



Thèse

2022

Public access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

L'aspiration de corps étrangers en pédiatrie : un défi diagnostique

Haller, Layla

How to cite

HALLER, Layla. L'aspiration de corps étrangers en pédiatrie : un défi diagnostique. Doctoral Thesis, 2022. doi: [10.13097/archive-ouverte/unige:161807](https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:161807)

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:161807>

Publication DOI: [10.13097/archive-ouverte/unige:161807](https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:161807)

© This document is protected by copyright. Please refer to copyright holder(s) for terms of use.

Last deposit update in Archive ouverte UNIGE on 03.07.2025 13:15



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

FACULTÉ DE MÉDECINE

Section de médecine Clinique
Département de Pédiatrie, Gynécologie et
Obstétrique

Thèse préparée sous la direction du Professeur Constance Barazzone-Argiroffo

L'aspiration de corps étrangers en pédiatrie : un défi diagnostique

Thèse
présentée à la Faculté de Médecine
de l'Université de Genève
pour obtenir le grade de Docteur en médecine
par

Layla HALLER

de

Reinach (AG)

Thèse n° 11115

Genève

19 mai 2022



DOCTORAT EN MEDECINE

Thèse de :

Layla HALLER

originaire de Reinach (AG), Suisse

Intitulée :

L'aspiration de corps étrangers en pédiatrie : un défi diagnostique

La Faculté de médecine, sur le préavis du Comité directeur des thèses, autorise l'impression de la présente thèse, sans prétendre par-là émettre d'opinion sur les propositions qui y sont énoncées.

Genève, le 19 mai 2022

Thèse n° 11115

Cem Gabay

Doyen

Table des matières

Remarques préliminaires.....	3
Remerciements.....	3
Liste des abbréviations.....	4
Introduction.....	5-12
Définition et épidémiologie	5
Type de corps étranger	6
Localisation.....	6-7
Physiopathologie et complications	8-9
Présentation clinique	9-10
Radiographie de thorax.....	11-12
Diagnostic et prise en charge	12-19
Bronchoscopie rigide	13
Bronchoscopie souple	13-14
Sédation et anesthésie pour la bronchoscopie	14-15
Ventilation lors de la bronchoscopie	15-16
Complications de la bronchoscopie	16-17
Marche à suivre	17-18
Tomodensitométrie thoracique.....	18-19
Méta-analyse valeur diagnostique tomodensitométrie thoracique	19-32
Méthode.....	19-20
Stratégie de recherche et sélection des études	19
Évaluation de la qualité des études	20
Synthèse des données et analyse statistique	20
Résultats.....	20-27
Études incluses	20-21
Caractéristiques et évaluation de la qualité des études	20, 22-23
Performance diagnostique	23-25
Analyse de sensibilité	25-26
Analyse de sous-groupe	26-27
Discussion.....	27-32
Irradiation	29-30
Sédation	30
Application en clinique	31-32
Conclusions et perspectives	33
Références.....	34-36
Annexe 1	

Remarques préliminaires

Ce travail de thèse est la prolongation d'une première étude effectuée dans le contexte de mon travail de master publié en 2017 dans l'European Journal of Pediatric Surgery intitulé :

L. Haller, C. Barazzone-Argiroffo, I. Vidal, R. Corbelli, M. Anooshiravani-Dumont, and A. Mornand, "*Safely Decreasing Rigid Bronchoscopies for Foreign-Body Aspiration in Children: An Algorithm for the Emergency Department*," Eur J Pediatr Surg

L'article dans son intégralité se trouve dans l'annexe 1.

L'objectif de ce travail est d'explorer la pathologie et la clinique de l'aspiration de corps étranger, d'introduire et commenter l'article publié en 2017 sur les pratiques actuelles des Hôpitaux Universitaires de Genève puis de compléter et de discuter de certaines possibles améliorations en ajoutant au travail une méta-analyse sur la valeur diagnostique de la tomodensitométrie dans cette pathologie.

Remerciements

Je souhaite remercier la Professeur Constance Barazzone-Argiroffo pour son soutien bienveillant pendant toutes ces années, que ce soit durant mon master que pendant mon travail de thèse. Ses conseils, remarques, corrections m'ont été très précieuses. M. Christophe Combescure a été d'une aide inestimable dans la partie statistique de mon premier article et pour ce travail de thèse et je le remercie sincèrement. J'ai également eu la chance d'avoir pu collaborer avec la Dre Mehrak Anooshiravani-Dumont pour la partie radiologique et j'en suis très reconnaissante.

Liste des abréviations :

CE	Corps Étranger
ICD-9	International Classification of Diseases, 9e revision
DFEA	Département de la Femme, de l'Enfant et de l'Adolescent
HUG	Hôpitaux Universitaires de Genève
RRE	Risque Relatif Excessif

Définition et épidémiologie

Une aspiration de corps étranger (CE) est définie par la présence de ce dernier dans l'hypopharynx, le larynx, la trachée ou les bronches. En 1995, la suffocation mécanique était responsable de 5% des morts accidentelles chez les enfants de moins de 4 ans aux Etats-Unis [1]. La prévalence la plus récente trouvée dans la littérature est celle du « Center of Disease Control and Prevention » aux Etats-Unis, qui rapportent que 160 enfants âgés entre 0 et 14 ans sont décédés d'une obstruction des voies respiratoires par aspiration d'un CE pendant l'année 2000 ; et en 2001, 17'537 enfants ont consulté dans un service des urgences pour ce motif [2]. Il s'agit donc d'une situation clinique fréquente, à ne pas sous-diagnostiquer en raison de son importante morbidité et mortalité.

Les jeunes enfants qui explorent le monde ont tendance à mettre des objets dans leur nez, dans leur bouche. La broncho-aspiration, par sa morbidité et mortalité, est la localisation la plus redoutée de ces objets. Ceci a été mis en évidence par Altkorn et al. qui ont mené une étude au Canada et aux Etats-Unis. Ils ont comparé le degré de sévérité d'une aspiration de CE comparé à une ingestion (lorsque le CE se trouve dans l'œsophage ou l'estomac), un étouffement (CE dans la cavité orale), une insertion (CE dans le nez ou le nasopharynx). Ils ont reporté une proportion de symptômes sévères plus élevée dans les cas d'aspiration [3].

Cette pathologie concerne spécialement les enfants âgés de moins de 3 ans avec un pic entre 10 à 24 mois. Les éléments qui prédisposent ce groupe d'âge sont : l'absence de molaires et de prémolaires, nécessaires pour broyer la nourriture et en faire un bolus homogène, l'immaturation du processus de déglutition et la tendance à mettre les objets dans la bouche [4]–[7].

Les garçons sont souvent plus concernés que les filles. Heyer et al. rapportent un ratio garçon:filles de 1.4:1, Righini et al. un ratio de 1.9:1, Skoulakis et al. un ratio de 1.8:1 [8]–[10]. Dans l'étude menée dans notre centre, nous avons également une distribution garçon:filles de 1.8:1[11]. La seule hypothèse trouvée dans la littérature pour expliquer cette différence est le caractère plus aventureux et négligent du garçon, qui mettra donc d'avantage d'objets dans sa bouche [12].

Type de corps étranger

Nous pouvons classer le type de CE en deux classes : organique vs. inorganique ou encore alimentaire vs. non-alimentaire. Selon les statistiques des Etats-Unis cités ci-haut, des 17'537 cas d'aspiration de CE s'étant présentés aux urgences pendant l'année 2001, 59.5% des CE étaient d'origine alimentaire, 31.4% étaient d'origine non-alimentaire et 9.0% d'origine indéterminée [2].

Le type de CE varie en fonction du milieu socio-culturel. Dans notre pays et dans la région occidentale nous retrouvons majoritairement des CE oléagineux, notamment une prédominance de cacahuètes. Une étude rétrospective de grande ampleur a été réalisée dans 19 pays européens où les lésions dues aux aspirations de CE de 2000-2002 ont été identifiées grâce à la 9^e révision du International Classification of Diseases (ICD-9). Sur 722 CE, 52% étaient des CE oléagineux [13]. Ils remarquent que le type de CE dépend des habitudes alimentaires. Par exemple ils ont reporté 69% d'atteintes dues à des arêtes de poisson en Finlande. Dans les pays asiatiques, les graines de tournesols et graines de pastèques sont plus fréquemment rencontrées [14]. Quant au monde islamique on retrouve plus souvent des épingles métalliques. En effet, il arrive que l'enfant inhale accidentellement l'épingle qui sert à attacher le foulard autour de la tête de la femme [15]. Connaître le type et la nature du CE est important car les conséquences sont généralement plus graves en cas de CE organiques (cf. paragraphe Physiopathologie et complications).

Localisation

Le CE, en fonction de sa taille, peut se loger dans le larynx, la trachée, les bronches souches ou les bronches segmentaires. Chez les enfants, les CE se trouvent plus fréquemment dans les bronches souches que dans les bronches distales en raison de leur petit calibre. La majorité (88%) des CE se situent dans l'arbre bronchique alors que le reste se trouvent dans le larynx ou la trachée [16]. Une différence de localisation peut avoir une importance clinique. Un CE laryngé peut provoquer un arrêt respiratoire d'emblée alors qu'un CE dans les bronches distales peut passer inaperçu dans un premier temps et ensuite se manifester par ses complications, soit une surinfection pulmonaire ou bronchiectasies.

Il existe une controverse entre le rapport de CE trouvés dans l'arbre bronchique gauche et droit. Chez l'adulte, plus de 70% des CE se logent dans la bronche souche droite. Les explications anatomiques pour cette distribution sont : la position gauche de la carène par rapport à la trachée, favorisant le logement du CE à droite ; le diamètre de la bronche souche droite plus important que la gauche ; la bronche souche droite étant plus verticale que la gauche [17]. Certains auteurs ont le même discours pour la population pédiatrique disant qu'il y a une préférence pour l'arbre bronchique droit en raison de l'angle moins aigu avec la trachée, le plus gros diamètre de la bronche droite et donc une quantité d'air plus importante qui entre lors de l'inspiration [10]. Cependant, le rapport droit-gauche est moins avéré chez l'enfant que chez l'adulte (Tableau 1). En effet, dans cette sélection d'études pédiatriques, nous remarquons que toutes les études hormis une trouvent plus de CE à droite qu'à gauche mais avec une différence qui est parfois discrète. Dans notre centre, 39% des CE se trouvaient à droite et 35% à gauche [11]. Cette différence par rapport à l'adulte pourrait s'expliquer par le fait que l'angle que prend l'arbre bronchique gauche est moins marqué chez les enfants âgés de moins de 3 ans, soit le groupe de patient le plus concerné. Pour appuyer cette hypothèse, l'étude de Cohen et al. est la seule de cette sélection qui rapporte un pourcentage plus important de CE à gauche qu'à droite. En effet, l'âge médian des patients de cette étude est de 19.5 mois ce qui est inférieur à l'âge médian de Heyer et al. (33.6 mois).

	Arbre bronchique droit	Arbre bronchique gauche*
Heyer et al.[8]	58%	35%
Skoulakis et al.[10]	60%	33%
Righini et al.[9]	58%	36%
Cohen et al.[18]	37%	46%
Tokar et al.[19]	40%	36%
Ayed et al.[20]	50%	36%
Martinot et al.[21]	56%	44%
Haller et al. [11]	39%	35%

Tableau 1 : Pourcentage de CE trouvés à droite et à gauche selon une série d'études. Les pourcentages ne font pas 100% en raison des CE trouvés dans le larynx, la trachée ou des fragments bilatéraux

Physiopathologie et complications

Les CE organiques et les CE inorganiques auront des conséquences différentes. Les CE inertes par rapport aux CE organiques font moins de réaction inflammatoire locale, moins d'obstruction secondaire, et sont donc moins associés à des complications [14], [22], [23]. Parmi les CE organiques, les CE oléagineux sont associés à des symptômes et des signes de détresse respiratoire plus sévères ainsi qu'à une obstruction complète plus précoce que les autres types de CE organiques [3]. Ceci s'explique par le fait que la noix se compose de sel et d'huile, importants irritants de la muqueuse bronchique, déclenchant une réaction inflammatoire intense [14]. De plus, la noix peut absorber de l'eau et un gonflement du CE peut en découler [7], [14]. Un CE tranchant est plus à risque d'engendrer une hémorragie ou un pneumothorax [24]. Hidaka et al. ont recueilli rétrospectivement les données des cas d'aspiration de CE entre 1988 et 2011, et ont montré par analyse régressive que le facteur prédictif de complications pulmonaires le plus important était le type de CE et non le délai du diagnostic [22].

