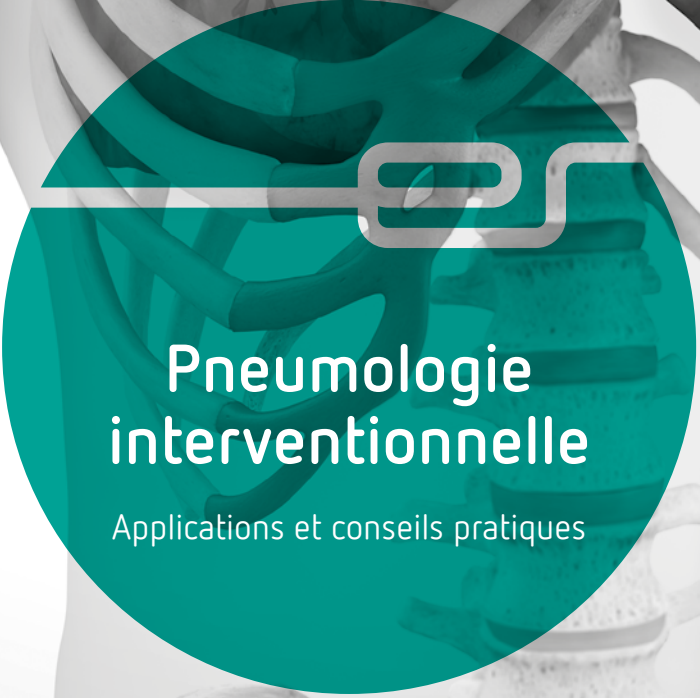
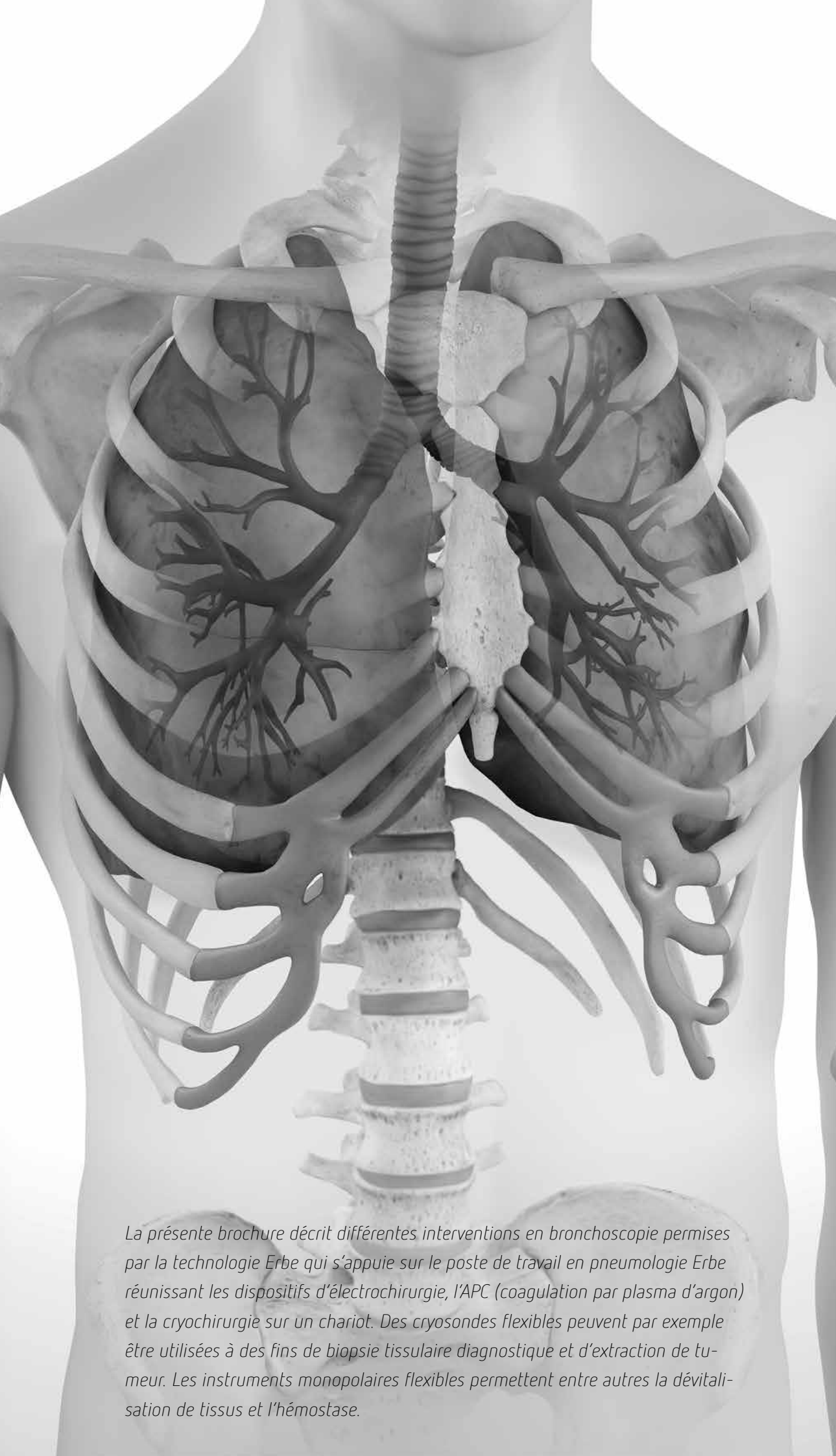




Pneumologie interventionnelle

Applications et conseils pratiques



La présente brochure décrit différentes interventions en bronchoscopie permises par la technologie Erbe qui s'appuie sur le poste de travail en pneumologie Erbe réunissant les dispositifs d'électrochirurgie, l'APC (coagulation par plasma d'argon) et la cryochirurgie sur un chariot. Des cryosondes flexibles peuvent par exemple être utilisées à des fins de biopsie tissulaire diagnostique et d'extraction de tumeur. Les instruments monopolaires flexibles permettent entre autres la dévitalisation de tissus et l'hémostase.

TABLE DES MATIÈRES

POSTE DE TRAVAIL DE PNEUMOLOGIE	04
CRYOCHIRURGIE	05
Technique	
Effets	
Instruments	
Applications	
ÉLECTROCHIRURGIE	18
Technique	
Effets	
Modes	
Instruments	
Applications	
COAGULATION PAR PLASMA D'ARGON (APC)	28
Technique	
Effets	
Modes	
Instruments	
Applications	
CONSEILS POUR UNE UTILISATION SÛRE DE L'APC ET DE L'ÉLECTROCHIRURGIE	34
RÉFÉRENCES	35



Poste de travail de pneumologie

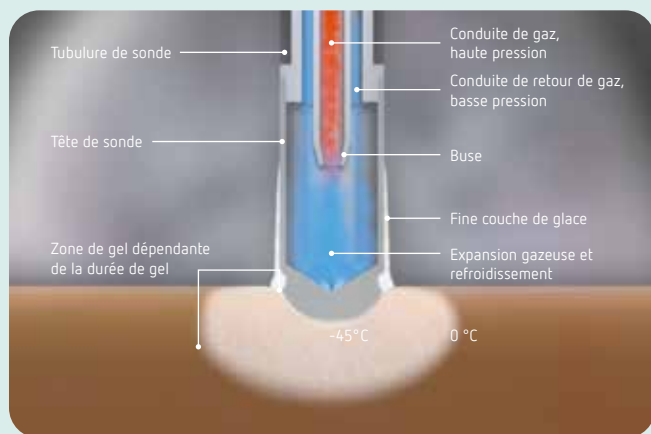


Notre poste de travail en pneumologie se compose d'un dispositif d'électrochirurgie avec module APC et du dispositif ERBECRYO® 2. Ensemble, ils forment la base de différentes applications de pneumologie interventionnelles. En fonction des besoins, vous pouvez aussi utiliser les systèmes sur des chariots séparés.

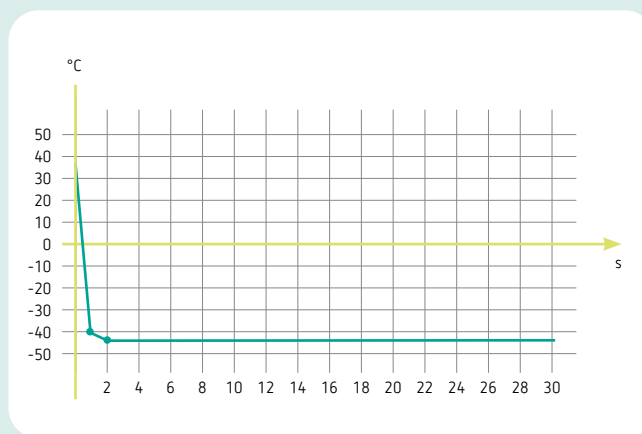
Le dispositif d'électrochirurgie, et notamment le VIO® 3, génère le courant à haute fréquence requis pour des applications monopolaires flexibles qui est disponible avec différents modes. Il constitue aussi le dispositif maître de commande du module APC, ici par ex. l'APC 3. Il régule le débit de gaz argon pour la procédure sans contact de coagulation par plasma d'argon (APC). Le dispositif de cryogénie ERBECRYO® 2 commande le débit de gaz CO₂ pour les cryosondes flexibles.

