence of chest wall paresthesia after video-assisted thoracic surgery for primary spontaneous pneumothorax. *Eur J Cardiothorac Surg* 25:1054–8
176. Kutluk AC, Kocaturk CI, Akin H, et al (2018) Which is the best minimal invasive approach for the treatment of spontaneous pneumothorax? Uniportal, two, or three ports: a prospective randomized trial. *Thorac Cardiovasc Surg* 66:589–94
177. Masmoudi H, Etienne H, Sylvestre R, et al (2017) Three hundred fifty-one patients with pneumothorax undergoing uniportal (Single port) video-assisted thoracic surgery. *Ann Thorac Surg* 104:254–60
178. Waller DA, Forty J, Morrill GN (1994) Video-assisted thoracoscopic surgery versus thoracotomy for spontaneous pneumothorax. *Ann Thorac Surg* 58:372–6
179. Barker A, Maratos EC, Edmonds L, Lim E (2007) Recurrence rates of video-assisted thoracoscopic versus open surgery in the prevention of recurrent pneumothoraces: a systematic review of randomized and non-randomized trials. *Lancet* 370:329–35
180. Delpy JP, Pages PB, Mordant P, et al (2016) Surgical management of spontaneous pneumothorax: are there any prognostic factors influencing postoperative complications? *Eur J Cardiothorac Surg* 49:862–7
181. Asghar Nawaz M, Apparau D, Zacharias J, Shackcloth M (2019) Approach to pneumothorax surgery: a national survey of current UK practice. *Asian Cardiovasc Thorac Ann* 27:180–6
182. Fujiwara T, Tanaka K, Toyoda T, et al (2020) Risk factors of postoperative recurrence of primary spontaneous pneumothorax. *J Thorac Dis* 12:6458–65
183. Cardillo G, Facciolo F, Regal M, et al (2001) Recurrences following videothoracoscopic treatment of primary spontaneous pneumothorax: the role of redo-videothoracoscopy. *Eur J Cardiothorac Surg* 19:396–9
184. Chen JS, Hsu HH, Kuo SW, et al (2009) Management of recurrent primary spontaneous pneumothorax after thoracoscopic surgery: should observation, drainage, redo thoracoscopy, or thoracotomy be used? *Surg Endosc* 23:2438–44
185. Sedrakyan A, van der Meulen J, Lewsey J, Treasure T (2004) Video-assisted thoracic surgery for treatment of pneumothorax and lung resections: systematic review of randomized clinical trials. *BMJ* 329:1008
186. Abdala OA, Levy RR, Bibiloni RH, et al (2001) Ventajas de la cirugía torácica videoasistida en el tratamiento del neumotórax espontáneo. *Medicina* 61:157–60
187. Gebhard FT, Becker HP, Gerngross H, Bruckner UB (1996) Reduced inflammatory response in minimal invasive surgery of pneumothorax. *Arch Surg* 131:1079–82
188. Olavarrieta JR, Coronel P (2009) Expectations and patient satisfaction related to the use of thoracotomy and video-assisted thoracoscopic surgery for treating recurrence of spontaneous primary pneumothorax. *J Bras Pneumol* 35:122–8
189. Qureshi R, Nugent A, Hayat J, et al (2008) Should surgical pleurectomy for spontaneous pneumothorax be always thoracoscopic? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 7:569–72
190. Foroulis CN, Anastasiadis K, Charokopos N, et al (2012) A modified two-port thoracoscopic technique versus axillary minithoracotomy for the treatment of recurrent spontaneous pneumothorax: a prospective randomized study. *Surg Endosc* 26:607–14
191. Qin SL, Huang JB, Yang YL, Xian L (2015) Uniportal versus three-port video-assisted thoracoscopic surgery for spontaneous pneumothorax: a meta-analysis. *J Thorac Dis* 7:2274–87
192. Xu W, Wang Y, Song J, et al (2017) One-port video-assisted thoracic surgery versus three-port video-assisted thoracic surgery for primary spontaneous pneumothorax: a meta-analysis. *Surg Endosc* 31:17–24
193. Perna V, Carvajal AF, Torrecilla JA, Gigirey O (2017) Scientific rigor must come first. *Eur J Cardiothorac Surg* 51:397
194. Chen L, Liu F, Wang B, Wang K (2019) Subxiphoid vs. trans-thoracic approach thoracoscopic surgery for spontaneous pneumothorax: a propensity score-matched analysis. *BMC Surg* 19:46
195. Salati M, Brunelli A, Xiume F, et al (2008) Uniportal video-assisted thoracic surgery for primary spontaneous pneumothorax: clinical and economic analysis in comparison to the traditional approach. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 7:63–6