Si l'aspiration de CE n'engendre pas d'obstruction aiguë, il peut rester inaperçu pendant un certain temps et mener à des complications. L'obstruction de la voie aérienne où le CE est impacté mène à une diminution de la clairance pouvant provoquer une surinfection bactérienne. Comme conséquence de l'obstruction, on peut parfois observer une *atélectasie*, soit un collapsus de l'espace alvéolaire, elle aussi à risque de surinfection bactérienne. L'inflammation locale en plus de la présence du CE, si celui-ci n'est pas extrait, peut mener à une dilatation bronchique ou *bronchiectasie*. Cette dernière est considérée comme une affection pulmonaire chronique grevée d'une importante morbidité. L'aspiration de CE est la cause la plus fréquente de bronchiectasies localisées [25]. Elle se manifeste la plupart du temps par une toux grasse chronique et est à risque de surinfections récidivantes. Le plus longtemps le CE reste dans les voies respiratoires, le plus il est à risque d'engendrer une surinfection pulmonaire, des atélectasies et des bronchiectasies. En effet, dans la cohorte de Karakoç et al. aucune complication n'est rapportée dans les cas diagnostiqués dans les 24 premières heures après l'aspiration alors qu'ils ont trouvé des complications telles que des bronchiectasies dans 60% dans

les cas diagnostiqués 30 jours après l'aspiration [23]. La prise en charge précoce de cette pathologie est donc primordiale pour éviter les morbidités liées.

Les séries qui comparent les pays développés avec les pays en voie de développement, notent un délai diagnostique plus important dans les pays en voie de développement [26]. Cela est expliqué d'une part par l'accès plus difficile à l'endoscopie. D'autre part, le manque de sensibilisation de la population à cette pathologie en particulier et aux accidents domestiques dans ces pays joue certainement un rôle. Les mesures de prévention entreprises dans les pays développés ont diminué le nombre d'aspiration de CE.

Présentation clinique

Le diagnostic d'aspiration de CE doit être suspecté dans un premier temps sur les données de l'anamnèse, qui doit être dirigée de façon minutieuse. Il arrive parfois que l'histoire soit claire : un parent voit son enfant mettre un objet dans sa bouche et s'étouffer. Cependant cela n'arrive que rarement et si le CE n'engendre pas une obstruction complète, la présentation clinique peut être très subtile. L'aspiration de CE devrait donc être considérée dans le diagnostic différentiel de tout patient pédiatrique ayant des symptômes respiratoires (toux, dyspnée) non expliqués. Certains auteurs divisent la clinique de l'aspiration de CE en 3 phases : une phase initiale avec étouffement suivi de quintes de toux et occasionnellement d'une détresse respiratoire ; la 2^e phase caractérisée par une période asymptomatique ; la 3^e phase plus tardive avec les symptômes des complications tels que de la fièvre (surinfection pulmonaire) ou une toux chronique (bronchiectasie) [27]. D'autres auteurs stipulent que les symptômes varient en fonction de la localisation du CE et du degré d'obstruction : une asphyxie aiguë est retrouvée si l'obstruction est trachéale, un sifflement respiratoire si l'obstruction est dans une bronche souche ou une toux chronique si le CE est dans une bronche segmentaire [28]. Une quinte de toux intense accompagnée d'une rougeur faciale ou d'une cyanose, appelé *syndrome de pénétration*, est un des symptômes les plus sensibles. Une dyspnée peut accompagner le syndrome de pénétration mais peut aussi être rapidement résolutive.

La deuxième étape dans la démarche diagnostique sera l'examen physique. Si l'obstruction est haute (au niveau de l'hypopharynx ou larynx), un *stridor* (bruit respiratoire sifflant et aigu produit par le larynx) peut être entendu à l'oreille nue. Ceci

peut être associé, en fonction de la taille du CE, à une détresse respiratoire et cyanose, ce qui constitue une urgence vitale. En cas d'obstruction d'une bronche de gros calibre, on peut retrouver une diminution unilatérale du murmure vésiculaire ou des *sibilances*.

En pratique, l'aspiration de CE est difficile à diagnostiquer car, comme le Tableau 2 le montre, il n'y a pas de symptôme ou de signe clinique unique qui soit très sensible ou spécifique. De manière constante, comme mentionné plus haut, le symptôme le plus sensible parmi les différentes études est le syndrome de pénétration. Les valeurs ne dépassent toutefois pas les valeurs de 91%. Dans l'étude menée dans notre centre, nous avons remarqué que la toux est un symptôme sensible mais peu spécifique[11]. A l'inverse, le stridor et les sibilances sont des signes spécifiques mais peu sensibles. Righini et al. rapportent, sur 70 patients, une spécificité de 100% pour les sibilances, ce qui est considérablement plus élevé que dans les autres études, sans en faire un commentaire. Même si quelques éléments anamnestiques peuvent aiguiller comme l'apparition d'une toux au moment de l'apéritif (pour les cacahuètes), après un repas ou à la suite d'une partie de jeu, c'est souvent l'ensemble du tableau clinique qui rend le diagnostic plus probable et plus l'enfant présente de signes, plus le diagnostic est suspecté.

	Syndrome de pénétration		Toux		Dyspnée		Sibilances		Diminution murmure vésiculaire		Stridor	
	Se (%)	Sp (%)	Se (%)	Sp (%)	Se (%)	Sp (%)	Se (%)	Sp (%)	Se (%)	Sp (%)	Se (%)	Sp (%)
Heyer et al. [8]	75.4	92.1	41.0	55.3	33.6	68.4			56.6	65.8		
Skoulakis et al. [10]	91.5	56.3	82.3	53.8	24.6	85.0			58.5	75.0	11.5	98.8
Righini et al. [9]	88.0	10.0	54.0	60.0			24.0	100.0	78.0	75.0		
Cohen et al. [18]	83.6	32.1	93.4	28.4	14.8	92.6	42.6	82.7	57.4	85.2		
Tokar et al. [19]	84.9	87.1	94.1	32.3			27.6	66.1	53.9	77.4		
Ayed et al. [20]	81.6	37.9	80.1	34.5			30.1	65.5			16.5	65.5
Martinot et al. [21]	85.0	20.9	80.0	34.9	30.0	81.4	32.5	83.7	65.0	88.4		
Haller et al. [11]	78.3	55.3	95.7	10.6	60.9	59.6	30.4	80.9	47.8	80.9	8.7	89.4

Tableau 2 : revue des sensibilités (Se) et spécificités (Sp) des symptômes et signes cliniques trouvés dans la broncho-aspiration de CE d'une série d'études

Radiographie de thorax

La radiographie conventionnelle du thorax a été utilisée depuis longtemps dans ce tableau clinique. C'est en général la première imagerie faite chez les enfants avec un problème respiratoire car elle est économique, peu irradiante et accessible. La radiographie peut directement mettre en évidence le CE lorsqu'il est radio-opaque. Toutefois, les CE ne sont radio-opaques que dans 10% des cas [29]. Ce sont donc les signes indirects de l'obstruction, tels qu'une atélectasie, l'« air trapping », un « shift » médiastinal qui peuvent aiguiller vers le diagnostic (détaillés ci-dessous). Un infiltrat peut être observé lorsque le CE est logé depuis quelques jours et a mené à une surinfection parenchymateuse.

Lors d'obstruction partielle d'une voie aérienne, en raison de la diminution du calibre bronchique on peut observer un *piégeage gazeux* ou plus communément de l'« *air trapping* ». La voie aérienne est habituellement de diamètre suffisamment grand pour laisser entrer et sortir de l'air. Quand il y a une obstruction de la voie aérienne, par un CE par exemple, l'air parvient à entrer dans la partie distale à l'obstruction pendant l'inspiration mais ne parvient pas à en sortir lors de l'expiration en raison d'une augmentation de la pression intrathoracique lors d'une expiration forcée qui a tendance à comprimer les voies aériennes qui sont déjà partiellement obstruées. Ce piégeage gazeux peut aussi avoir lieu lors d'une obstruction complète de la voie aérienne par un phénomène de diffusion d'air des alvéoles avoisinantes par des connections intra-alvéolaires (pores de Kohn et canaux de Lambert) [30]. Le piégeage gazeux, par effet compressif, va diminuer le retour veineux dans cette partie du poumon. Les parties du poumon contenant les zones d'« air trapping » vont donc apparaître plus lucides sur les radiographies de thorax. On peut aussi observer une déviation du médiastin vers le côté controlatéral (« *shift* » *médiastinal en anglais*). Une *atélectasie* se produit lorsqu'il y a une obstruction complète et une absence de diffusion d'air des alvéoles avoisinantes, causant un collapsus du poumon distal [31].

Chez les patients coopérants, l'image la plus intéressante sera celle en expiration forcée car elle permet de mettre en évidence l'« air trapping » du côté atteint. Les jeunes patients chez qui un cliché est expiration forcée est difficile à obtenir, un cliché en

décubitus latéral peut être utile car cette position peut simuler une expiration et révéler l'« air trapping » [31].

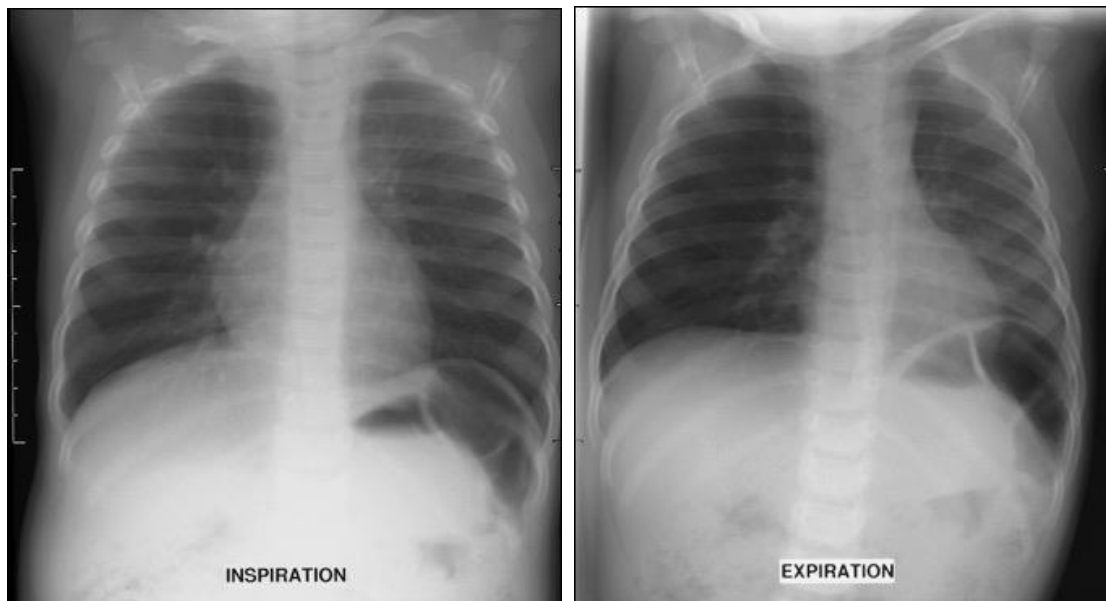


Figure 1 : radiographie de thorax avec cliché en inspiration et en expiration. Sur l'image en expiration, le poumon droit est plus foncé (air-trapping) et le médiastin est dévié vers la gauche (shift médiastinal). Cet enfant a un CE dans l'arbre bronchique droit.

Néanmoins, la radiographie conventionnelle est un mauvais test diagnostique pour l'aspiration de corps étranger. Fidkowski et al. ont revu la littérature des sensibilités et spécificités des signes radiologiques. Sur 7 différentes études, l'« air trapping » avait en moyenne une sensibilité de 50.8% et une spécificité de 88.1%, engendrant beaucoup de faux négatifs. Dans notre étude menée au Département de la Femme, de l'Enfant et de l'Adolescent (DFEA) des Hôpitaux Universitaires de Genève (HUG), 17.6% des radiographies des patients avec un CE étaient considérées comme normales. La radiographie standard du thorax est donc, à elle seule, un mauvais test diagnostique. Le scanner thoracique est un examen radiologique plus performant et sera présenté plus loin.