Le poste de travail en pneumologie prend en charge l'utilisation de différents instruments monopolaires et de cryosondes flexibles dans le cadre de la pneumologie interventionnelle.

Cryochirurgie



Débit de gaz en section transversale de la pointe de sonde



Représentation schématisée de la courbe de gel d'une crysonde de 1,7 mm

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA CRYOTECHNIQUE

L'effet de gel du dispositif ERBECRYO® 2 repose sur l'effet Joule-Thomson : la détente (décompression) de certains gaz à température ambiante, comme le dioxyde de carbone, capture l'énergie de l'environnement et le refroidit. La température de gel physique du CO₂ s'abaisse à -78,5 °C.^{4,7} Il s'agit néanmoins d'une valeur théorique qui peut être atténuée par les caractéristiques du système.¹

FONCTIONNEMENT DE LA SONDE

Le dioxyde de carbone s'écoule à haute pression de la bouteille de gaz à la crysonde en passant à travers le dispositif de cryogénie. C'est dans la sonde qu'il est acheminé vers la pointe creuse via un fin tube. Là, le gaz s'échappe à travers une buse dans la pointe de la sonde. En raison de l'importante différence de pression entre le tube à haute pression et l'intérieur de la pointe de la sonde, le gaz se décompresse lors de son expulsion. L'effet Joule-Thomson refroidit très rapidement la pointe de la sonde. En fonction de différents facteurs, tels que la pression gaz dans la bouteille ou la taille de la sonde, il est possible d'atteindre à la pointe de la crysonde flexible des températures allant de -35 °C à -50 °C.¹ Le gaz décomprimé revient au dispositif via la sonde et y est expulsé dans l'environnement.

- 01 **VIO® 3** : le dispositif d'électrochirurgie permet les applications monopolaires, comme la recanalisation de tumeurs et l'hémostase.
- 02 **APC 3** : le module APC permet les applications sans contact comme la recanalisation de tumeurs et l'hémostase.
- 03 **ERBECRYO® 2** : le dispositif de cryogénie permet par exemple la recanalisation de tumeurs, la biopsie, l'extraction de corps étrangers et la dévitalisation.

Effets tissulaires des cryosondes flexibles

En cas d'activation, la pointe de sonde gelée permet la cryo-adhérence et la cryodévitisation



Cryo-adhérence en cas de recanalisation de tumeur

CRYO-ADHÉRENCE

La cryo-adhérence est utilisée dans le cadre de la pneumologie interventionnelle par ex. pour recanaliser des tumeurs², réaliser des biopsies tissulaires³ et extraire des corps étrangers, des caillots de sang et des bouchons muqueux.^{4,5,16,7,30}

L'effet d'adhérence suppose l'existence de liquide entre la pointe de la cryosonde et la cible à extraire (comme un corps étranger, du tissu, un caillot de sang ou un bouchon muqueux). En cas de gel de ce liquide par refroidissement de la pointe de la sonde, la pointe est alors liée au tissu cible par l'intermédiaire des cristaux de glace nouvellement formés.

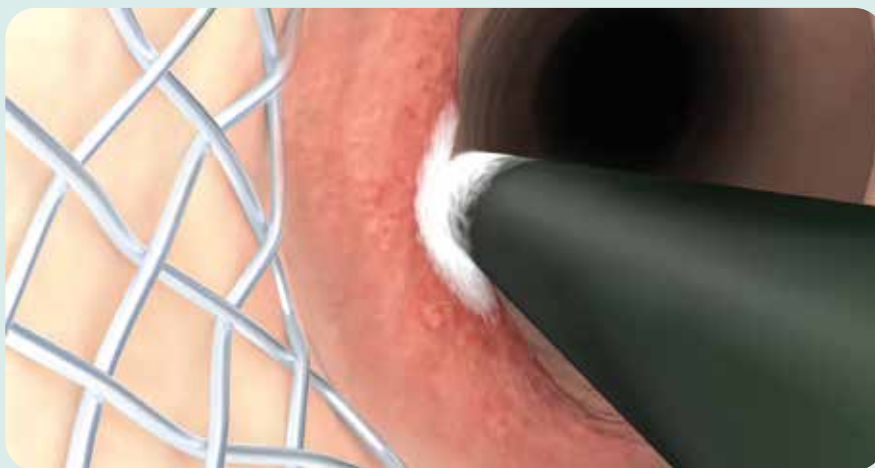
La taille de la zone de gel a directement un effet sur la taille des échantillons de tissu prélevés. Elle dépend des facteurs suivants :

1. **Temps de gel** : plus la procédure de gel dure, plus la zone de gel s'étend dans le tissu cible ou le corps étranger à extraire. La zone de gel se propage rapidement au cours des cinq premières secondes, puis son extension ralentit. À partir d'environ dix secondes, la zone de gel ne progresse plus que très lentement car il se produit un équilibre thermique engendré par l'évacuation de la chaleur et l'isolation de l'espace gelé.⁶
2. **Surface de contact** : le diamètre de la sonde influence largement le résultat de gel. Plus la surface de la tête de cryosonde active est grande et plus le résultat de gel par période de temps est supérieur.⁴³

3. **Humidité** : l'humidité est nécessaire à la liaison entre la cryosonde et le tissu cible. L'effet cryogénique peut être altéré en cas d'humidité insuffisante.⁴³

4. **Propriétés du tissu et du corps étranger** : les propriétés du tissu et du corps étranger influencent l'effet cryogénique. Les matériaux organiques, contenant de l'eau et souples comme les tissus ou les denrées alimentaires adhèrent généralement mieux que les matériaux durs, lisses et anorganiques, comme le plastique ou le métal.⁷

5. **Pression dans la bouteille et température ambiante** : la température ambiante influence directement la pression dans la bouteille car la température du dioxyde de carbone liquide est directement corrélée à sa pression d'évaporation. Si cette dernière est trop élevée, le dispositif de cryogénie ERBECRYO® 2 peut compenser jusqu'à 75 bar. La pression régnant dans la bouteille de gaz influence l'effet de gel. Si cette dernière est trop faible, le dispositif ERBECRYO® 2 ne peut pas la compenser et perd alors en puissance de gel. Cette perturbation est signalé à l'utilisateur par le dispositif ERBECRYO® 2.



Cryodévitisation

CRYODÉVITALISATION

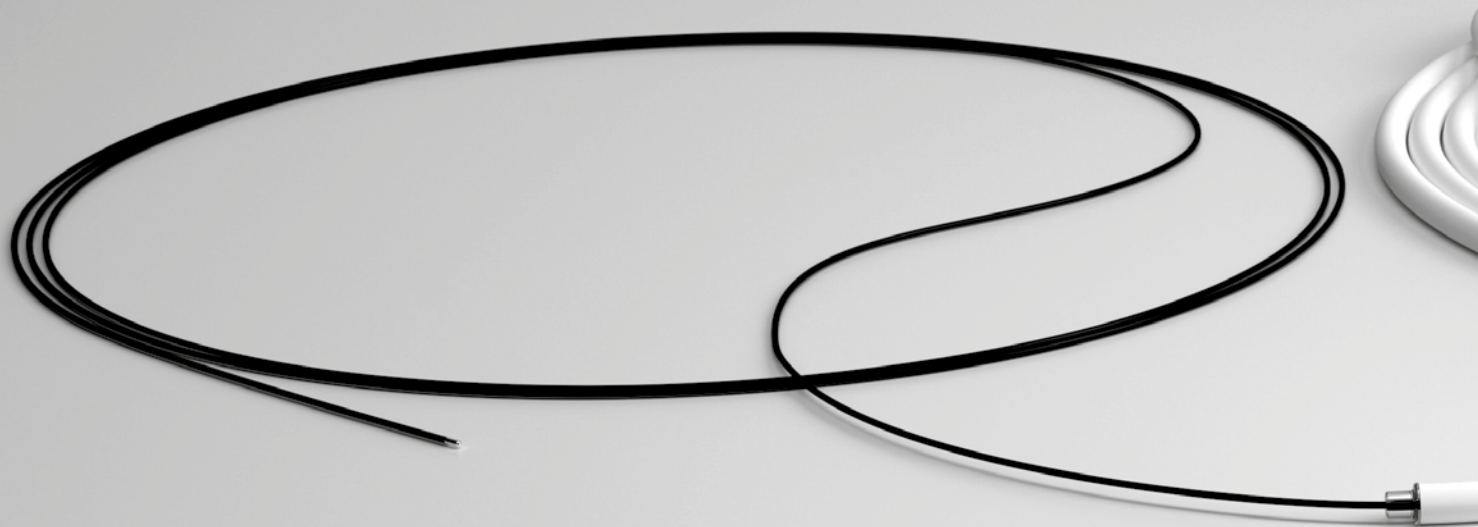
Des cryosondes sont utilisées dans le cadre de la pneumologie interventionnelle pour geler les tissus de manière ciblée et les dévitaliser. Le froid cristallise le liquide intra- et extracellulaire. La formation de cristaux et la recristallisation lors du dégel détruisent les parois cellulaires et permettent ainsi la dévitalisation tissulaire.