196. Gonfiotti A, Jaus MO, Barale D, et al (2015) Uniportal video-thoracoscopic surgery: our indications and limits. *Innovations* 10:309–13
197. Yang Y, Dong J, Huang Y (2016) Single-incision versus conventional three-port video-assisted surgery in the treatment of pneumothorax: a systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 23:722–8
198. Jeon HW, Kim YD, Sim SB (2020) Should we consider the resected lung volume in primary spontaneous pneumothorax? *World J Surg* 44:2797–803
199. Lee S, Kim HR, Cho S, et al (2014) Staple line coverage after bullectomy for primary spontaneous pneumothorax: a randomized trial. *Ann Thorac Surg* 98:2005–11

200. Gossot D, Galetta D, Stern JB, et al (2004) Results of thoracoscopic pleural abrasion for primary spontaneous pneumothorax. *Surg Endosc* 18:466–71
201. Ocakcioglu I, Kupeli M (2019) Surgical treatment of spontaneous pneumothorax: pleural abrasion or pleurectomy? *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 29:58–63
202. Park JS, Han WS, Kim HK, Choi YS (2012) Pleural abrasion for mechanical pleurodesis in surgery for primary spontaneous pneumothorax: is it effective? *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 22:62–4
203. Rena O, Massera F, Papalia E, et al (2008) Surgical pleurodesis for Vanderschueren's stage III primary spontaneous pneumothorax. *Eur Respir J* 31:837–41
204. Ling ZG, Wu YB, Ming MY, et al (2015) The effect of pleural abrasion on the treatment of primary spontaneous pneumothorax: a systematic review of randomized controlled trials. *PLoS One* 10:e0127857
205. Hallifax RJ, Yousuf A, Jones HE, et al (2017) Effectiveness of chemical pleurodesis in spontaneous pneumothorax recurrence prevention: a systematic review. *Thorax* 72:1121–31
206. Gyorik S, Erni S, Studler U, et al (2007) Long-term follow-up of thoracoscopic talc pleurodesis for primary spontaneous pneumothorax. *Eur Respir J* 29:757–60
207. Kennedy L, Sahn SA (1994) Talc pleurodesis for the treatment of pneumothorax and pleural effusion. *Chest* 106:1215–22
208. Doddoli C, Barlesi F, Fraticelli A, et al (2004) Video-assisted thoracoscopic management of recurrent primary spontaneous pneumothorax after prior talc pleurodesis: a feasible, safe and efficient treatment option. *Eur J Cardiothorac Surg* 26:889–92
209. Cardillo G, Facciolo F, Giunti R, et al (2000) Videothoracoscopic treatment of primary spontaneous pneumothorax: a 6-year experience. *Ann Thorac Surg* 69:357–61
210. Shaikhrezai K, Thompson AI, Parkin C, et al (2011) Video-assisted thoracoscopic surgery management of spontaneous pneumothorax—long-term results. *Eur J Cardiothorac Surg* 40:120–3
211. Asban A, Raza SS, McLeod C, et al (2020) Mechanical or chemical and mechanical pleurodesis for spontaneous pneumothorax: what is the most effective approach in preventing recurrence? A systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardiothorac Surg* 58:682–91
212. Dearden AS, Sammon PM, Matthew EF (2013) In patients undergoing video-assisted thoracic surgery for pleurodesis in primary spontaneous pneumothorax, how long should chest drains remain in place prior to safe removal and subsequent discharge from hospital? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 16:686–91
213. Pompili C, Xiume F, Hristova R, et al (2016) Regulated drainage reduces the incidence of recurrence after uniportal video-assisted thoracoscopic bullectomy for primary spontaneous pneumothorax: a propensity case-matched comparison of regulated and unregulated drainage dagger. *Eur J Cardiothorac Surg* 49:1127–31; discussion 31
214. Allain PA, Carella M, Agrafiotis AC, et al (2019) Comparison of several methods for pain management after video-assisted thoracic surgery for pneumothorax: an observational study. *BMC Anesthesiol* 19:120
215. Kwon WK, Choi JW, Kang JE, et al (2012) Long thoracic nerve block in video-assisted thoracoscopic wedge resection for pneumothorax. *Anaesth Intensive Care* 40:773–9
216. Baidya DK, Khanna P, Maitra S (2014) Analgesic efficacy and safety of thoracic paravertebral and epidural analgesia for thoracic surgery: a systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 18:626–35