Diagnostic et prise en charge

Le gold standard pour poser le diagnostic d'aspiration de CE est la bronchoscopie ou endoscopie bronchique.

Il existe deux méthodes endoscopiques décrites pour diagnostiquer et retirer les CE : la bronchoscopie rigide et la bronchoscopie souple (seront détaillés ci-dessous). Le

premier cas d'extraction de CE par bronchoscopie rigide a été décrit en 1897. Le bronchoscope souple a été développé en 1968 par Ikeda et le premier cas d'extraction de CE par ce moyen a été décrit en 1970 [7]. Le choix entre les deux méthodes dépend de l'indication, de la localisation de la pathologie (proximale vs. distale), du type de CE, du contexte clinique et de l'expertise de l'équipe médicale. Les deux méthodes peuvent être complémentaires et parfois même séquentielles.

Avant le 20^e siècle, l'aspiration de CE avait un taux de mortalité de 24% [32]. Ce chiffre a nettement diminué avec l'apparition de la bronchoscopie. Selon différentes études, le taux de mortalité actuel est de 1.8% [33]. Johnson et al. rapportent, sur des données de 11'793 patients, recueillies entre les années 2003 à 2012, un taux de mortalité de 2.4% [34].

Bronchoscopie rigide

Le bronchoscope rigide est un tube métallique droit qui s'insère par la bouche. Il y a un télescope à son extrémité proximale et une source de lumière à son extrémité distale. Des instruments tels que des forceps ou cathéters d'aspirations peuvent donc facilement être inséré à travers le tube.

L'avantage principal de la bronchoscopie rigide est l'aspect thérapeutique de son usage. Ceci est possible grâce à deux aspects : le diamètre large du tube et la possibilité de maintenir une ventilation correcte pendant l'intervention [35]. En effet, le bronchoscope faisant office de tube endotrachéal, un excellent contrôle des voies aériennes et de la ventilation est possible lors de cette intervention. C'est pour cette raison que dans les cas graves d'aspiration de CE avec détresse respiratoire aiguë, la bronchoscopie rigide est la méthode de choix. La taille du bronchoscope est choisie en fonction du poids de l'enfant afin d'éviter de léser les voies aériennes. L'aspiration de CE est l'indication la plus fréquente de bronchoscopie rigide dans la population pédiatrique. L'extraction du CE se fait à l'aide d'une multitude de forceps.

Bronchoscopie souple

Le bronchoscope souple est composé d'une fibre optique ou caméra à son extrémité distale afin de transmettre les images, d'un canal souple et d'une source de lumière. Contrairement à l'appareil rigide, il a un mécanisme de flexion et d'extension qui permet de passer à travers les courbures de l'arbre bronchique et en atteindre les parties

distales. C'est donc une procédure plus efficace pour l'évaluation des voies aériennes distales. Un CE peut être extrait par succion ou par insertion à travers le canal d'un forceps ou panier. Ces dernières années de plus en plus d'études décrivent l'extraction de CE uniquement avec des instruments à travers le bronchoscope souple [36],[37]. La technique d'extraction de CE dépend de l'expertise de chaque centre. La bronchoscopie rigide reste la technique de choix pour l'extraction de CE dans la plupart des centres. La Société de Pneumologie Pédiatrique de langue allemande ont publié des recommandations sur les indications de la bronchoscopie et les procédures interventionnelles [38]. Ces recommandations ont été approuvées par la Société Suisse de Pneumologie pédiatrique. Ils préconisent la bronchoscopie rigide pour l'extraction de CE en première intention et la bronchoscopie souple pour les CE distalement situés et non accessibles par l'endoscope rigide.

Sédation et anesthésie pour la bronchoscopie

Le type de sédation utilisée dépend des paramètres du patient, de son anxiété et des habitudes institutionnelles. De manière générale, une bronchoscopie rigide nécessite une anesthésie générale alors qu'une bronchoscopie souple peut, en théorie, se faire sous sédation consciente. Il est nécessaire d'avoir une certaine profondeur d'anesthésie afin d'éviter un laryngo- ou bronchospasme. Les bronchoscopies souples se faisaient au début sous sédation mais de plus en plus les anesthésistes ont opté pour l'anesthésie générale, cela étant plus confortable pour le patient. Fidkowski et al. ont revu la littérature sur les pratiques anesthésiques employées pour les bronchoscopies rigides et souples faites dans les cas d'aspirations de CE. La bronchoscopie rigide est effectuée sous anesthésie générale (induction par voie intra-veineuse ou par gaz halogénés) avec une induction profonde ou l'utilisation de curares pour éviter tout mouvement [16]. La bronchoscopie souple est effectuée sous sédation (par benzodiazépines ou opiacés) par certains centres mais chez les patients plus jeunes et non-coopérants, l'anesthésie générale est privilégiée [16].

Au DFEA, toute bronchoscopie, qu'elle soit souple ou rigide, se fait sous anesthésie générale. Cependant, les bronchoscopies rigides sont faites avec curarisation. La molécule d'induction la plus souvent utilisée par les anesthésistes au DFEA est le sévoflurane. Il s'agit d'un gaz inhalé de la famille des éthers halogénés. Cet agent anesthésique a l'avantage d'avoir un court délai d'action, une odeur douce, permet une sédation profonde

tout en préservant une ventilation spontanée et un réveil rapide lorsqu'il est arrêté. Il a un effet minimal sur le plan cardiovasculaire et n'a pas d'effet broncho-constrictif. L'administration se fait par masque facial ce qui n'est donc pas douloureux pour l'enfant. L'alternative est le propofol, hypnotique d'administration intraveineuse. Ce sédatif a une courte durée d'action et le degré de sédation et de dépression respiratoire est dose-dépendante ce qui permet de le titrer.

Ventilation lors de la bronchoscopie

Après l'induction, il s'agit de choisir la méthode de ventilation : la ventilation spontanée habituelle à pression négative ou la ventilation contrôlée à pression positive. Les deux sont possibles dans les bronchoscopies faites pour aspirations de CE. La ventilation spontanée a comme avantages suivants : un plus faible risque de déloger le CE et d'induire une obstruction complète des voies aériennes ; la ventilation peut se faire de manière continue lorsqu'on insère les instruments pour retirer le CE [39]. Cela nécessite toutefois une certaine profondeur d'anesthésie ce qui diminue le débit cardiaque et induit une hypoventilation.

La ventilation contrôlée à pression positive nécessite en général une curarisation ce qui immobilise les voies aériennes pouvant rendre l'extraction du CE plus facile. La curarisation permet de balancer l'anesthésie et de diminuer la concentration d'hypnotique, ayant donc un effet positif sur le débit cardiaque et la ventilation. La pression positive diminue les atelectasies et améliore l'oxygénation [39]. Lors de l'extraction de CE, une apnée intermittente doit être faite afin de manipuler l'objet. Le risque majeur de la curarisation est le bloc neuro-musculaire résiduel après l'intervention ce qui augmente le risque de broncho-aspiration et de complication pulmonaire et prolonge la durée d'hospitalisation [40]. C'est pour cette raison qu'au DFEA, les anesthésistes préfèrent garder, dans la mesure du possible, une ventilation spontanée.

En cas de bronchoscopie rigide, l'approvisionnement d'oxygène et de gaz anesthésiques se fait via le bronchoscope lui même. Alors que pour la bronchoscopie souple, il existe différentes techniques pour permettre une ventilation adéquate [41]:

- masque facial : le bronchoscope est passé à travers un orifice situé sur le masque permettant l'accès à une des narines directement
- masque laryngé : l'étanchéité du masque se fait au dessus de la glotte et non au niveau du visage comme dans le masque facial. Un bronchoscope de plus grande

taille peut être inséré à travers ce masque à travers un adaptateur et un meilleur contrôle des voies aériennes peut se faire.

- tube endotrachéal : tube inséré dans la trachée. La taille du bronchoscope est limitée par la taille du tube. Cela dépend de la taille et de l'âge du patient

En bref, la bronchoscopie rigide nécessite une curarisation afin de permettre une ventilation par le bronchoscope alors que la bronchoscopie souple a l'avantage de ne pas nécessiter de curarisation et la ventilation se fait le plus souvent à travers un masque laryngé. Le bronchoscope souple est moins traumatique pour les voies aériennes et permet d'explorer quasiment l'intégralité des voies aériennes. Cependant, l'extraction selon le type de CE peut ne pas être aisée voire impossible.

Complications de la bronchoscopie

L'hypoxie est le risque principal de la bronchoscopie souple. Elle peut être issue de plusieurs mécanismes : obstruction complète ou partielle de la voie aérienne par le bronchoscope ; une diminution du drive respiratoire due à la sédation ; un bronchospasme (contraction soudaine et involontaire des muscles lisses des bronches) ; un laryngospasme (contraction involontaire des cordes vocales) [42]. Le bronchospasme est surtout observé chez les patients connus pour un asthme, et peut être prévenu par l'administration de bronchodilatateurs (béta-2-agonistes) en pré-opératoire. Le laryngospasme est favorisé lorsque le degré de sédation est insuffisant. Ces deux complications peuvent être minimisées en injectant de la lidocaïne au niveau laryngé et intratrachéal pendant l'intervention.

La bronchoscopie rigide est également à risque d'hypoxie mais a comme complication supplémentaire d'être plus souvent traumatique pour les voies aériennes et peut engendrer une inflammation avec œdème sous-glottique. Cela peut être révélé par un stridor post-interventionnel et peut être diminué par l'administration de corticoïdes. Plus rarement, la procédure rigide peut être compliquée par une lacération trachéale pouvant mener à un pneumo-médiastin ou pneumothorax. C'est pour ces raisons qu'au DFEA, le patient est le plus souvent surveillé aux soins continus après cette intervention. Une stimulation vagale par le bronchoscope (souple ou rigide) peut engendrer une bradycardie ou arythmie cardiaque [41].

La bronchoscopie souple est considérée moins invasive que la bronchoscopie rigide, toutefois il manque d'études comparant les complications liées aux deux

interventions. Cela est probablement dû au fait que les deux interventions sont complémentaires ; une bronchoscopie souple est souvent suivie d'une rigide. Il est également difficile de différencier les complications liées au geste endoscopique et les complications liées au CE lui-même.

Marche à suivre

Le processus diagnostique et thérapeutique face à une suspicion d'aspiration de CE est propre à chaque institution, il n'existe pas de marche à suivre universelle. Comme évoqué plus tôt, les signes anamnestiques, cliniques et radiologiques sont peu spécifiques et sensibles. Lorsque l'on évoque ce diagnostic, il est nécessaire de faire un geste endoscopique pour l'exclure qui, comme dit plus haut, lorsque manqué peut entraîner des complications graves. Dans le DFEA, nous avons adopté depuis 2009 un algorithme de prise en charge afin de guider les internes dans leur démarche diagnostique (Figure 2). Cet algorithme a été élaboré grâce aux données de la littérature et le bon sens clinique, mais n'est pas basé sur l'évidence. L'évidence étant difficile à définir, l'idéal était d'avoir un processus diagnostique avec le minimum de faux négatifs, en mettant en avant la bronchoscopie souple comme méthode diagnostique et parfois thérapeutique, moins invasive que la bronchoscopie rigide.