Les facteurs suivants influencent l'efficacité de la cryodévitisation de tissus :

1. **Température de gel minimale** : une éventuelle dévitalisation démarre à partir de 10 °C dans différents tissus. Des températures inférieures à -35 °C suffisent pour la dévitalisation efficace de la plupart des types de tumeur.⁸
2. **Vitesse de refroidissement** : plus le refroidissement est rapide et plus la formation intracellulaire de cristaux et donc la dévitalisation est efficace. À partir de -10 à -50 °C, la formation intracellulaire de cristaux de glace est favorisée, ce qui contribue à la dévitalisation cellulaire.⁸ La vitesse de refroidissement des cryosondes flexibles s'élève à plus de -1500 °C/min⁶ et est donc plus que suffisante.
3. **Répétition des cycles de gel et dégel** : plusieurs cycles de gel et dégel au même endroit contribuent à une dévitalisation efficace. Des études ont démontré qu'une dévitalisation intégrale du tissu tumoral est favorisée à partir de deux cycles.⁸
4. **Durée de gel** : des études démontrent que 20 secondes d'application suffisent pour détruire des cellules par la formation intracellulaire de cristaux de glace. En pneumologie, on utilise entre 20 secondes et 3 minutes.^{9,10,11}
5. **Vitesse de dégel** : le lent dégel du tissu biologique entraîne une recristallisation extracellulaire ainsi qu'une modification de la concentration physiologique extra- et intracellulaire de solution saline qui contribuent à la lyse cellulaire osmotique. On recommande donc une phase de dégel la plus lente possible, par exemple par dégel passif.⁸

Cryosondes flexibles

Les cryosondes flexibles peuvent être utilisées pour différentes applications cliniques, notamment pour dévitaliser des tissus et extraire des corps étrangers, des bouchons muqueux, des caillots sanguins, des tissus nécrotiques, des tumeurs tissulaires (recanalisation) et prélever des échantillons de tissu.¹²



Les cryosondes à usage unique sont disponibles avec un diamètre de 1,1 et 1,7 ainsi que 2,4 mm.

Tous les types de sonde sont utilisables aussi bien dans la région pulmonaire centrale que périphérique.

01 1,1 mm 02 1,7 mm 03 2,4 mm

L'ensemble des trois sondes sont utilisables avec des bronchoscopes de taille correspondante et les sondes de 1,1 et 1,7 mm sont compatibles avec des cathéters de navigation de différents fabricants.

Découvrez ici les dernières vidéos d'application et les nouveautés sur la cryochirurgie flexible.



Scannez le code QR ou tapez simplement : cryo.erbe-med.com



La cryosonde de 1,1 mm permet par ailleurs l'extraction de matériel biopsié à travers le canal de travail d'un bronchoscope, de manière similaire à une pince flexible. Le tube d'extraction utilisé à cet effet protège le matériel biopsié et le bronchoscope.¹²

Par ailleurs, la sonde est compatible avec des bronchoscopes affichant un canal de travail de 1,2 mm et permet des biopsies à travers différents cathéters de navigation.



Les cryosondes flexibles permettent de nombreuses applications de pneumologie interventionnelle. Elles sont généralement utilisées pour les cryoextractions / résections de tumeurs, la biopsie ou l'extraction de corps étranger, de caillot de sang et de bouchon muqueux ainsi que pour la cryodévitilisation. La cryoextraction nécessite d'utiliser les cryosondes flexibles plus grandes (ø 1,7 ; 1,9 ; 2,4 mm) avec le bronchoscope ou le cathéter de guidage. Cela est dû au fait que l'échantillon de tissu ou les corps étrangers sont trop importants pour le canal de travail du bronchoscope ou du système de guidage.³

La cryosonde de seulement 1,1 mm d'épaisseur avec tube d'extraction permet en revanche une biopsie à travers le canal de travail d'un bronchoscope thérapeutique affichant un canal de travail de 2,8 mm.

Prélèvement d'échantillons biopsiques

La cryo-adhérence au moyen des cryosondes flexibles permet l'extraction de matériel biopsié à partir de régions pulmonaires centrales et périphériques.¹⁶



Cryobiopsie endobronchique

CRYOBIOPSIES ENDOBRONCHIQUES

Les cryobiopsies endobronchiques sont une procédure de biopsie reconnue et établie dans le cadre de la bronchoscopie interventionnelle et sont évoquées dans différentes directives. La procédure s'est avérée être efficace et sûre dans le cadre d'études.¹⁶

Diagnostics décrits

Les indications bénignes et malignes suivantes sont décrites pour la biopsie endobronchique au moyen de cryosondes flexibles :^{17,18}

- ☑ Cancer du poumon
- ☑ Métastase d'adénocarcinome du côlon
- ☑ Sarcome
- ☑ Lymphome
- ☑ Carcinome épidermoïde
- ☑ Carcinome muco-épidermoïde
- ☑ Métastase de carcinome à cellules rénales
- ☑ Tuberculose endobronchique
- ☑ Granulome non tuberculeux
- ☑ Léiomyome
- ☑ Chondrome
- ☑ Carcinoïde
- ☑ Carcinome à cellules claires
- ☑ Adénocarcinome kystique
- ☑ Adénocarcinome

Applications

Technique

Une cryobiopsie endobronchique nécessite l'application de la pointe de la crysonde sur le tissu cible du système bronchique. Une fois la durée de gel souhaitée atteinte, la crysonde est brusquement retirée avec le bronchoscope. Le matériel biopsié se détache et peut être retiré avec la sonde et le bronchoscope. Les durées de gel décrites varient de 2 à 5 secondes.^{3,19}

Importante remarque technique :

Le processus de gel est interrompu avec le dispositif ERBECRYO® 2 dès que l'activation est stoppée au moyen de la pédale. Il est donc important de maintenir l'activation du dispositif ERBECRYO® 2 jusqu'à l'extraction du matériel biopsié hors du patient.

Suite au dégel de la pointe de crysonde, le matériel biopsié est décollé avec précaution par ex. dans de la solution saline physiologique. Puis, la crysonde peut être retirée du canal de travail et être repositionnée sur le site d'intervention.

Le processus de gel peut être suivi et contrôlé visuellement dans les voies respiratoires centrales.³

Résultats cliniques

La cryobiopsie est souvent évaluée en comparaison avec la biopsie à la pince mécanique. Dans les études analysées, la cryobiopsie est supérieure à la biopsie à la pince.¹⁶

Cette supériorité se reflète dans la valeur diagnostique. Tandis que la valeur de biopsies endobronchiques à la pince varie entre 59,9 % et 85,1 %, elle s'étend de 81,4 % à 100 % en cas de cryobiopsies endobronchiques.¹⁶

Cette supériorité s'explique avant tout par :^{3,16}

- ☑ Matériel biopsié de grande taille
- ☑ Pas ou peu d'artéfacts dus à l'écrasement
- ☑ Applications tangentielles¹⁶



Cryobiopsie endobronchique à travers le tube d'extraction

Sécurité

Les hémorragies représentent les complications décrites dans le cadre de cryobiopsies endobronchiques. Les taux d'hémorragie sévère dans le cadre de cryobiopsies varient de 0,3 % à 18,2 %¹⁶, sans différence significative pour les hémorragies sévères par rapport aux biopsies par pince. En ce qui concerne les hémorragies légères à moyennes, leur taux est supérieur à celui des biopsies par pince en cas de cryobiopsies endobronchiques.³

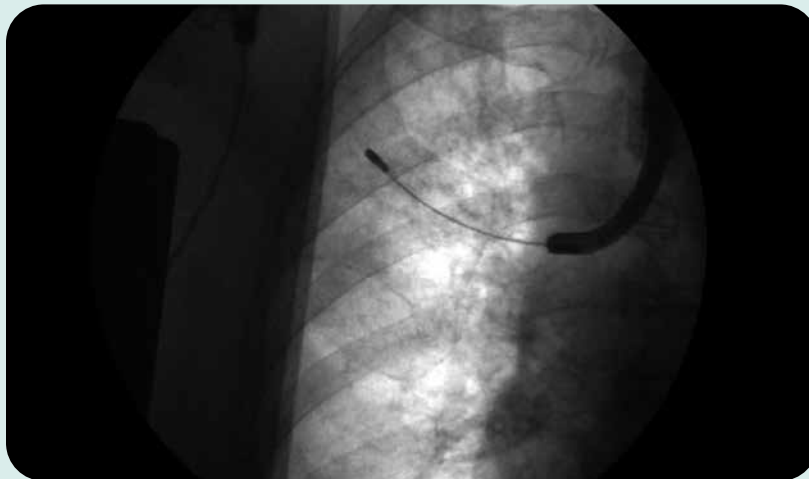
La crysonde avec tube d'extraction contribue à la sécurité d'application. Ce système permet de procéder à des biopsies à travers le canal de travail d'un bronchoscope tout en laissant ce dernier au niveau de la zone cible. L'opérateur du bronchoscope garde donc le contrôle visuel du champ opératoire pendant l'application.²⁰



La valeur de cryobiopsies endobronchiques s'élève entre ¹⁶

81,4 et 100 %

Applications



Cryobiopsie transbronchique sous contrôle radiologique

CRYOBIOPSIES TRANSBRONCHIQUES

À l'instar des cryobiopsies endobronchiques, les cryobiopsies transbronchiques sont aujourd'hui une procédure de diagnostic connue. Plus de 160 publications sur ce sujet (état en novembre 2018) reflètent l'importante activité scientifique autour de cette application. Les cryobiopsies transbronchiques sont principalement utilisées pour diagnostiquer des pneumopathies interstitielles et des lésions périphériques.¹⁶

Technique

Les cryobiopsies transbronchiques dans la périphérie pulmonaire sont décrites de différentes manières. L'approche décrite ici se fonde sur l'article de Hetzel et al. 2018²¹ : « *Transbronchial Cryobiopsies for the Diagnosis of Diffuse Parenchymal Lung Diseases: Expert Statement from the Cryobiopsy Working Group on Safety and Utility and a Call for Standardization of the Procedure* ».