217. Junior Ade P, Erdmann TR, Santos TV, et al (2013) Comparison between continuous thoracic epidural and paravertebral blocks for postoperative analgesia in patients undergoing thoracotomy: systematic review. *Braz J Anesthesiol* 63:433–42
218. Scarfe AJ, Schuhmann-Hingel S, Duncan JK, et al (2016) Continuous paravertebral block for post-cardiothoracic surgery analgesia: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardiothorac Surg* 50:1010–8
219. Yeung JH, Gates S, Naidu BV, et al (2016) Paravertebral block versus thoracic epidural for patients undergoing thoracotomy. *Cochrane Database Syst Rev* 2:CD009121
220. Kosinski S, Fryzlewicz E, Wilkojc M, et al (2016) Comparison of continuous epidural block and continuous paravertebral block in postoperative analgesia after video-assisted thoracoscopic surgery lobectomy: a randomized, non-inferiority trial. *Anesthesiol Intensive Ther* 48:280–7
221. Khalil AE, Abdallah NM, Bashandy GM, Kaddah TA (2017) Ultrasound-guided serratus anterior plane block versus thoracic epidural analgesia for thoracotomy pain. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 31:152–8
222. Fernandez MI, Martin-Ucar AE, Lee HD, et al (2005) Does a thoracic epidural confer any additional benefit following video-assisted thoracoscopic pleurectomy for primary spontaneous pneumothorax? *Eur J Cardiothorac Surg* 27:671–4
223. Kim JA, Kim TH, Yang M, et al (2009) Is intravenous patient controlled analgesia enough for pain control in patients who underwent thoracoscopy? *J Korean Med Sci* 24:930–5
224. Tseng WC, Lin WL, Lai HC, et al (2019) Fentanyl-based intravenous patient-controlled analgesia with low dose of ketamine is not inferior to thoracic epidural analgesia for acute post-thoracotomy pain following video-assisted thoracic surgery: a randomized controlled study. *Medicine* 98:e16403
225. Komatsu T, Sowa T, Kino A, Fujinaga T (2015) The importance of pleural integrity for effective and safe thoracic paravertebral block: a retrospective comparative study on postoperative pain control by paravertebral block. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 20:296–9
226. Berna P, Quesnel C, Assouad J, et al (2019) Guidelines on enhanced recovery after pulmonary lobectomy. *Anaesth Crit Care Pain* 40:100791
227. Lizardo RE, Langness S, Davenport KP, et al (2015) Ketorolac does not reduce effectiveness of pleurodesis in pediatric patients with spontaneous pneumothorax. *J Pediatr Surg* 50:2035–7
228. Lardinois D, Vogt P, Yang L, et al (2004) Non-steroidal anti-inflammatory drugs decrease the quality of pleurodesis after mechanical pleural abrasion. *Eur J Cardiothorac Surg* 25:865–71
229. Opitz I, Arni S, Oberreiter B, et al (2013) Perioperative diclofenac application during video-assisted thoracic surgery pleurodesis modulates early inflammatory and fibrinolytic processes in an experimental model. *Eur Surg Res* 50:14–23
230. Ben-Nun A, Golan N, Faibishenko I, et al (2011) Non-steroidal anti-inflammatory medications: efficient and safe treatment following video-assisted pleurodesis for spontaneous pneumothorax. *World J Surg* 35:2563–7
231. Dorman RM, Vetro G, Cairo SB, et al (2018) The use of perioperative ketorolac in the surgical treatment of pediatric spontaneous pneumothorax. *J Pediatr Surg* 53:456–60
232. Joobeur S, Cheikh Mhamed S, Mribah H, et al (2015) Facteurs prédictifs de récurrence dans le pneumothorax spontané. *Tunis Med* 93:389–91
233. Villela MA, Dunworth S, Harlan NP, Moon RE (2018) Can my patient dive after a first episode of primary spontaneous pneumothorax? A systematic review of the literature. *Undersea Hyperb Med* 45:199–208
234. Hallifax RJ, Goldacre R, Landray MJ, et al (1968) Trends in the incidence and recurrence of inpatient-treated spontaneous pneumothorax, 1968–2016. *JAMA* 320:1471–80
235. Johannesma PC, Reinhard R, Kon Y, et al (2015) Prevalence of Birt-Hogg-Dube syndrome in patients with apparently primary spontaneous pneumothorax. *Eur Respir J* 45:1191–4

236. Martinez-Ramos D, Angel-Yepes V, Escrig-Sos J, et al (2007) Utilidad de la tomografía computarizada para determinar el riesgo de recidiva tras un primer episodio de neumotórax espontáneo primario. Implicaciones terapéuticas Arch Bronconeumol 43:304–8