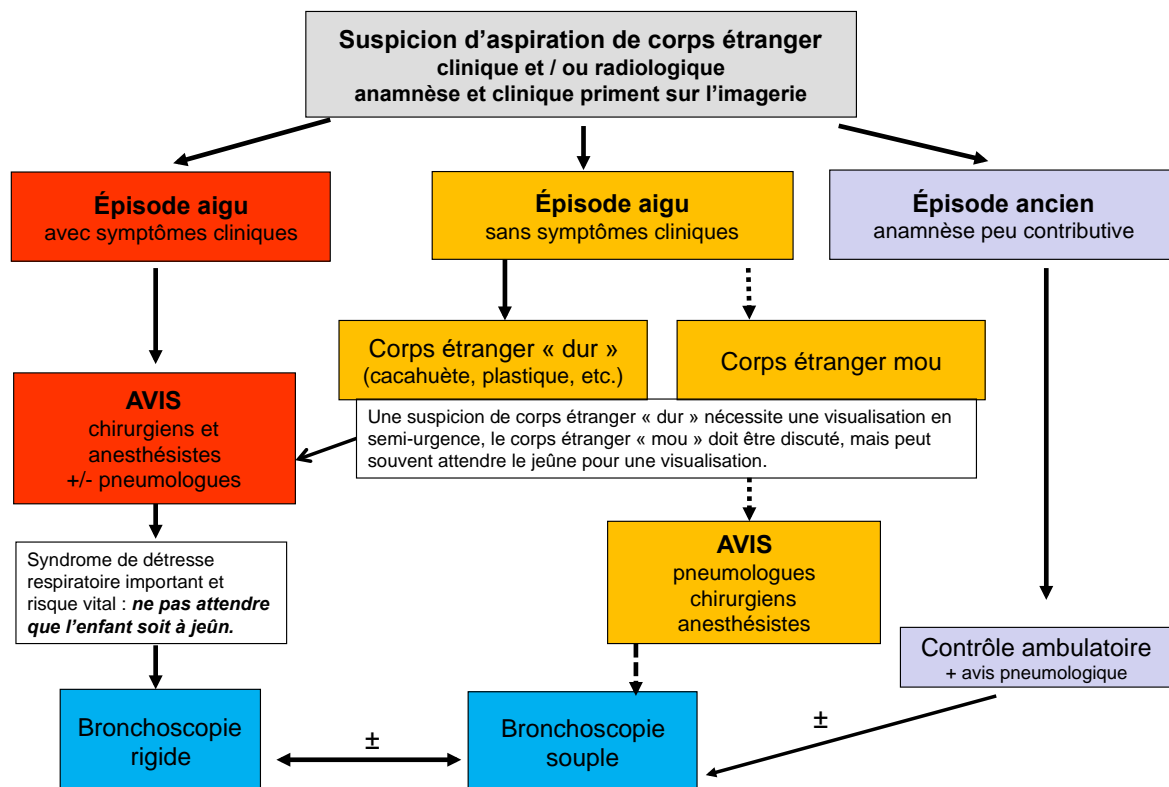


Figure 2 : algorithme de prise en charge qui figurait dans le cahier de l'interne dans le service des urgences. S'il s'agit d'un patient avec détresse respiratoire aiguë et risque vital, une bronchoscopie rigide en première intention est préconisée. Pour tous les autres cas, une bronchoscopie souple est effectuée par les pneumologues, tout en ayant les chirurgiens en « stand-by ». Si un CE est mis en évidence, une extraction est essayée par les pneumologues. Si cela est sans succès, le chirurgien effectue une bronchoscopie rigide.

Nous avons réalisé une étude rétrospective par recueil de données des dossiers de tous les patients qui ont eu une bronchoscopie dans le contexte d'une suspicion d'aspiration de CE entre les années 2009 et 2014. Cette étude avait pour but d'analyser notre marche à suivre instaurée dans le service des urgences, d'examiner les résultats des bronchoscopies et les complications liées. L'article a été publié en mars 2017 dans le « European Journal of Pediatric Surgery » (Annexe 1).

Les conclusions de notre article quant à notre approche diagnostique ont été les suivantes : nous avons limité le nombre de bronchoscopies rigides (1 bronchoscopie rigide négative sur 70 patients) ; nous avons effectué un grand nombre de bronchoscopies souples (2/3 étaient négatives) ; nous n'avons pas eu de complications post-endoscopies. L'important nombre de bronchoscopies souples négatives nous a conduit à modifier notre algorithme de prise en charge, en incorporant les signes cliniques et radiologiques les plus spécifiques afin de mieux trier les patients.

Dans la littérature, un moyen mis en avant depuis le début des années 2000 pour limiter le geste endoscopique est la tomodensitométrie. Cette technique d'imagerie non-invasive, permettrait de sélectionner avec plus de précision les patients ayant besoin d'une bronchoscopie, souple ou rigide. Depuis 2013, de plus en plus d'articles ont été publiés à ce sujet avec comme but commun de trouver un moyen sûr de diminuer les gestes endoscopiques négatifs. C'est en introduisant et en analysant la valeur diagnostique de cette modalité d'imagerie que ce travail va permettre d'aller plus loin dans la démarche diagnostique basée sur l'évidence.

Tomodensitométrie thoracique

La *tomodensitométrie* (CT-scan) est une technique d'imagerie utilisant des rayons X pour obtenir des images en coupes millimétriques. Depuis les années 1990, le *multidétecteur CT-scan* (MDCT) s'est développé avec pour principe d'avoir un éventail de

détecteurs de rayons X parallèles qui détectent le même rayon simultanément [43]. Ceci permet d'augmenter l'efficacité du rayon. Les MDCT actuels ont la possibilité de scanner de larges volumes avec une résolution identique dans les 3 axes [44]. Trois avantages majeurs en découlent : la capacité de couvrir de larges volumes en très peu de temps, ce qui est spécialement important pour les patients pédiatriques ; la diminution des artefacts liés aux mouvements respiratoires et mouvements des battements cardiaques ; la reconstruction multi planaire en images 3D ce qui a permis le développement de l'endoscopie virtuelle. La bronchoscopie virtuelle obtenue par CT-scan est donc une méthode non invasive qui fournit une vue interne de la trachée et des bronches par reconstruction 3D [45].

Le CT-scan permet donc de mettre en évidence l'obstruction de la voie aérienne par le CE lui-même, sa localisation et sa taille. Nous observons également les complications liées à la présence du CE de type bronchiectasie, infiltrats infectieux, pneumothorax et pneumo-médiastin. Il a l'avantage de pouvoir mieux diagnostiquer des alternatives à l'aspiration de CE tels qu'une bronchite ou une pneumonie.

[Méta-analyse performance diagnostique tomодensitométrie thoracique](#)

Afin d'analyser la performance diagnostique de cet examen pour l'aspiration de CE en pédiatrie, nous avons effectué une revue systématique des études sur ce sujet suivie d'une méta-analyse.

Méthode

Stratégie de recherche et sélection des études

Les études ont été recueillies à partir des trois bases de données suivantes : Pubmed, Embase et Web of Science, jusqu'en date du 26.04.2020 (sans limite de date antérieure). Il n'y a pas eu de filtre de langue. Les termes de recherche étaient les suivants : (foreign body aspiration) AND (CT scan OR tomодensitométrie) AND (children OR infant OR pediatrics). Les références des études analysées par texte intégral ont été examinées afin d'inclure d'avantage études.

Les articles ont d'abord été triés par titre et abstract. Le texte intégral des études rapportant la valeur diagnostique du CT-scan dans l'aspiration de CE a été analysé. Les données suivantes ont été répertoriées : nom du premier auteur, années de recherche,

type d'étude (rétrospective ou prospective), nombre de patient, nombre de CE, utilisation de sédation et de produit de contraste, dose d'irradiation. Les valeurs de vrai positif, faux positif, faux négatif et vrai négatif ont été extraites du texte afin de construire les tableaux de contingence 2x2. Les critères d'exclusion ont été les suivants : articles non pertinents ; rapports de cas et revues de la littérature ; recherche adulte, animale ou cadavérique ; absence de texte intégral ; absence de données suffisantes pour extraire des tableaux de contingence malgré un contact pris avec les auteurs de l'étude.

Évaluation de la qualité des études

L'analyse de qualité des études a été faite en utilisant le « Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies-2 » ou « Quadas-2 » basé sur l'évaluation du risque de biais et de l'applicabilité des études.

Synthèse des données et analyse statistique

Les études ont été combinées à l'aide d'un modèle logistique bivarié à effets aléatoires[46]. La sensibilité et la spécificité regroupées ont été rapportées avec un intervalle de confiance de 95%. Les rapports de vraisemblance positifs et négatifs ont été dérivés de la sensibilité et de la spécificité mises en commun[47]. Les sous-groupes d'études ont été comparés à l'aide d'un modèle logistique bivarié à effets aléatoires en introduisant les sous-groupes comme un effet fixe. Le niveau d'erreur de type 1 était de 0,05 bilatéral. Les analyses ont été menées avec la version 4.0.2 du logiciel R (R Core Team 2013).

Résultats

Études incluses

La figure 3 ci-dessous détaille la démarche menée ayant permis d'identifier les 15 études incluses pour la méta-analyse. Deux études ont été exclues en raison d'une absence de données nécessaires pour extraire des tableaux de contingence et cela malgré un contact pris par courriel avec les auteurs de ces études.

Caractéristiques et évaluation de la qualité des études

Les caractéristiques principales des 15 études sont présentées dans le tableau 3. Le résultat de l'analyse de qualité des études est détaillé dans le tableau 4.

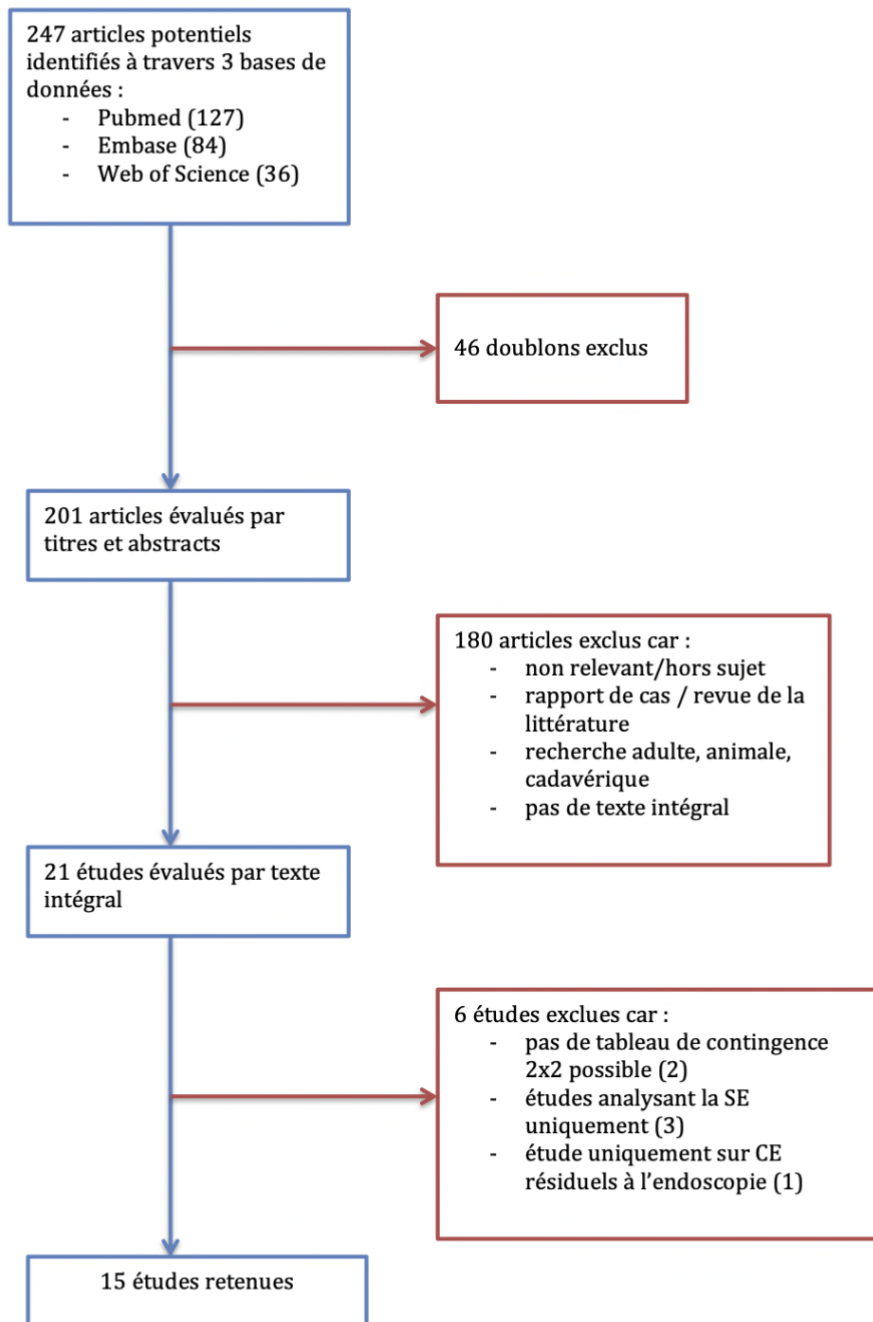


Figure 3 : organigramme illustrant la démarche pour la sélection des études. SE : sensibilité, CE : corps étranger