Dans cette publication, Hetzel et al. recommande de procéder à des cryobiopsies transbronchiques chez des patients intubés sous anesthésie totale ou sédation profonde, une respiration spontanée et une ventilation par jet étant possibles.

La cryosonde doit être positionnée aussi près que possible de la plèvre viscérale en veillant toutefois à respecter un écart d'un centimètre car une proximité excessive peut augmenter le risque de pneumothorax. Il convient d'éviter toute cryobiopsie transbronchique dans le tiers moyen du poumon car le risque d'hémorragie en présence de vaisseaux sanguins de taille moyenne et non protégés peut être élevé. Afin d'obtenir le meilleur positionnement possible, il est donc recommandé de réaliser la biopsie sous contrôle radiologique en faisant avancer la cryosonde avec précaution jusqu'à la plèvre viscérale avant de le retirer d'un centimètre.

Il est recommandé de travailler avec un bronchoscope thérapeutique afin de disposer du plus de capacité d'aspiration possible en cas d'hémorragie. Par ailleurs, cela permet un positionnement plus prudent de la cryosonde car la résistance dans le bronchoscope est faible.

Des sondes de 1,9 mm ainsi que de 2,4 mm d'épaisseur sont utilisées pour l'intervention. La durée de gel doit être adaptée de manière individuelle en fonction de différentes variables et est néanmoins indiquée comme suit pour l'utilisation avec du dioxyde de carbone : 1,9 mm, 7 secondes ; 2,4 mm, 5 secondes.

Aucune recommandation précise n'est émise sur le nombre optimal de biopsies dans le diagnostic de la PPI, mais on rapporte généralement un nombre de 3 à 5 biopsies dans la plupart des études. Il est par ailleurs rapporté que la valeur diagnostique de la maladie parenchymateuse diffuse peut être améliorée par le prélèvement de matériel à partir de différents segments.

Afin d'améliorer la sécurité de l'application, les auteurs recommandent l'usage prophylactique d'un cathéter de Fogarty dans le segment de la biopsie. Et ce tout particulièrement en cas d'intubation flexible, car il risque dans certains cas de ne pas être possible d'effectuer un tamponnement suffisamment rapide.

Un contrôle radiologique est par ailleurs recommandé suite à l'examen afin de déterminer la présence d'un éventuel pneumothorax.²¹



La valeur de cryobiopsies transbronchiques en cas de FPI atteignait ²²

80 %

Résultats cliniques

Des études démontrent que les cryobiopsies transbronchiques sont plus importantes et de meilleure qualité que les biopsies transbronchiques à la pince. Cette supériorité a aussi bien été constatée pour les pneumopathies interstitielles que pour les biopsies périphériques dans le cadre du diagnostic de lésions pulmonaires.¹⁶

Le diagnostic de pneumopathologies interstitielles est l'application la plus souvent décrite de cryobiopsies transbronchiques. Dans les études analysées par Hetzel et al., la valeur diagnostique pour la maladie parenchymateuse diffuse s'élève de 50,6 % à 100 %.²¹ En comparaison, la valeur diagnostique de biopsies à la pince dans les études analysées atteint 25 % à 65 %.

Dans la directive de l'ATS publiée en 2018, les auteurs décrivent un taux diagnostique de 36,1 % pour les biopsies à la pince dans le cadre du diagnostic de fibroses pulmonaires interstitielles. La valeur des cryobiopsies transbronchiques s'élevaient à 80 %, les biopsies chirurgicales ayant pu être évitées dans 80 % des cas selon les auteurs. En comparaison avec la biopsie chirurgicale, les auteurs attestent que la cryobiopsie présente un plus faible taux d'infections respiratoires et une tendance à un taux de mortalité procédurale inférieur.²²

La cryobiopsie, au même titre que la biopsie à la pince, n'est ni recommandée ni rejetée pour le diagnostic de la FPI. Raghu et al. fixent la valeur (diagnostic définitif) de biopsies pulmonaires chirurgicales à 89 % chez les patients atteints de PPI.²²

Sécurité

Les complications décrites dans le cadre de cryobiopsies transbronchiques sont le pneumothorax et les hémorragies.

La probabilité de survenue varie fortement et est indiquée par Hetzel et al. 2018²¹ en ce qui concerne le pneumothorax, les fortes hémorragies et la mortalité : le pneumothorax est survenu dans les données analysées dans 0 à 26 % des cas.²¹

D'autres analyses font état d'une moyenne de 13,4 %.²²

Casoni et al. décrivent un taux de pneumothorax de 28 %. Les auteurs expliquent cette situation par le groupe de patients et le délai d'apprentissage.²³ Les taux de fortes hémorragies varient parmi plusieurs études analysées de 0,7 %²² à 4,3 % (48/1130).²¹ Le taux de mortalité lié à l'application atteignait 0,2 % selon [Raghu et al. (1/427)/ Hetzel et al. (1/513)].^{21, 22}

Par ailleurs, Raghu et al. font état d'infections dans 0,7 % des cas examinés.²²

Comme pour la biopsie chirurgicale et la biopsie à la pince, Raghu et al. ne recommandent aucune cryobiopsie transbronchique pour le diagnostic de patients chez lesquels on prévoit une fibrose pulmonaire idiopathique en présence d'une TDM à haute résolution affichant un aspect de PIC.²²

La cryobiopsie transbronchique est de manière générale considérée comme une procédure sûre et efficace.¹⁶

Applications



Cryorecanalisation d'une tumeur exophytique

CRYORECANALISATION DE TUMEURS EXOPHYTIQUES

La cryo-adhérence est utilisée dans le cadre de la cryorecanalisation pour geler le tissu cible, le faire adhérer à la cryosonde flexible et ensuite l'extraire avec le bronchoscope. Des études à ce sujet décrivent la recanalisation aussi bien pour les tumeurs bénignes que pour les tumeurs malignes.¹⁶ La cryorecanalisation est indiquée en cas de sténoses endoluminales à croissance exophytique ou de sténoses à croissance mixte, une combinaison avec des stents pouvant ici s'avérer utile.²

Technique

La cryorecanalisation est aussi bien décrite avec une intubation rigide que flexible.

Schumann et al. ont décrit en 2010 l'approche suivante pour la cryorecanalisation :²

1. Insérer la cryosonde dans le bronchoscope flexible ou rigide
2. Poser la pointe de la sonde sur la tumeur ou l'enfoncer dedans avec précaution
3. Démarrer la procédure de gel et la poursuivre pendant 3 à 5 secondes
4. Retirer brusquement le bronchoscope avec la cryosonde et la tumeur ou une partie de cette dernière
5. Dégel de la pointe de cryosonde avec le tissu extrait
6. Répéter l'application jusqu'au retrait de la tumeur exophytique et à la réouverture des bronches
7. Il est possible de poser un stent ou d'avoir recours à l'APC pour l'hémostase

Une courbe d'apprentissage améliore le taux de réussite.²

Résultats cliniques

Le taux de recanalisation réussie de tumeurs malignes atteint jusqu'à 91,1 %², d'autres études font état de 72,5 % et de 83 %.^{16,24,25}

Les interventions réalisées en vue de la recanalisation sont considérées comme positives pour les applications sanctionnées par une réussite thérapeutique immédiate en une session.¹⁶

Les tumeurs recanalisées regroupent les adénocarcinomes, les carcinomes adénokystiques, les carcinomes épidermoïdes, les carcinomes non à petites cellules, les carcinomes à petites cellules, les métastases bronchiques d'un carcinome cervical, les métastases d'un carcinome à cellules rénales, les métastases d'un cancer colo-rectal, les carcinoïdes bronchiques et les lymphomes malins.^{2,24,25}