237. Laituri CA, Valusek PA, Rivard DC, et al (2011) The utility of computed tomography in the management of patients with spontaneous pneumothorax. J Pediatr Surg 46:1523–5
238. Almajid FM, Aljehani YM, Alabkary S, Alsaif HS (2019) The accuracy of computed tomography in detecting surgically resectable blebs or bullae in primary spontaneous pneumothorax. Radiol Med 124:833–7
239. Kim JT, Oh TY, Chang WH, et al (2014) Natural course of spontaneous pneumothorax without bullae or blebs under high-resolution computed tomography. Thorac Cardiovasc Surg 62:505–8
240. Beregi JP, Greffier J (2019) Low and ultra-low dose radiation in CT: opportunities and limitations. Diagn Interv Imaging 100:63–4
241. Miller AR, Jackson D, Hui C, et al (2019) Lung nodules are reliably detectable on ultra-low-dose CT utilizing model-based iterative reconstruction with radiation equivalent to plain radiography. Clin Radiol 74:409 e17–e22
242. Gupta N, Langenderfer D, McCormack FX, et al (2017) Chest computed tomographic image screening for cystic lung diseases in patients with spontaneous pneumothorax is cost effective. Ann Am Thorac Soc 14:17–25
243. Lippert HL, Lund O, Blegvad S, Larsen HV (1991) Independent risk factors for cumulative recurrence rate after first spontaneous pneumothorax. Eur Respir J 4:324–31
244. Akcam TI, Kavurmaci O, Ergonul AG, et al (2018) Analysis of the patients with simultaneous bilateral spontaneous pneumothorax. Clin Respir J 12:1207–11
245. Bock K, Lohse Z, Madsen PH, Hilberg O (2018) Birt-Hogg-Dube syndrome: spontaneous pneumothorax as a first symptom. BMJ Case Rep 2018:bcr2017219979
246. Tulandi T, Sirois C, Sabban H, et al (2018) Relationship between catamenial pneumothorax or non-catamenial pneumothorax and endometriosis. J Minim Invasive Gynecol 25:480–3
247. Gil Y, Tulandi T (2020) Diagnosis and treatment of catamenial pneumothorax: a systematic review. J Minim Invasive Gynecol 27:48–53
248. Duchateau FX, Legrand JM, Verner L, Brady WJ (2013) Commercial aircraft repatriation of patients with pneumothorax. Air Med J 32:200–2
249. Ahmedzai S, Balfour-Lynn IM, Bewick T, et al (2011) Managing passengers with stable respiratory disease planning air travel: British Thoracic Society recommendations. Thorax 66:i1–30
250. Lynch JH, Deaton TG (2014) Barotrauma with extreme pressures in sport: from scuba to skydiving. Curr Sports Med Rep 13:107–12
251. Fer C, Guiavarch M, Edouard P (2021) Epidemiology of skydiving-related deaths and injuries: a 10-year prospective study of 6.2 million jumps between 2010 and 2019 in France. J Sci Med Sport 24:448–53
252. Christey GR (2005) Serious parasport injuries in Auckland, New Zealand. Emerg Med Australas 17:163–6
253. Russi EW (1998) Diving and the risk of barotrauma. Thorax 53:S20–4
254. de Bakker HM, Tijsterman M, de Bakker-Teunissen OJG, et al (2020) Prevalence of pulmonary bullae and blebs in postmortem CT imaging with potential implications for diving medicine. Chest 157:916–23
255. Tetzlaff K, Reuter M, Leplow B, et al (1997) Risk factors for pulmonary barotrauma in divers. Chest 112:654–9
256. Lippmann J, McDTD, Stevenson C, et al (2017) Diving with pre-existing medical conditions. Diving Hyperb Med 47:180–90
257. Cattoni M, Rotolo N, Mastromarino MG, et al (2020) Analysis of pneumothorax recurrence risk factors in 843 patients who underwent videothoracoscopy for primary spontaneous pneumothorax: results of a multicentric study. Interact Cardiovasc Thorac Surg 31:78–84
258. Germonpre P, Van Renterghem E, Dechamps N, et al (2020) Recurrence of spontaneous pneumothorax six years after VATS pleurectomy: evidence for formation of neopleura. J Cardiothorac Surg 15:191
259. Bense L, Wiman LG, Hedenstierna G (1987) Onset of symptoms in spontaneous pneumothorax: correlations to physical activity. Eur J Respir Dis 71:181–6
260. Dejene S, Ahmed F, Jack K, Anthony A (2013) Pneumothorax, music and balloons: a case series. Ann Thorac Med 8:176–8
261. Jouneau S, Sohler L, Bazin Y, et al (2020) Conservative management of primary spontaneous pneumothorax: a failed revolution? Respir Med Res 79:100796
262. Light RW (1990) Pleural diseases. 3rd edn, Lea & Febinger, Philadelphia