Année	Etude	Patients (n)	CE (n)	Sédation	PC	Dose d'irradiation	Sensibilité (%)	Spécificité (%)	Bronchoscopie	
Pirot et al. [49]	2010-2016	Rétrospective	200	60	Si nécessaire	Non	2 mSv	98.3	93.6	Si CT positif
Friedman et al [50]	2008-2012	Rétrospective	20	4	Si nécessaire			100	100	Si CT positif
Yang et al. [12]	2009-2010	Rétrospective	1501	590	Oui			99.8	99.9	De routine
Ahmed et al. [51]	2015-2016	Rétrospective	87	11	Non	Non	0.8 mSv	91	100	Si CT positif
Adaleti et al. [4]	2004-2006	Prospective	37	13	Non	Oui		100	87.5	Si CT positif
Kocaoglu et al. [52]	2003-2005	Rétrospective	21	9	Non	Non	0.95-2.42 mSv	88.9	91.7	De routine
Hallıoglu et al. [46]	2000-2001	Prospective	23	7	Non	Non		100	100	De routine
Kosucu et al. [53]	2002-2003	Rétrospective	23	15	Non	Non	0.88-16.99 mSv	100	100	De routine
Bai et al. [54]	2007-2009	Prospective	45	42	Si nécessaire	Non	0.95-2.42mSv	100	100	Si CT positif
Gang et al. [55]	1997-2011	Rétrospective	141	116				100	64	Si CT positif
Manach et al. [56]	2008-2010	Prospective	303	70	Si nécessaire	Non	1.5-2 mSv	94	95	De routine
Hong et al. [57]	2003-2007	Rétrospective	51	42	Si nécessaire	Oui		100	66.7	De routine
Tong et al. [58]	2010-2012	Rétrospective	37	34	Non	Non		100	75	De routine
Bhat et al. [59]	2010	Prospective	20	13	Oui	Non		92.3	85.7	De routine
Park et al. [60]	2012-2017	Rétrospective	32	25				100	85.7	Si CT positif

Tableau 3 : principales caractéristiques des études incluses dans la méta-analyse. CE : corps étranger. PC : produit de contraste

Etudes	Risque de biais				Applicabilité		
	Patients sélectionnés	Test évalué	Test de référence	Flux de patients	Patients sélectionnés	Test évalué	Test de référence
Pitiot et al. [49]	⊖	⊕	⊖	⊖	⊕	⊕	⊕
Friedman et al. [50]	⊖	?	⊖	?	⊖	⊖	⊖
Yang et al. [12]	?	?	?	?	?	⊕	?
Ahmed et al. [51]	⊖	?	?	⊖	⊖	⊕	⊕
Adaletli et al. [4]	?	⊕	⊖	⊖	⊕	⊕	⊕
Kocaoglu et al. [52]	⊕	?	?	⊕	⊕	⊕	⊕
Haliloglu et al. [46]	⊕	⊕	⊖	⊕	⊕	⊕	⊕
Kosucu et al. [53]	⊕	⊕	?	⊕	⊕	⊕	⊕
Bai et al. [54]	⊕	⊕	⊖	⊖	⊕	⊕	⊕
Gang et al. [55]	⊖	⊕	⊖	⊖	⊖	?	⊕
Manach et al. [56]	⊕	⊕	?	⊕	⊕	⊕	⊕
Hong et al. [57]	⊖	?	?	⊖	⊖	⊕	⊕
Tong et al. [58]	⊖	⊕	⊖	?	?	⊕	⊕
Bhat et al. [59]	⊖	⊕	⊕	⊕	⊖	⊕	⊕
Park et al. [60]	⊖	⊕	⊖	⊖	⊖	⊕	⊕

Tableau 4: risque de biais et préoccupations quant à l'applicabilité des études incluses dans l'analyse (critères Quadas-2). ⊕ : risque bas, ⊖ : risque haut, ? : pas clair.

Performance diagnostique

Lorsque les 15 études rapportant la sensibilité et la spécificité du CT-scan dans le diagnostic d'aspiration de CE ont été combinées en utilisant un modèle logistique bivarié, l'estimation groupée était de 96.5% (IC95% 93.0 à 98.3) pour la sensibilité et de 90.9% (IC95% 81.9 à 95.6) pour la spécificité.

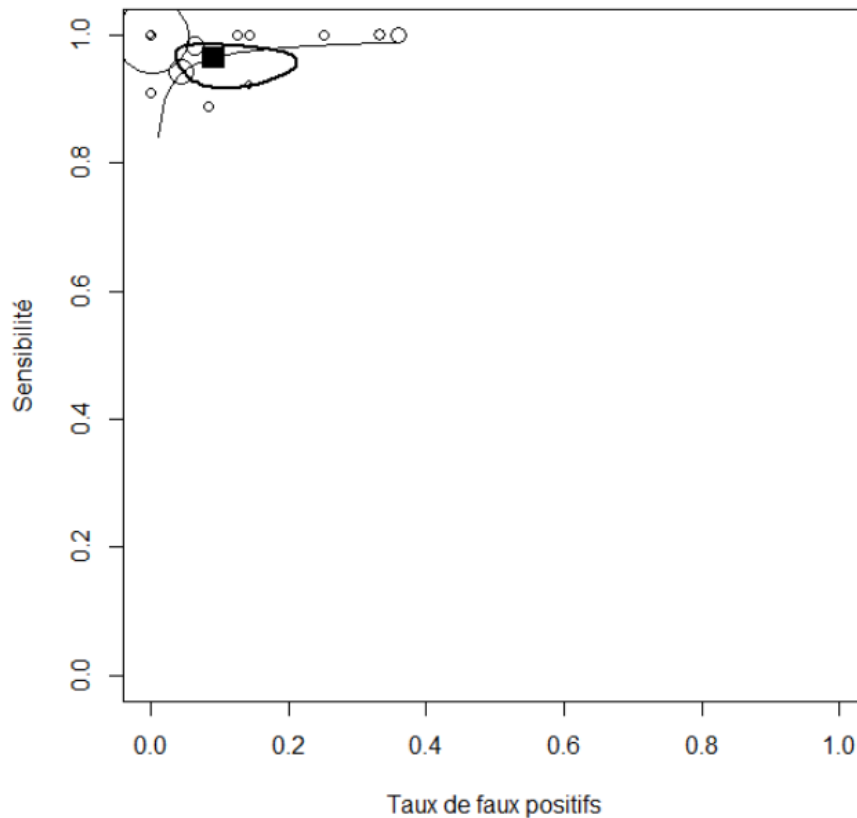


Figure 4: Représentation graphique du taux de faux positifs (c.-à-d. 1 moins spécificité) et de la sensibilité rapportées par les études (cercles blancs) et le taux de faux positifs et la sensibilité combinées à travers les études (carré noir). La surface autour du carré noir représente la zone de confiance de 95% de l'estimation combinée. La courbe représente la courbe ROC de résumé hiérarchique.

Le rapport de vraisemblance positif obtenu du modèle est de 11.4 (IC95% 5.3 à 22.2) et le rapport de vraisemblance négatif est de 0.042 (IC95% 0.019 à 0.079) (pour faciliter l'interprétation l'inverse du rapport de vraisemblance négatif est de 27.4 (IC95% 12.6 à 52.5)).

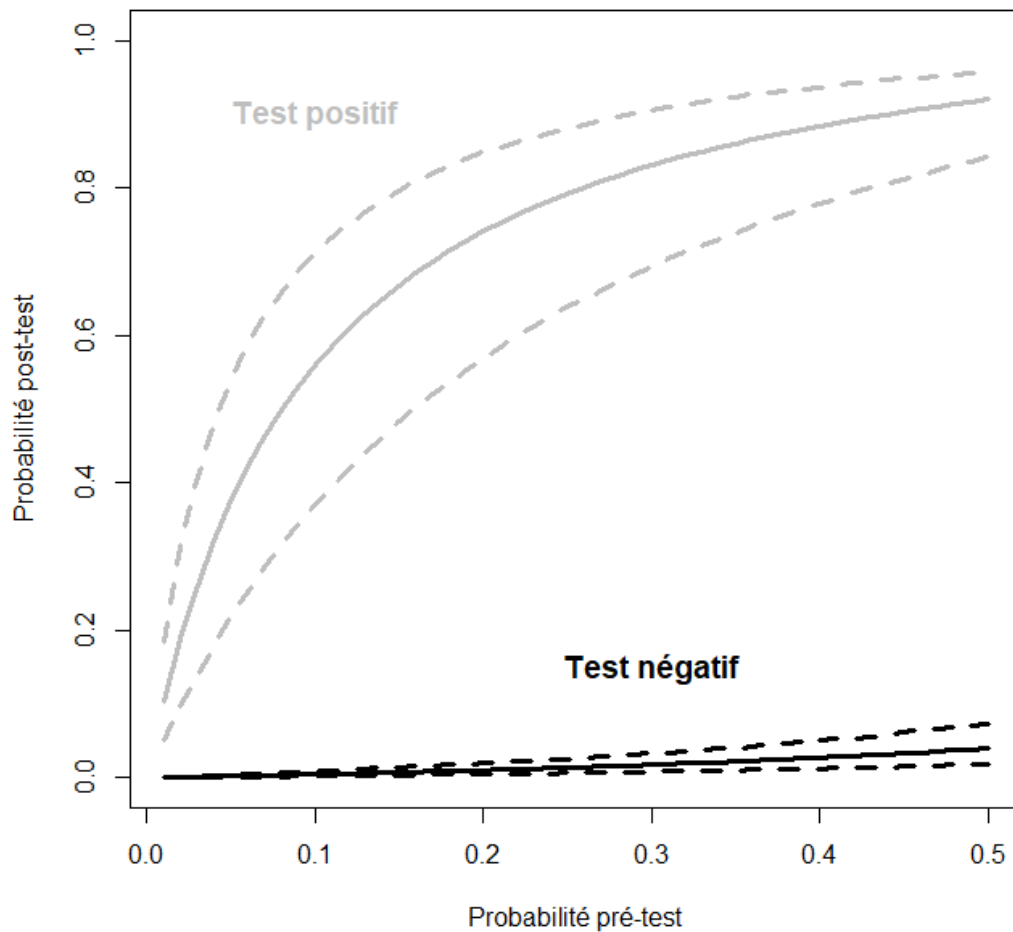


Figure 5 : Variation de la probabilité post-test en fonction de la probabilité pré-test et les résultats du test (négatif/positif). Les courbes en pointillées représentent les intervalles de confiance 95%.

Analyse de sensibilité

La robustesse de la sensibilité et spécificité combinée a été vérifiée en retirant les études une à une (Tableau 5). En bref, la sensibilité combinée varie entre 95.8% si l'étude de Gang et al est retirée à 97% quand l'étude de Kocaoglu et al est retirée. La spécificité combinée varie entre 88.7% quand l'étude de Yang et al est retirée à 92.2% quand l'étude de Gang et al est retirée.

Étude retirée	Estimations combinées	
	Sensibilité (IC 95%)	Spécificité (IC 95%)
Pitiot et al. [48]	96.4 (92.4 à 98.3)	90.7 (80.4 à 95.9)
Friedman et al. [49]	96.6 (93.1 à 98.4)	90.5 (80.7 à 95.6)
Yang et al. [12]	95.9 (92.6 à 97.8)	88.7 (80.7 à 93.6)
Ahmed et al. [50]	96.8 (93.5 à 98.5)	90.2 (80.3 à 95.4)
Adaletli et al. [4]	96.5 (92.8 à 98.3)	91.3 (81.7 à 96.1)
Kocaoglu et al. [51]	97.0 (93.8 à 98.5)	91.1 (81.5 à 96.0)
Haliloglu et al. [45]	96.6 (93.0 à 98.4)	90.4 (80.7 à 95.5)
Kosucu et al. [52]	96.5 (92.8 à 98.3)	90.7 (81.1 à 95.7)
Bai et al. [53]	96.3 (92.4 à 98.2)	91.0 (81.6 à 95.8)
Gang et al. [54]	95.8 (91.7 à 97.9)	92.2 (84.5 à 96.3)
Manach et al. [55]	96.8 (93.2 à 98.5)	90.1 (79.6 à 95.5)
Hong et al. [56]	96.2 (92.4 à 98.2)	91.9 (83.6 à 96.2)
Tong et al. [57]	96.3 (96.3 à 98.2)	91.6 (82.8 à 96.1)
Bhat et al. [58]	96.9 (93.6 à 98.5)	91.5 (82.2 à 96.1)
Park et al. [59]	96.4 (92.7 à 98.3)	91.5 (82.1 à 96.1)

Tableau 5 : Résultat des estimations combinées après retrait individuel des études.