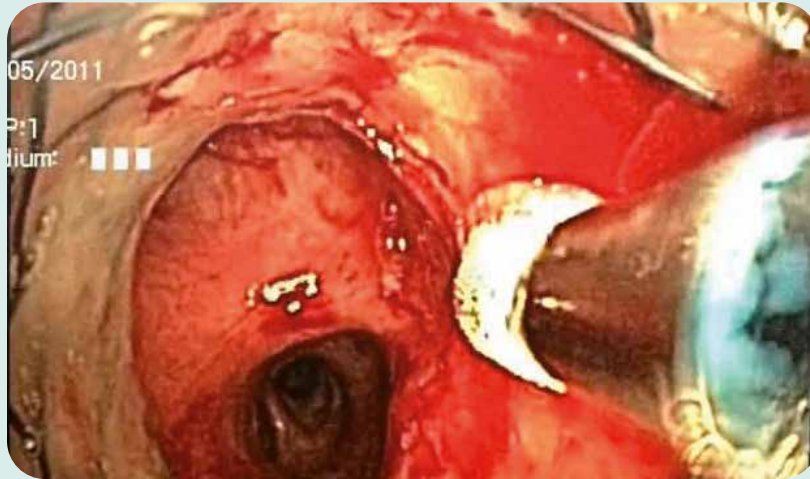
Sécurité

Parmi les complications, on retrouve les hémorragies qui peuvent être traitées de manière conservatrice ou au moyen de la coagulation par plasma d'argon.¹⁶ Les taux d'hémorragie atteignent 12 %, 4 % d'hémorragies légères et 8 % d'hémorragies modérées. Les auteurs font par ailleurs état d'une perforation de la pars membranacea qui a pu être contrôlée par l'administration d'antibiotiques.¹⁶

Hetzel et al. recommandent de mettre à disposition une intubation rigide afin de parer à l'éventualité d'une hémorragie.

D'après Yilmaz et al., le taux d'ionisation résiduel atteint 12,8 %.²⁴

Un des principaux avantages par rapport à d'autres procédures, telles que le laser, réside dans l'absence de réduction de l'apport d'oxygène et donc la prévention du risque d'hypoxie permis par la cryorecanalisation.²⁴



Cryodévitilisation à proximité d'un stent

CRYODÉVITALISATION

James Arnott (1797-1883) est le premier à avoir réussi les premières cryodévitilisations au XIX^{ème} siècle à l'aide de glace et de sel. La cryodévitilisation a depuis cette époque été encore développée et est désormais largement utilisée pour différentes indications médicales.⁸

Les cryosondes flexibles conviennent à la dévitilisation tissulaire de tumeurs pulmonaires. Contrairement à l'APC, au laser et à l'électrochirurgie, la cryodévitilisation ne présente qu'un faible effet immédiat. Son principal effet n'est constaté que plusieurs heures ou jours après l'intervention.²⁶

La cryodévitilisation présente différents avantages. L'application est aussi sûre en présence de concentrations d'oxygène supérieures à 40 %^{32,27,35,40}, on ne constate qu'une lésion délimitée des parois bronchiques et moins de douleurs surviennent sous anesthésie locale.²⁶

Les tissus cryosensibles regroupent entre autres la peau, les nerfs, l'endothélium, le tissu granulaire et la muqueuse.

Les tissus résistants à la cryogénie regroupent le tissu conjonctif, le tissu fibrotique, les gaines nerveuses, la graisse et le cartilage.^{26,11}

Au vu des proportions cryorésistantes dans les parois bronchiques, le risque de perforation par cryodévitilisation est quasi nul.¹¹

Technique

L'approche décrite par Lee et al. varie du gel d'une minute pour un à trois cycles de gel-dégel jusqu'à deux cycles d'activation de chacun 3 minutes.¹¹ D'autres auteurs décrivent trois cycles de 20 à 60 secondes chacun avec un processus de dégel passif.^{9,10} D'après différentes sources, la cryosensibilité dépend du tissu, ce qui explique pourquoi il convient de définir les paramètres cryospécifiques de l'application en fonction du type de tissu.⁸ Le tissu dévitalisé est expulsé par expectoration quelques jours après l'intervention ou est retiré de manière mécanique dans le cadre d'une bronchoscopie ultérieure, par ex. au moyen d'une pince flexible.^{10,16}

Résultats cliniques

Lee et al. ont réalisé une revue en 2011 afin d'examiner l'innocuité et l'efficacité de la cryothérapie dans le traitement de tumeurs endobronchiques. Au total, 16 publications ont été intégrées à l'évaluation systématique. Les indications traitées comprenaient le cancer du poumon, le carcinoïde, des tumeurs bénignes, des lymphomes et des mélanomes. La plupart des patients traités étaient considérés comme inopérables. Le taux de réussite moyen en cas de recanalisation par cryodévitilisation atteignait 80 %.¹¹

Sécurité

Parmi les complications, on compte les hémorragies, la fièvre, les emphysèmes médiastinaux, le pneumothorax et la fibrillation auriculaire. Ils divergent en fonction de la publication et surviennent dans 11,1 % des cas selon plus de dix études examinées. Le taux de mortalité à 30 jours atteignait en moyenne 7,1 % dans les cinq études. Il est néanmoins rappelé que la plupart des décès ne sont très probablement pas dus à la cryogénie mais plutôt à l'évolution de la maladie. Les taux de récurrence s'étendent de 11,1 % après 2 ans à 28 % après 13 à 45 mois.¹¹

La revue d'ensemble de Lee et al. se termine par la conclusion suivante : la cryothérapie est une méthode de traitement sûre et efficace pour les tumeurs endobronchiques. Les symptômes ainsi que la fonction et la performance pulmonaires de patients atteints d'obstructions endobronchiques peuvent être atténués, tout particulièrement chez les cas inopérables.

Différentes sources tendent à démontrer que la cryodévitilisation ne convient pas aux patients présentant des obstructions mortelles des voies respiratoires en raison de son effet à retard.^{11,27}

Applications



Extraction de mucosités

EXTRACTION DE CORPS ÉTRANGERS, DE CAILLOTS DE SANG ET DE BOUCHONS MUQUEUX

La cryo-adhérence permet de fixer des corps étrangers, des caillots de sang et des bouchons muqueux à la cryosonde par effet de gel et de les extraire avec le bronchoscope.^{16,26,7,28,30} Ici aussi, les matériaux humides peuvent être plus facilement extraits par cryo-adhérence que les matériaux secs.¹⁶ Il peut éventuellement s'avérer ici utile d'humidifier le matériau à extraire afin de renforcer la force d'adhérence.

Technique

L'application pour les corps étrangers, les caillots de sang et les bouchons muqueux est ici comparable à d'autres cryoextractions, comme la biopsie ou la recanalisation. Le prélèvement se fait par cryo-adhérence et extraction du bronchoscope avec la cryosonde et le tissu cible. La durée de gel varie fortement et peut atteindre 3 à 5 secondes pour des corps étrangers.^{4,7} Pour les caillots de sang, des durées de gel prolongées de 10 à 15 secondes sont nécessaires.²⁹

Résultats cliniques

Des examens *ex vivo* ont démontré que la cryoextraction convient à ce qui suit :

- ☑ Matériaux organiques tels que des os de poulet ou des arêtes de poisson
- ☑ Haricots et pois
- ☑ Comprimés
- ☑ Matériaux anorganiques, comme des pinces à cheveux, des agrafes et des trombones⁷

Des publications *in vivo* décrivent l'extraction réussie de :

- ☑ Jouets
- ☑ Dents
- ☑ Chewing-gums.¹⁶

M. Sriratanaviriyakul décrit une extraction réussie dans 84,2 % des cas : 24/26 (92 %) des caillots de sang, 4/6 (66,67 %) des bouchons muqueux, 2/4 (50 %) des corps étrangers et 2/2 (100 %) de bronchite plastique.¹⁶

Sécurité

Des études menées sur l'extraction de corps étrangers à l'aide de cryosondes flexibles chez l'adulte la décrivent comme étant faisable et sûre.¹⁶ La cryoextraction de corps étrangers chez l'enfant donne en revanche lieu à des résultats controversés en raison des taux élevés de complication. Dans l'étude de Zhang et al., ces taux atteignaient 25 % pour les hémorragies et 17 % pour la formation de tissus granulaires dans un groupe de 12 patients. Hammer et al. font référence aux recommandations à l'égard de l'intubation rigide et de l'extraction de corps étrangers chez l'enfant par ATS et ERS et souligne leur importance. Les auteurs concluent que la technique rigide associée à la procédure mécanique est celle qui convient le mieux à l'extraction de corps étrangers chez l'enfant.³¹