Nous avons également vérifié la robustesse en excluant les études de mauvaise qualité selon les critères Quadas-2. Six études ont été retirées car jugées de qualité méthodologique insatisfaisante. L'exclusion des études de faible qualité méthodologique ne modifie pas de manière sensible les estimations regroupées (tableau 6).

Nombre d'études restantes	9
Sensibilité	94.6 (90.6 à 97.0)
Spécificité	91.6 (86.3 à 94.9)
RV positif	11.6 (6.9 à 18.6)
RV négatif	0.061 (0.033 à 0.103)
RV négatif inverse	17.7 (9.7 à 30.1)

Tableau 6 : estimations combinées de sensibilité, spécificité, rapports de vraisemblance des 9 études jugées de bonne qualité méthodologique. RV : rapport de vraisemblance

Analyse de sous-groupe

Les études n'ont pas toutes utilisé le même test de référence (ou gold-standard), c'est-à-dire un test avec 100% de sensibilité et de spécificité. Certaines études ont utilisé la bronchoscopie comme test de référence chez tous les patients quel que soit le résultat du CT, alors que d'autres études ont utilisé la bronchoscopie uniquement pour les patients chez qui le CT-scan était positif et le suivi clinique pour les patients avec un CT-scan négatif. Nous avons donc divisé les études en deux sous-groupes. La différence entre les

deux sous-groupes n'est pas statistiquement significative ni pour la sensibilité ($p = 0,883$) ni pour la spécificité ($p = 0,572$) (tableau 7).

	Toutes les études	Sous-groupe 1	Sous-groupe 2
Nombre d'études	15	8	7
Sensibilité	96.5 (93.0 to 98.3)	95.8 (89.0 to 98.5)	97.2 (91.9 to 99.1)
Spécificité	90.9 (81.9 to 95.6)	92.7 (77.9 to 97.9)	89.4 (76.3 to 95.7)
RV positif	11.4 (5.3 to 22.2)	16.1 (4.2 to 45.7)	10.2 (4.1 to 22.0)
RV négatif	0.042 (CI 0.019 to 0.079)	0.052 (0.015 to 0.132)	0.036 (0.011 to 0.088)
RV négatif inverse	27.4 (12.6 to 52.5)	25.7 (7.6 to 64.6)	36.6 (11.4 to 89.7)

Tableau 7 : estimations combinées de la sensibilité, spécificité et des rapports de vraisemblance de toutes les études, des études où la bronchoscopie a été faite de routine (sous-groupe 1) et des études où la bronchoscopie a été faite uniquement chez les patients avec un CT-scan positif (sous-groupe 2). RV : rapport de vraisemblance.

Le tableau 8 rapporte le pourcentage de bronchoscopies négatives dans les 7 études de la méta-analyse qui ont fait les bronchoscopies uniquement chez les patients dont le CT-scan était positif.

Etudes	Bronchoscopies négatives (%)
Pitiot et al. [48]	37.5
Friedman et al. [49]	0
Ahmed et al. [50]	17
Adaletli et al. [4]	18.75
Bai et al. [53]	0
Gang et al. [54]	7.2
Park et al. [59]	4.7

Tableau 8 : Pourcentages de bronchoscopies négatives dans les 7 études où seuls les patients ayant eu un CT-scan positif pour CE ont subi une bronchoscopie.

Discussion

L'objectif de cette revue systématique et méta-analyse est d'évaluer la performance diagnostique du CT-scan dans l'aspiration de CE. Toutes les études à ce sujet ont donc été compilées et analysées. Il s'agit de la première méta-analyse de ce type sur ce sujet.

Concernant la qualité méthodologique des études sélectionnées, le plus important risque de biais était dans le test de référence. Pour éviter le risque de biais, le test de référence doit être fait en absence de connaissance du résultat du test évalué. Toutefois, toutes les études hormis une (Bhat et al.) ont utilisé les résultats du CT-scan pour se

guider dans la bronchoscopie. Cela permet de diminuer le temps de la bronchoscopie mais introduit un biais dans l'évaluation de la qualité du test diagnostique.

Globalement, les résultats des études montrent que le CT-scan est un bon test diagnostique avec une sensibilité regroupée de 96.5% et une spécificité de 90.9%. La sensibilité est un des paramètres intéressants dans l'évaluation de la sécurité d'un test diagnostic, car une bonne sensibilité permet de ne pas manquer les cas positifs. Manach et al. ont conduit l'étude prospective la plus importante (303 patients). Ils ont montré que la sensibilité du CT-scan augmentait de 94 à 98% après une deuxième lecture du CT-scan par un radiologue sénior avant le geste endoscopique [55]. Ils ont rapporté 4 faux négatifs: 2 CE étaient composés de plastique, 1 CE un bout de bois, 1 CE un morceau de feuille. Bhat et al. rapportent 1 faux négatif composé d'un légume[58]. Le CT-scan est effectivement rapporté comme moins performant pour mettre en évidence des CE à base de plastique ou végétal [60]. D'autres faux négatifs peuvent être observés dans les cas d'aspiration de CE datant d'un certain temps, où l'inflammation autour du CE peut masquer le CE lui-même [61]. Le délai entre la potentielle aspiration de CE et l'examen radiologique devrait donc être communiqué au radiologue afin qu'il soit attentif aux images d'inflammation intra-bronchiques.

Une bonne spécificité du CT-scan permet de diminuer le nombre de bronchoscopies négatives. Les bouchons muqueux sont une des sources de faux positifs car le CT-scan ne différencie pas clairement un bouchon muqueux d'un CE [62]. Les critères de sélection des patients avec « suspicion d'aspiration de CE » peut influencer la probabilité pré-test. Dans certaines études, les critères de sélection n'étaient pas précisés mais pour la plupart des études, les critères sont semblables (une anamnèse suggestive, un étouffement, une toux subite, dyspnée, infection respiratoire récidivante ou une pneumonie ne répondant pas au traitement habituel).

La figure 5, rapporte la variation de la probabilité post-test en fonction de la probabilité pré-test. La conclusion à tirer de cette analyse est que le CT-scan est surtout intéressant cliniquement pour exclure le diagnostic d'aspiration de CE. En effet, la probabilité post-test d'un test négatif est faible quel que soit la probabilité pré-test.

La robustesse des résultats a d'une part été montrée par l'analyse de sensibilité qui revient rassurante car aucune étude à elle seule n'explique ce bon résultat. D'autre part, en excluant les études de mauvaise qualité méthodologique, nous gardons une bonne sensibilité (94.6%, IC 90.6 à 97.0%) et spécificité (91.6 %, IC 86.3 à 94.9%). Finalement,

en comparant les deux sous-groupes n'ayant pas utilisé le même test de référence (bronchoscopie de routine ou bronchoscopie si CT positif) nous ne trouvons pas de différence statistiquement significative.

Irradiation

Un des éléments à considérer avec le CT-scan est l'irradiation. La dose d'irradiation de la tomodensitométrie est 100 à 500 fois plus élevée que celle de la radiographie du thorax conventionnelle. En effet, l'irradiation d'une simple radiographie de thorax antéro-postérieure est de l'ordre de 0.013mSv [63] alors qu'au DFEA, le protocole « low-dose » pédiatrique d'un scanner du thorax sans produit de contraste (jugé non nécessaire pour cette indication) représente 2mSv d'irradiation effective. Depuis les études menées sur les survivants de la bombe atomique d'Hiroshima et de Nagasaki, nous savons qu'il existe un lien entre l'irradiation ionisante et la carcinogenèse [63]. L'irradiation ionisante administrée par les examens radiologiques en médecine est donc un important sujet de recherche quant à son risque de cancer. L'évidence prouvant qu'il y a un lien entre l'irradiation et l'apparition d'un cancer reste toutefois limitée, car il existe uniquement des études de cohorte rétrospectives et études cas-contrôles dans la littérature à ce sujet.

Pearce et al. ont mené une étude en Angleterre, évaluant le risque de leucémie et de tumeur cérébrale après exposition à des CT-scan, deux débouchées jugées les plus intéressantes de par la haute radiosensibilité de la moelle osseuse et du cerveau et de l'importante fréquence de ces cancers en pédiatrie. Ils rapportent une association positive entre la dose d'irradiation et l'apparition de leucémie (risque relatif excessif (RRE) 0.036 par mGy) et de tumeur cérébrale (RRE 0.023 par mGy) [64]. Une étude semblable menée en Australie a également montré que les CT-scan effectués dans l'enfance et l'adolescence sont suivis d'une augmentation de l'incidence des cancers de tous types avec des chiffres semblables [65]. Une dernière étude intéressante à mentionner est celle effectuée aux Pays-Bas par Meulepas et al. qui ont démontré un lien entre les tumeurs cérébrales et l'irradiation cérébrale où la dose cumulée était en moyenne de 38.5mGy mais n'ont pas montré d'association statistiquement significative entre le risque de leucémie et l'irradiation de moelle osseuse dont la moyenne cumulée d'irradiation était de 9.5mGy [66]. Ce sujet est particulièrement préoccupant pour la pédiatrie car les enfants sont de manière innée plus sensibles à la carcinogenèse radio-induite que les adultes et ont plus d'années à vivre pour développer un cancer radio-induit [67].

En somme, il existe un risque réel à ne pas négliger. Toutefois, l'irradiation que représente un CT-scan du thorax « low-dose » sans injection de produit de contraste nécessaire à répondre à la question de si oui ou non il y a un CE dans les voies respiratoires est nettement moindre que l'irradiation étudiée dans les études rapportées ci-dessus. Considérant les 2mSv par CT-scan, 4000 à 10'000 CT-scan seraient nécessaires à induire un cancer [48]. Ce risque paraît acceptable compte tenu de la fatalité que peut induire une aspiration de CE et des complications liées à une bronchoscopie.

Sédation

Un autre élément à considérer pour la réalisation d'un CT-scan de bonne qualité est le besoin de sédation. La bonne résolution des images nécessite que l'enfant soit immobile pendant quelques secondes (sans respirer) et selon l'âge, ceci requiert en général une sédation. Des 15 études retenues pour la méta-analyse, 7 ont utilisé une sédation et 6 ne l'ont pas utilisée pour l'examen, et 1 étude n'a pas rapporté cette information. Aux DFEA, le radiologue décide, principalement en fonction de l'âge de l'enfant, si une sédation est nécessaire pour l'imagerie. Une sédation est en général requise jusqu'à l'âge de 2 ans. Entre 2 et 3 ans, les anesthésistes sont en « stand-by » si le radiologue estime que le patient n'arrivera pas à rester immobile. Après 3 ans la sédation n'est en général pas nécessaire. Dans la littérature, environ 80% des cas d'aspiration de CE surviennent chez des patients de moins de 3 ans, et dans notre étude l'âge moyen est de 21.5 mois, rendant la sédation nécessaire chez la grande majorité des patients. Il faut ajouter que si l'examen devait être positif, une deuxième anesthésie devra être entreprise pour le geste endoscopique, à moins que le geste endoscopique ne puisse se faire dans la foulée après le CT scan, ce qui est techniquement difficile (changement de lieu, transport du patient, disponibilités conjointe des intervenants : radiologues, pneumologues, chirurgiens). L'anesthésique de premier choix utilisé au DFEA en radiologie est le propofol en raison de sa cinétique et élimination rapides. L'alternative est une prémédication par du midazolam per os. Après avoir fait les premières images, la bronchoscopie virtuelle prend environ une heure pour la reconstruction 3D. Cette imagerie est donc difficile à réaliser en situation d'urgence.

Application en clinique

Au DFEA, il arrive de faire des CT-scan chez des patients avec des symptômes respiratoires non expliqués dont une des questions posées au radiologue est la présence d'un CE. Il n'est toutefois pas intégré dans l'algorithme de prise en charge. Le tableau 8 montre que les centres ayant fait un CT-scan avant la bronchoscopie avaient entre 0 et 37.5% de bronchoscopies négatives, ce qui est nettement inférieur aux 67% de bronchoscopies négatives que nous avons rapporté dans notre étude effectuée sans CT-scan préalable [11]. La bronchoscopie souple est peu invasive, mais nécessite d'une anesthésie générale par les anesthésistes et de la disponibilité des chirurgiens pour effectuer une bronchoscopie rigide en fonction de la trouvaille. Il pourrait donc être intéressant d'inclure le CT-scan dans l'arbre décisionnel pour diminuer le nombre de fibroscopies endobronchiques négatives.

La modification de l'arbre décisionnel ayant donné suite des conclusions tirées de l'étude rétrospective faite en 2017 avait déjà pour but de diminuer les bronchoscopies négatives. En combinant ces modifications et en ajoutant le CT-scan dans l'algorithme, nous pourrions améliorer ce résultat et diminuer les bronchoscopies négatives. Il ne s'agirait toutefois pas de faire cet examen chez tous les patients, mais il pourrait être intéressant de le faire chez les patients dont la clinique n'est pas claire.

La figure 5 est une proposition d'un nouvel arbre décisionnel. Toutefois, la majeure partie des études de la méta-analyse ont étudié la sensibilité et spécificité du CT-scan pour tous les patients avec suspicion d'aspiration de CE et non une population de patients sélectionnés de cette manière. Il y a néanmoins 3 études qui ont effectué le CT-scan chez une sélection de patients. La première est l'étude d'Ahmed et al. où la tomographie a été faite chez les patients avec une probabilité modérée d'avoir un CE (c.-à-d. un des signes suivants : syndrome de pénétration, sibilances unilatérales, air-trapping unilatéral) [50]. La sensibilité et spécificité de l'examen étaient de 91% et 100% respectivement. Ils ont également montré que le taux de bronchoscopies négatives a diminué de 37 à 17% après implémentation d'un arbre décisionnel incluant le CT-scan. Les deux autres études sont celles de Gang et al. et Bhat et al. qui ont effectué des CT-scan chez les patients avec des radiographies de thorax négatives. Cette sélection de patients paraît toutefois peu sécuritaire en raison de la faible sensibilité de la radiographie de thorax dans le diagnostic d'aspiration de CE.

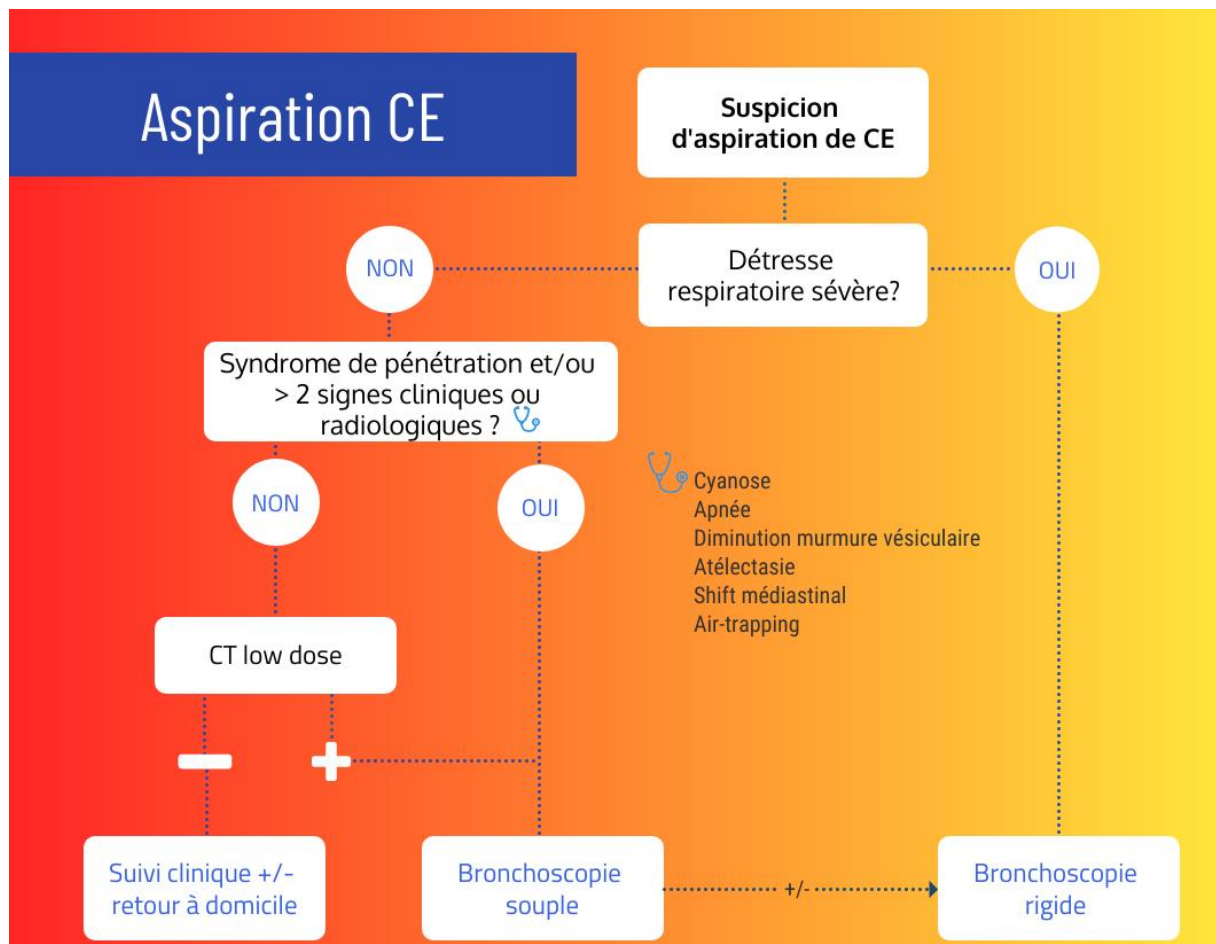


Figure 5 : Proposition d'un nouvel arbre décisionnel incluant les symptômes et signes les plus sensibles ainsi que le CT-scan «low-dose» dans la démarche décisionnelle. CT : tomographie, CE : corps étranger

Il sera à l'avenir nécessaire de valider un tel arbre décisionnel à l'aide d'une étude prospective. Une revue systématique et méta-analyse publiée en septembre 2021 a eu pour but d'analyser et consolider la littérature sur les algorithmes de prise en charge pour l'aspiration de CE [68]. Des 7 études incluses (dont l'étude publiée par notre centre en 2017), aucun arbre décisionnel a eu une validation adéquate et aucun n'inclue le CT-scan dans la démarche diagnostique. Cela démontre la difficulté méthodologique à valider un arbre décisionnel et de la réticence à utiliser le CT-scan en raison de l'irradiation et la sédation que cela demande.

Conclusion et perspectives

Les enfants explorent le monde en insérant des objets dans leur bouche, rendant l'aspiration de CE fréquente en pédiatrie. Elle est potentiellement grave et peut avoir des complications à long terme. En l'absence de symptôme et signe sensible ou spécifique, le diagnostic est difficile à poser basé sur la clinique. Depuis 2009 au DFEA nous mettons en avant la bronchoscopie souple comme moyen d'exclure cette pathologie à l'aide d'un arbre décisionnel. La constellation de signes cliniques et radiologiques les plus sensibles ainsi que l'intégration du CT-scan dans l'arbre décisionnel pourrait nous permettre de mieux sélectionner les patients ayant besoin d'un geste endoscopique, geste invasif nécessitant une anesthésie générale et pouvant engendrer des complications.

Il serait donc très utile d'effectuer une étude prospective afin d'évaluer la spécificité et sensibilité du CT-scan sur cette population de patients et de valider cet arbre décisionnel. Une étude de ce type devrait se faire dans plusieurs centres car le DFEA de Genève est de trop petite taille pour avoir un échantillon de patient suffisant.

Références :

- [1] J. D. Rovin et B. M. Rodgers, « Pediatric Foreign Body Aspiration », *Pediatrics in Review*, vol. 21, n° 3, p. 86-90, mars 2000.
- [2] Centers for Disease Control and Prevention (CDC), « Nonfatal choking-related episodes among children--United States, 2001 », *MMWR Morb. Mortal. Wkly. Rep.*, vol. 51, n° 42, p. 945-948, oct. 2002.
- [3] R. Altkorn *et al.*, « Fatal and non-fatal food injuries among children (aged 0-14 years) », *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, vol. 72, n° 7, p. 1041-1046, juill. 2008.
- [4] I. Adaletli *et al.*, « Utilization of low-dose multidetector CT and virtual bronchoscopy in children with suspected foreign body aspiration », *Pediatr Radiol*, vol. 37, n° 1, p. 33-40, janv. 2007.
- [5] A. Hitter, E. Hullo, C. Durand, et C.-A. Righini, « Diagnostic value of various investigations in children with suspected foreign body aspiration: Review », *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, vol. 128, n° 5, p. 248-252, nov. 2011.
- [6] M. Oncel, G. S. Sunam, et S. Ceran, « Tracheobronchial aspiration of foreign bodies and rigid bronchoscopy in children », *Pediatrics International*, vol. 54, n° 4, p. 532-535, août 2012.
- [7] O. Dikensoy, C. Usalan, et A. Filiz, « Foreign body aspiration: clinical utility of flexible bronchoscopy », *Postgrad Med J*, vol. 78, n° 921, p. 399-403, janv. 2002.
- [8] C. M. Heyer *et al.*, « Evaluation of clinical, radiologic, and laboratory prebronchoscopy findings in children with suspected foreign body aspiration », *Journal of Pediatric Surgery*, vol. 41, n° 11, p. 1882-1888, nov. 2006.
- [9] C. A. Righini *et al.*, « What is the diagnostic value of flexible bronchoscopy in the initial investigation of children with suspected foreign body aspiration? », *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, vol. 71, n° 9, p. 1383-1390, sept. 2007.
- [10] C. E. Skoulakis *et al.*, « Bronchoscopy for foreign body removal in children. A review and analysis of 210 cases », *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, vol. 53, n° 2, p. 143-148, juin 2000.
- [11] L. Haller, C. Barazzone-Argiroffo, I. Vidal, R. Corbelli, M. Anooshiravani-Dumont, et A. Mornand, « Safely Decreasing Rigid Bronchoscopies for Foreign-Body Aspiration in Children: An Algorithm for the Emergency Department », *Eur J Pediatr Surg*, n° EFirst.
- [12] Y.-H. Yang, X.-G. Zhang, J.-L. Zhang, Y.-B. Zhang, et C.-P. Kou, « Risk factors for preoperative respiratory complications in children with tracheobronchial foreign bodies », *J Int Med Res*, vol. 44, n° 2, p. 338-345, avr. 2016.
- [13] D. Gregori *et al.*, « Foreign bodies in the upper airways causing complications and requiring hospitalization in children aged 0-14 years: results from the ESFBI study », *Eur Arch Otorhinolaryngol*, vol. 265, n° 8, p. 971-978, août 2008.
- [14] T. Sih, C. Bunnag, S. Ballali, M. Lauriello, et L. Bellussi, « Nuts and seed: A natural yet dangerous foreign body », *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, vol. 76, p. S49-S52, mai 2012.
- [15] A. Hebbazi, H. Afif, W. El Khattabi, A. Aichane, et Z. Bouayad, « L'épingle à foulard : un nouveau corps étranger intrabronchique », *Revue des Maladies Respiratoires*, vol. 27, n° 7, p. 724-728, sept. 2010.
- [16] C. W. Fidkowski, H. Zheng, et P. G. Firth, « The Anesthetic Considerations of Tracheobronchial Foreign Bodies in Children: A Literature Review of 12,979 Cases », *Anesthesia & Analgesia*, p. 1, août 2010.
- [17] N. Tahir, W. H. Ramsden, et M. D. Stringer, « Tracheobronchial anatomy and the distribution of inhaled foreign bodies in children », *Eur J Pediatr*, vol. 168, n° 3, p. 289, mars 2009.
- [18] S. Cohen, A. Avital, S. Godfrey, M. Gross, E. Kerem, et C. Springer, « Suspected Foreign Body Inhalation in Children: What Are the Indications for Bronchoscopy? », *The Journal of Pediatrics*, vol. 155, n° 2, p. 276-280, août 2009.
- [19] B. Tokar, R. Ozkan, et H. Ilhan, « Tracheobronchial foreign bodies in children: importance of accurate history and plain chest radiography in delayed presentation », *Clinical Radiology*, vol. 59, n° 7, p. 609-615, juill. 2004.
- [20] A. K. Ayed, A. M. Jafar, et A. Owayed, « Foreign body aspiration in children: diagnosis and treatment », *Ped Surgery Int*, vol. 19, n° 6, p. 485-488, mai 2003.
- [21] A. Martinot *et al.*, « Indications for flexible versus rigid bronchoscopy in children with suspected foreign-body aspiration. », *Am J Respir Crit Care Med*, vol. 155, n° 5, p. 1676-1679, mai 1997.
- [22] H. Hidaka, T. Obara, S. Kuriyama, S. Kurosawa, Y. Katori, et T. Kobayashi, « Logistic regression analysis of risk factors for prolonged pulmonary recovery in children from aspirated foreign body », *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, vol. 77, n° 10, p. 1677-1682, oct. 2013.
- [23] F. Karakoç *et al.*, « Foreign body aspiration: What is the outcome? », *Pediatr. Pulmonol.*, vol. 34, n° 1, p. 30-36, juill. 2002.
- [24] B. Zhong *et al.*, « Risk factors for lower respiratory tract infection in children with tracheobronchial foreign body aspiration », *Medicine (Baltimore)*, vol. 98, n° 10, mars 2019.