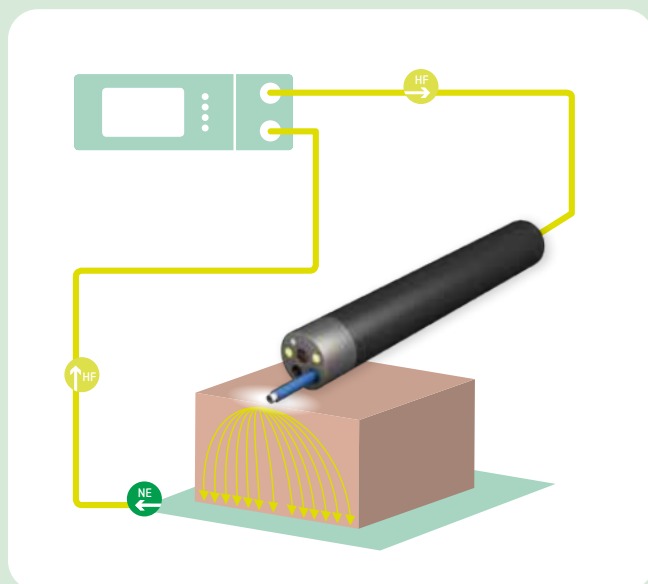


L'électrochirurgie est indiquée dans la pneumologie interventionnelle pour le traitement palliatif de tumeurs malignes des voies respiratoires ou le traitement d'obstructions bénignes des voies respiratoires.²⁶

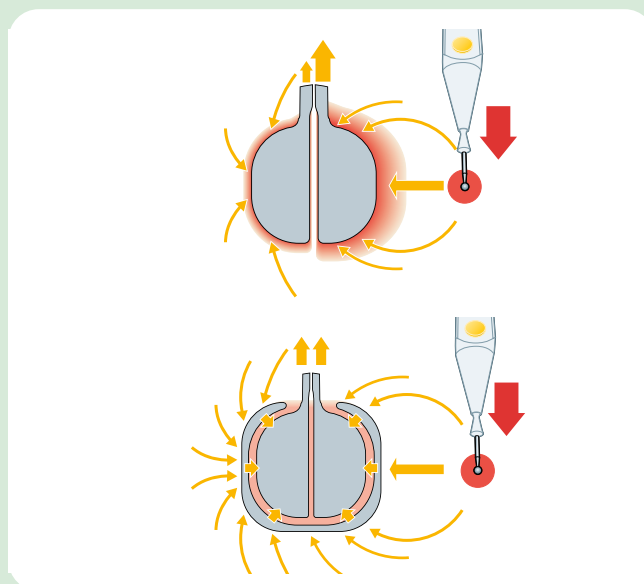
L'usage de cautères électriques en bronchoscopie a pour la première fois été décrit par Gilfoy en 1932.³² Suite au développement de la technologie monopolaire flexible, l'électrochirurgie est toujours plus discutée en matière de pneumologie interventionnelle depuis les années 1980. L'intérêt croissant peut aussi être dû à une bonne disponibilité et aux coûts relativement faibles.²⁶

Le présent chapitre décrit les procédures par contact nécessitant un contact direct de l'élément d'application avec le tissu cible. La procédure électrochirurgicale sans contact de coagulation par plasma d'argon (APC) est décrite en détail au chapitre suivant.

Électrochirurgie



Circuit du courant pour l'électrochirurgie monopolaire



↑ L'électrode neutre conventionnelle n'est pas correctement appliquée ; la densité de courant sur le bord dirigé vers le champ opératoire est élevée

↓ Répartition du courant sans échauffement partiel avec Erbe NESSY® Ω, qui peut être positionnée indépendamment de la direction du champ opératoire

Technique électrochirurgicale

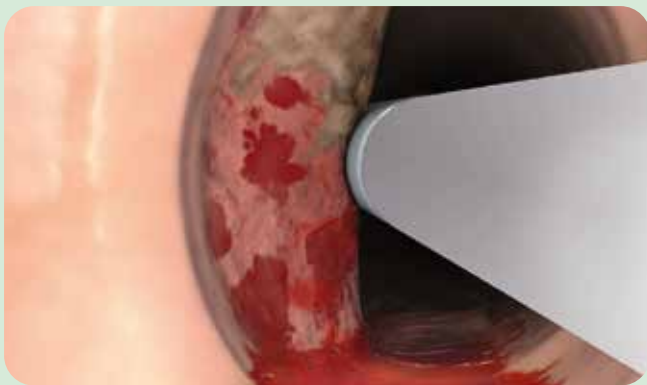
TECHNIQUE MONOPOLAIRE

La technique monopolaire consiste à faire circuler du courant (I_{HF}) en circuit fermé. Il circule donc du générateur à l'instrument, passe dans le corps du patient jusqu'à l'électrode neutre (EN) d'où il repart jusqu'au générateur. L'effet tissulaire est obtenu au niveau du point de contact de l'instrument monopolaire avec le tissu cible. Ce très petit point de contact entraîne une très haute concentration de la densité du courant qui à son tour permet de générer l'effet tissulaire souhaité. Il est ainsi possible d'obtenir une coupe ou une coagulation en fonction du réglage réalisé sur le générateur. La deuxième électrode, l'électrode neutre (EN) de grande surface, est appliquée à un endroit approprié sur la peau du patient, de manière à dévier le courant. Le réchauffement au niveau de la surface importante de l'électrode neutre n'est pas critique du fait de la faible densité de courant.

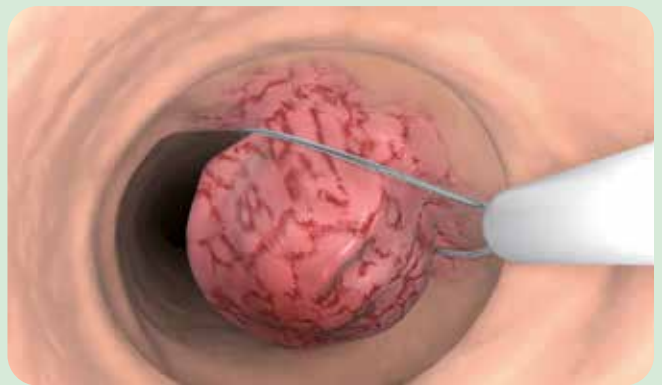
L'électrochirurgie monopolaire peut être utilisée en cas de maladies malignes ou bénignes.³³

Effets tissulaires de l'électrochirurgie

Les deux effets tissulaires électrochirurgicaux de la technique monopolaire sont la coupe et la coagulation. Ces désignations sont standardisées au niveau international et sont utilisées de manière uniforme avec les dispositifs d'électrochirurgie disponibles. La coupe est symbolisée par des éléments d'activation de couleur jaune (comme la pédale) et la coagulation correspond à la couleur bleue.



Coagulation



Coupe

COAGULATION

Le courant de coagulation permet d'arrêter des saignements, de dévitaliser des tissus et de recanaliser des tumeurs.

La transformation de l'énergie électrique dans les tissus produit de la chaleur. À partir d'une température de 50 °C à 60 °C, les dommages causés aux cellules sont irréversibles. La dénaturation des protéines et l'échauffement du tissu conjonctif provoquent un effet de rétrécissement encore renforcé par l'assèchement du tissu et l'évaporation des liquides tissulaires.³³

Différents effets tissulaires sont obtenus en fonction du réglage sur le générateur.

COUPE

Les modes de coupe nécessitent des températures de 100 °C et plus. Le liquide intracellulaire et extracellulaire s'évapore si rapidement que les membranes ainsi que les structures cellulaires se déchirent et le tissu est ainsi sectionné ou coupé.³⁴ À partir d'une tension de 200 V, des étincelles se forment entre l'électrode et le tissu et la coupe électrique peut alors avoir lieu sans résistance importante du tissu. Il est possible d'utiliser des courants de coupe aux propriétés différentes en fonction du réglage sur le générateur. Consultez aussi le chapitre modes électrochirurgicaux à ce sujet.



Conformément aux normes internationales, la couleur jaune désigne la coupe et la couleur bleue la coagulation.

L'échauffement du tissu par le courant électrique permet d'obtenir différents effets tissulaires en fonction de la température atteinte.

EFFET DE L'ÉCHAUFFEMENT SUR LES TISSUS BIOLOGIQUES

aucun

37–40 °C

Hyperthermie

Détérioration naissante des tissus, développement d'un œdème ; selon la durée d'application, le tissu peut se reconstituer ou se nécroser (dévitalisation)

à partir d'env.
40 °C

Dévitalisation

des cellules, réduction du tissu conjonctif par dénaturation associée à une hémostase simultanée

à partir d'env.
60 °C

Coagulation/Dessiccation

Transformation du liquide tissulaire en vapeur en fonction de la vitesse de vaporisation :

→ Réduction tissulaire et réduction de tumeur par dessiccation (dessèchement)

ou

→ Coupe provoquée par la déchirure mécanique du tissu

~ 100 °C

Carbonisation

Le tissu se calcine et prend une teinte noire

à partir d'env. 150 °C

Vaporisation

Le tissu est vaporisé par le très important dégagement de chaleur

à partir d'env. 300 °C

Modes électrochirurgicaux de coupe et de coagulation

Différents modes électrochirurgicaux sont disponibles pour les instruments monopolaires flexibles de pneumologie interventionnelle. Nous décrivons dans ce qui suit les modes pertinents pour la pneumologie interventionnelle avec notre dispositif d'électrochirurgie VIO® 3.