- [25] I. Rencken, W. L. Patton, et R. C. Brasch, « AIRWAY OBSTRUCTION IN PEDIATRIC PATIENTS: From Croup to BOOP », *Radiologic Clinics of North America*, vol. 36, n° 1, p. 175-187, janv. 1998.
- [26] J. A. B. Lima et G. B. Fischer, « Foreign body aspiration in children », *Paediatric Respiratory Reviews*, vol. 3, n° 4, p. 303-307, déc. 2002.
- [27] H. K. K. Tan, K. Brown, T. McGill, M. A. Kenna, D. P. Lund, et G. B. Healy, « Airway foreign bodies (FB): a 10-year review », *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, vol. 56, n° 2, p. 91-99, déc. 2000.
- [28] E. Cotton et K. Yasuda, « Foreign Body Aspiration », *Pediatric Clinics of North America*, vol. 31, n° 4, p. 937-941, août 1984.
- [29] S. V. Hegde, P. K. T. Hui, et E. Y. Lee, « Tracheobronchial Foreign Bodies in Children: Imaging Assessment », *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*, vol. 36, n° 1, p. 8-20, févr. 2015.
- [30] « Air Trapping - an overview | ScienceDirect Topics ». <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/air-trapping> (consulté le 9 septembre 2021).
- [31] J. van Schuppen et R. R. van Rijn, « Foreign Body Aspiration in Children: Evidence-Based Emergency Imaging », in *Evidence-Based Emergency Imaging*, A. Kelly, P. Cronin, S. Puig, et K. E. Applegate, Éd. Cham: Springer International Publishing, 2018, p. 605-614.
- [32] T. A. Kramer, K. H. Riding, et L. J. Salkeld, « Tracheobronchial and esophageal foreign bodies in the pediatric population », *J Otolaryngol*, vol. 15, n° 6, p. 355-358, déc. 1986.
- [33] P. Li, G. Jiang, et Q. Li, « The risks of postoperative complications and prolonged hospital stay in children receiving bronchoscopy », *Journal of Pediatric Surgery*, mai 2019.
- [34] K. Johnson, M. Linnaus, et D. Notrica, « Airway foreign bodies in pediatric patients: anatomic location of foreign body affects complications and outcomes », *Pediatr Surg Int*, vol. 33, n° 1, p. 59-64, janv. 2017.
- [35] A. Hitter, A. Karkas, S. Schmerber, et C. A. Righini, « Rigid Bronchoscopy », in *Paediatric Bronchoscopy*, p. 83-94.
- [36] K. Mise, A. Jurcev Savicevic, N. Pavlov, et S. Jankovic, « Removal of tracheobronchial foreign bodies in adults using flexible bronchoscopy: experience 1995–2006 », *Surg Endosc*, vol. 23, n° 6, p. 1360-1364, juin 2009.
- [37] L.-F. Tang *et al.*, « Airway foreign body removal by flexible bronchoscopy: experience with 1027 children during 2000–2008 », *World J Pediatr*, vol. 5, n° 3, p. 191-195, août 2009.
- [38] D. Schramm *et al.*, « Pediatric Airway Endoscopy: Recommendations of the Society for Pediatric Pneumology », *RES*, vol. 100, n° 11, p. 1128-1145, 2021.
- [39] P. T. Farrell, « Rigid bronchoscopy for foreign body removal: anaesthesia and ventilation », *Pediatric Anesthesia*, vol. 14, n° 1, p. 84-89, 2004.
- [40] G. Murphy, J. Szokol, J. Marymont, S. Greenberg, M. Avram, et J. Vender, « Residual Neuromuscular Blockade and Critical Respiratory Events in the Postanesthesia Care Unit », *Anesthesia & Analgesia*, vol. 107, n° 1, p. 130-137, juill. 2008.
- [41] J. de Blic et C. Telion, « Sedation and Anesthesia for Bronchoscopy », in *Paediatric Bronchoscopy*, p. 21-29.
- [42] J. de Blic, V. Marchac, et P. Scheinmann, « Complications of flexible bronchoscopy in children: prospective study of 1,328 procedures », *European Respiratory Journal*, vol. 20, n° 5, p. 1271-1276, nov. 2002.
- [43] M. Prokop, « General principles of MDCT », *European Journal of Radiology*, vol. 45, p. S4-S10, mars 2003.
- [44] M. Mahesh, « The AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents », *RadioGraphics*, vol. 22, n° 4, p. 949-962, juill. 2002.
- [45] M. Haliloglu *et al.*, « CT virtual bronchoscopy in the evaluation of children with suspected foreign body aspiration », *European Journal of Radiology*, vol. 48, n° 2, p. 188-192, nov. 2003.
- [46] J. B. Reitsma, A. S. Glas, A. W. S. Rutjes, R. J. P. M. Scholten, P. M. Bossuyt, et A. H. Zwinderman, « Bivariate analysis of sensitivity and specificity produces informative summary measures in diagnostic reviews », *Journal of Clinical Epidemiology*, vol. 58, n° 10, p. 982-990, oct. 2005.
- [47] A. H. Zwinderman et P. M. Bossuyt, « We should not pool diagnostic likelihood ratios in systematic reviews », *Stat Med*, vol. 27, n° 5, p. 687-697, févr. 2008.
- [48] V. Pitiot, M. Grall, D. Ploin, E. Truy, et S. Ayari Khalfallah, « The use of CT-scan in foreign body aspiration in children: A 6 years' experience », *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, vol. 102, p. 169-173, nov. 2017.
- [49] E. M. Friedman et B. Anthony, « A Five-Year Analysis of Airway Foreign Body Management: Toward a Better Understanding of Negative Bronchoscopies », *Ann Otol Rhinol Laryngol*, vol. 125, n° 7, p.

591-595, juill. 2016.

- [50] O. G. Ahmed, R. P. Guillerman, et C. M. Giannoni, « Protocol incorporating airway CT decreases negative bronchoscopy rates for suspected foreign bodies in pediatric patients », *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, vol. 109, p. 133-137, juin 2018.
- [51] M. Kocaoglu, N. Bulakbasi, K. Soylu, S. Demirbag, C. Tayfun, et I. Somuncu, « Thin-section axial multidetector computed tomography and multiplanar reformatted imaging of children with suspected foreign-body aspiration: is virtual bronchoscopy overemphasized? », *Acta Radiol*, vol. 47, n° 7, p. 746-751, sept. 2006.
- [52] P. Koşucu *et al.*, « Low-Dose MDCT and Virtual Bronchoscopy in Pediatric Patients with Foreign Body Aspiration », *American Journal of Roentgenology*, vol. 183, n° 6, p. 1771-1777, déc. 2004.
- [53] W. Bai, X. Zhou, X. Gao, C. Shao, J. A. Califano, et P. K. Ha, « Value of chest CT in the diagnosis and management of tracheobronchial foreign bodies », *Pediatrics International*, vol. 53, n° 4, p. 515-518, août 2011.
- [54] W. Gang *et al.*, « Diagnosis and treatment of tracheobronchial foreign bodies in 1024 children », *Journal of Pediatric Surgery*, vol. 47, n° 11, p. 2004-2010, nov. 2012.
- [55] Y. Manach *et al.*, « Diagnostic performance of multidetector computed tomography for foreign body aspiration in children », *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, vol. 77, n° 5, p. 808-812, mai 2013.
- [56] S.-J. Hong, H. W. Goo, et J.-L. Roh, « Utility of spiral and cine CT scans in pediatric patients suspected of aspirating radiolucent foreign bodies », *Otolaryngol Head Neck Surg*, vol. 138, n° 5, p. 576-580, mai 2008.
- [57] B. Tong, L. Zhang, R. Fang, Y. Sha, et F. Chi, « 3D images based on MDCT in evaluation of patients with suspected foreign body aspiration », *Eur Arch Otorhinolaryngol*, vol. 270, n° 3, p. 1001-1007, mars 2013.
- [58] K. V. Bhat, J. S. Hegde, U. S. Nagalotimath, et G. C. Patil, « Evaluation of computed tomography virtual bronchoscopy in paediatric tracheobronchial foreign body aspiration », *The Journal of Laryngology & Otolaryngology*, vol. 124, n° 8, p. 875-879, août 2010.
- [59] Y. M. Park *et al.*, « Chest radiographs and computed tomography scans in children with airway foreign body », *Allergy Asthma Respir. Dis.*, vol. 6, n° 5, p. 241-247, sept. 2018.
- [60] L. Lin, L. Lv, Y. Wang, X. Zha, F. Tang, et X. Liu, « The clinical features of foreign body aspiration into the lower airway in geriatric patients », *Clin Interv Aging*, vol. 9, p. 1613-1618, sept. 2014.
- [61] P. Tuckett et A. Cervin, « Reducing the number of rigid bronchoscopies performed in suspected foreign body aspiration cases via the use of chest computed tomography: is it safe? A literature review », *The Journal of Laryngology & Otolaryngology*, vol. 129, n° S1, p. S1-S7, janv. 2015.
- [62] M. B. Anthracopoulos, E. Alexopoulou, et G. C. Kagadis, « Virtual bronchoscopy and other three-dimensional imaging methods », in *Paediatric Bronchoscopy*, p. 95-112.
- [63] D. J. Mulvihill, S. Jhavar, J. B. Kostis, et S. Goyal, « Diagnostic Medical Imaging in Pediatric Patients and Subsequent Cancer Risk », *Academic Radiology*, vol. 24, n° 11, p. 1456-1462, nov. 2017.
- [64] M. S. Pearce *et al.*, « Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study », *The Lancet*, vol. 380, n° 9840, p. 499-505, août 2012.
- [65] J. D. Mathews *et al.*, « Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians », *BMJ*, vol. 346, p. f2360, mai 2013.
- [66] J. M. Meulepas *et al.*, « Radiation Exposure From Pediatric CT Scans and Subsequent Cancer Risk in the Netherlands », *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, vol. 111, n° 3, p. 256-263, mars 2019.
- [67] D. J. Brenner, « Computed Tomography — An Increasing Source of Radiation Exposure », *The New England Journal of Medicine*, p. 8, 2007.
- [68] J. J. W. Lee, J. Philteos, M. Levin, A. Namavarian, E. J. Propst, et N. E. Wolter, « Clinical Prediction Models for Suspected Pediatric Foreign Body Aspiration: A Systematic Review and Meta-analysis », *JAMA Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, vol. 147, n° 9, p. 787-796, sept. 2021.