Mode de coupe endoCUT®

Le mode de coupe endoCUT® fractionne la section par intervalles de coagulation et de coupe. Le tissu est ainsi coagulé à chaque coupe et après chaque section. Les cycles de coupe et de coagulation peuvent être adaptés individuellement pour minimiser les saignements lors de coupes bronchoscopiques.

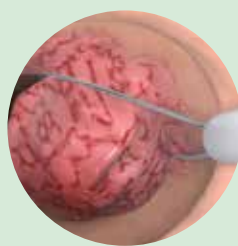
Réglages possibles avec les modes endoCUT® :

Effet : le niveau de l'effet régule la coagulation entre les cycles de coupe. Des effets supérieurs (comme l'effet 3) permettent donc une plus forte coagulation que les effets plus faibles, comme l'effet 1..

Durée de coupe : la durée de coupe définit la longueur de coupe réalisée à chaque cycle de coupe. Une durée de coupe réglée à 3 permet d'obtenir une coupe plus longue qu'une durée de coupe réglée à 1.

Intervalle entre coupes : l'intervalle entre coupes régule la fréquence des coupes par période de temps. Plus le réglage de l'intervalle est élevé et plus la coupe a lieu souvent par période de temps.

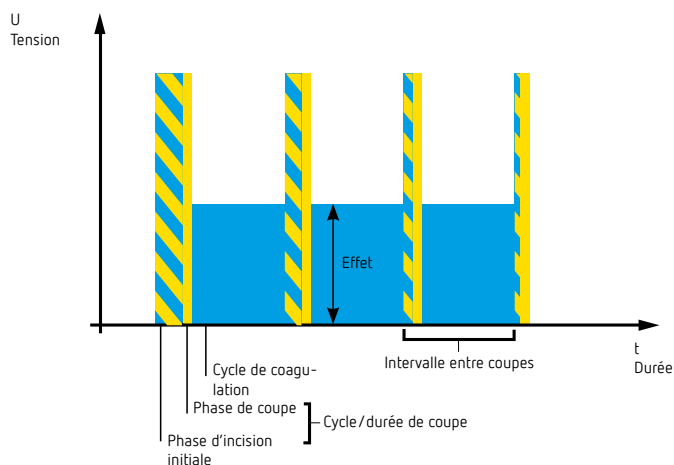
endoCUT® Q



endoCUT® Q convient aussi bien à une utilisation avec des anses flexibles qu'avec des bistouris-aiguilles flexibles. Le mode se caractérise par une tension élevée permettant de générer une hémostase la plus importante possible en coupe.⁴² Il convient donc aux applications pour lesquelles une hémostase maximale est requise.

endoCUT® I

Le fonctionnement de l'endoCUT® I est comparable avec celui de l'endoCUT® Q, l'endoCUT® I présente néanmoins une tension légèrement plus faible et donc une hémostase légèrement inférieure.⁴² Il est ainsi possible d'obtenir une coupe impliquant une plus faible lésion tissulaire latérale.



Tracé de coupe avec endoCUT® Q avec effet, durée de coupe et intervalle entre coupes

Modes de coagulation

Des modes de coagulation sont utilisés avec des pinces monopolaires ou des sondes de coagulation. À l'instar des modes de coupe, ils exigent un contact direct de l'élément d'application avec le tissu cible. Il en résulte un nettoyage nécessaire plus importants ainsi qu'une éventuelle perte d'efficacité en cas d'hémorragies.³² Les procédures sans contact comme l'APC ont pour avantage de n'entraîner aucun collage ni adhérence de l'instrument sur le tissu cible.

softCOAG®



softCOAG® convient à la coagulation de petites hémorragies avec une durée d'application maximale de 1 à 2 secondes. Le mode est par ailleurs utilisé pour le traitement de sténoses des voies respiratoires. softCOAG® permet une coagulation lente et en profondeur ainsi qu'une dévitalisation sans carbonisation du tissu ni formation d'étincelles. Tout collage de l'instrument est réduit.

La fonction d'arrêt automatique activable permet l'interruption automatique, dès qu'une coagulation et une dessiccation ont pu être obtenues.⁴²

forcedCOAG®



forcedCOAG® convient par exemple à la réduction de tumeurs exophytiques.

Ce mode est utilisé pour une coagulation standard rapide et efficace avec une profondeur de pénétration moyenne. La formation d'étincelles peut néanmoins renforcer l'apparition d'effets d'adhérence.

Différence entre softCOAG® et forcedCOAG®

softCOAG® et forcedCOAG® se distinguent par leurs effets tissulaires. Le mode softCOAG® implique une lente coagulation associée à un effet en profondeur plus important et de faibles propriétés de dessiccation. Avec le mode forcedCOAG®, c'est l'inverse : une coagulation rapide est accompagnée de bonnes propriétés de dessiccation mais d'un effet en profondeur réduit.

La procédure sans contact de coagulation par plasma d'argon convient à titre alternatif au mode forcedCOAG® et présente une plus faible profondeur de pénétration. Il est ainsi possible d'éviter les effets d'adhérence.



Caractéristiques des modes COAG

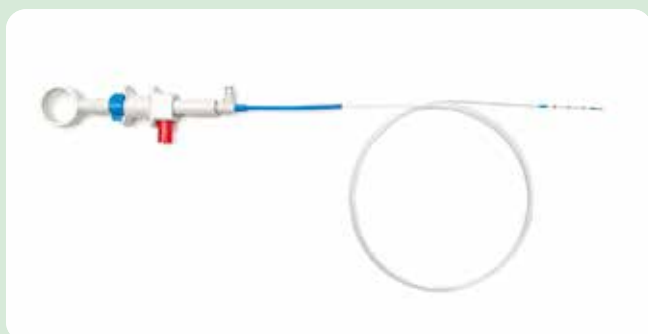
Instruments électro-chirurgicaux flexibles



Anse à polypectomie, © medwork



Pince monopolaire



Bistouri-aiguille

ANSE

La résection électrochirurgicale à l'aide d'une anse convient aux lésions exophytiques pédiculées.³⁵ L'effet coagulant par section du mode endoCUT® Q est utile à cette application. Le tissu réséqué peut faire l'objet d'une analyse histologique.

BISTOURI-AIGUILLE

Le bistouri-aiguille convient par exemple à la découpe de webs-like œsophagiens fibrotiques bénins.^{35,44} La coupe fractionnée au moyen du mode endoCUT® est idéale avec cet instrument.

PINCE MONOPOLAIRE

La pince monopolaire permet par exemple de coaguler des hémorragies à l'aide des modes softCOAG® ou forcedCOAG®.

Il est aussi possible de réaliser une « hot biopsy » (biopsie à chaud) : le tissu est réséqué grâce au courant de coagulation afin de prévenir la survenue d'hémorragie.³⁵

SONDES DE COAGULATION

Des sondes de coagulation flexibles conviennent à la coagulation par contact avec les modes softCOAG® et forcedCOAG®. La profondeur de pénétration et la vitesse de coagulation peuvent être ajustées en fonction du mode choisi.



Applications électrochirurgicales en pneumologie

Des instruments monopolaires flexibles permettent la recanalisation de tumeurs et l'hémostase par électrochirurgie.

RECANALISATION DE TUMEUR

L'électrochirurgie est indiquée dans le traitement de tumeurs endobronchiques malignes ou bénignes ou de sténoses post-intubation.²⁷ L'« électrochirurgie » sert ici de terme générique à l'utilisation d'instruments monopolaires.

Comparée à la cryodévitalisation, la thérapie photodynamique ou la brachythérapie, l'électrochirurgie permet un effet immédiat avec lequel il est possible de réouvrir la voie respiratoire.³⁶ L'électrochirurgie est en revanche contre-indiquée en cas de compression extrinsèque de la voie respiratoire.²⁶

Anse

L'utilisation d'une anse monopolaire convient tout particulièrement aux tumeurs pédiculées. Une fois l'anse posée autour de la tumeur, cette dernière peut être réséquée de la base par l'application d'un courant de coagulation.^{32,33} Il convient de ne pas fermer rapidement l'anse lors de la résection afin de prévenir une résection purement mécanique sans coagulation.³³ En cas d'hémorragies, il est possible de provoquer une hémostase à l'aide de l'anse et d'un mode de coagulation.³⁵ La majeure partie du tissu peut être réséqué sans détérioration et être ensuite utilisé à des fins d'examen pathologique.³²

Bistouri-aiguille

Les modes de coupe, comme endoCUT®, qui offre une coagulation supplémentaire, conviennent au bistouri-aiguille monopolaire. Son utilisation est décrite dans le traitement de sténoses réticulaires qui obturent les voies respiratoires de manière circonférentielle. Le bistouri-aiguilles permet d'ouvrir ces sténoses avant de les dilater avec un ballonnet.^{35,44} En cas d'utilisation d'un bistouri-aiguille, il convient de travailler avec prudence car il existe un risque de perforation des parois bronchiques et de lésions cartilagineuses.³⁵ Le mode endoCUT® permet ici une approche progressive associée à une activation d'une seule touche et avec un courant de coagulation entre chaque coupe. Les réglages du mode endoCUT® I utilisés par Amat et al. étaient les suivants : effet 1, durée de coupe 3, intervalle entre coupes 3.

Sonde de coagulation ou pince monopolaire

Les sténoses des voies respiratoires peuvent par exemple être dévitalisées au moyen de sondes de coagulation ou de pinces monopolaires.³⁵ Suite au contact avec la sonde de coagulation ou la pince monopolaire, un courant de coagulation Soft est appliqué. Tremblay et al. décrivent les avantages de la fonction d'arrêt automatique qui affiche la réussite de la coagulation. Sans cette fonction, la décoloration blanchâtre de la tumeur affiche la réussite de la dévitalisation. La lésion est traitée en partant de la base en remontant et du côté proximal vers le côté distal. Puis, le tissu dévitalisé est par exemple retiré au moyen d'une pince ou à l'aide d'un bronchoscope rigide.

Il convient de nettoyer régulièrement l'instrument de coagulation au cours de l'utilisation afin d'assurer sa conductibilité.³⁵ Dans le cadre du travail avec une sonde de coagulation, il est nécessaire de faire preuve d'une grande prudence à proximité des parois bronchiques afin de ne pas endommager la paroi des voies respiratoires ni le cartilage qui la forme. Il est également recommandé de connaître en détail le positionnement des vaisseaux sanguins environnants afin de prévenir toute complication.³⁵

Résultats cliniques

L'utilisation d'instruments de coagulation flexibles est décrite comme efficace dans différentes publications chez les patients atteints d'obstructions des voies respiratoires³⁵ :

- ✔ Sutedja et al. décrivent la recanalisation réussie à l'aide de la sonde de coagulation dans 70 % des cas.³⁷
- ✔ Tremblay et al. récapitulent d'autres résultats d'application des instruments électrochirurgicaux indiqués ci-dessus dans le cas de sténoses des voies respiratoires malignes. Ils font état d'un traitement réussi de sténoses des voies respiratoires malignes dans 53 à 100 % des cas.^{35,26}
- ✔ D'autres auteurs font état de taux de réussite de 70 à 80 %.³⁶

HÉMOSTASE

L'électrochirurgie permet une hémostase rapide en cas de saignements dans les poumons.^{35,38,36}

Le contact direct de l'instrument de coagulation avec le tissu cible permet une hémostase en seulement quelques secondes avec softCOAG® ou forcedCOAG® suite à son activation.

SÉCURITÉ

Les complications directement liées à l'application de l'électrochirurgie sont rares.^{35,26} Elles vont des brûlures trachéales en cas de concentrations en oxygène excessives au-delà de 40 % aux perforations des voies respiratoires suite à une électrochirurgie combinée à une irradiation. Des hémorragies, une pneumonie, un infarctus du myocarde, un accident cardiovasculaire et une hypoxie peuvent par ailleurs survenir.^{35,32,26} Tremblay et al. rappellent la difficulté de déterminer la fréquence précise des complications graves au vu du faible nombre d'études. On suppose qu'elles concernent moins de 5 % des cas, dans la mesure où les patients ont été correctement sélectionnés et où les détails pertinents ont été pris en compte lors des applications.³⁵ Folch et al. chiffrent le risque d'hémorragies significatives de 2 à 5 %.²⁶

Comparaison avec la thérapie par laser

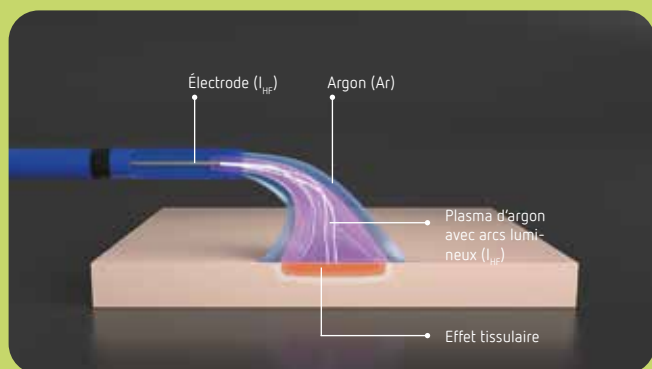
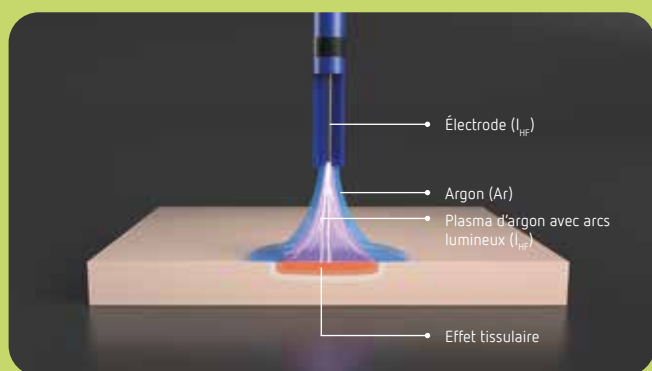
Les indications du recours à l'électrochirurgie dans la pneumologie sont identiques à celles de la thérapie laser et comprennent le traitement palliatif de sténoses des voies respiratoires aussi bien malignes que bénignes.^{26,36,32,27} Les auteurs mettent à cette occasion en valeur l'électrochirurgie plus abordable. Tremblay et al. y ajoute d'autres avantages, tels que l'absence de dispositions de sécurité, la faible probabilité de perforations des voies respiratoires et le délai d'apprentissage plus court.³⁵

Malgré l'absence d'études randomisées, plusieurs auteurs font état de résultats comparables avec l'électrochirurgie.^{35,38}

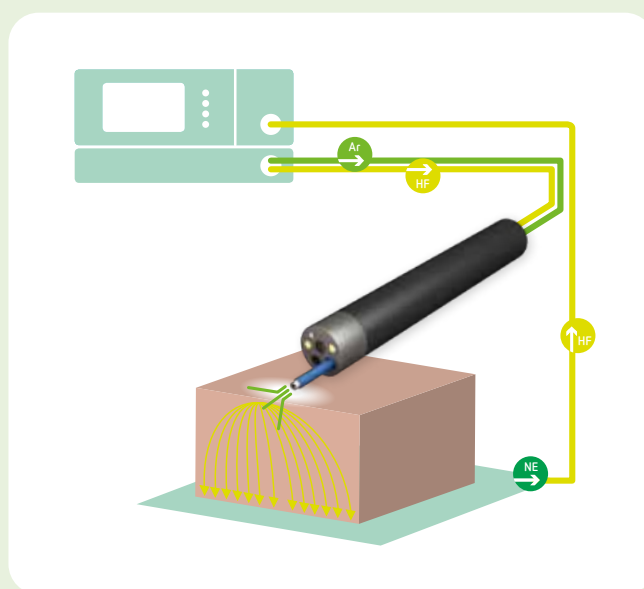
Bollinger et al. estiment que les applications par contact électrochirurgicales sont comparables aux lasers Nd-YAG et soulignent la simplicité d'apprentissage du principe ainsi que la facilité d'application de l'électrochirurgie.³⁶

Coagulation par plasma d'argon

Les applications de la coagulation par plasma d'argon (APC) dans les poumons consistent en la coagulation d'altérations tissulaires bénignes et malignes ainsi que de dévitalisation tissulaire et d'hémostase. La coagulation par plasma d'argon est une application étendue de l'électrochirurgie monopolaire. Elle implique la transmission d'un courant électrique par de l'argon ionisé (plasma) au tissu cible. L'APC permet ainsi une coagulation des tissus et une hémostase sans contact.^{39,36,27,26,33,35,38,32}



Application frontale et latérale de la coagulation par plasma d'argon



Circuit du courant dans la technique APC monopolaire

TECHNIQUE DE LA COAGULATION PAR PLASMA D'ARGON

Comme pour la technique monopolaire consistant à faire circuler du courant (I_{HF}) en circuit fermé dans le cadre de l'APC : il circule du générateur à l'instrument, passe dans le corps du patient jusqu'à l'électrode neutre (EN) d'où il repart jusqu'au générateur. Le courant électrique est transmis sans contact dans le cadre de la coagulation par plasma d'argon. À cette fin, du gaz argon (Ar) est transmis par une sonde flexible du dispositif APC jusqu'à la pointe de la sonde où il est expulsé et s'écoule dans la zone cible. La transmission du courant (I_{HF}) se fait par l'intermédiaire d'un fil métallique parcourant l'intérieur de la sonde et transportant le courant du générateur jusqu'à la pointe de la sonde. En présence de tensions d'env. 4000 V, le gaz argon est ionisé. Il en résulte un plasma conducteur par l'intermédiaire duquel le courant électrique peut être transmis de la pointe du conducteur dans la sonde jusqu'au tissu cible. Cette transmission prend la forme d'arcs lumineux qui peuvent avoir une portée de 10 mm maximum en fonction du réglage.³⁹ Ces arcs sont transmis selon le principe de la moindre résistance à l'endroit le plus proche de la pointe de la sonde APC. Peu importe que le tissu se trouve face à l'électrode ou sur le côté et indépendamment du sens du faisceau d'argon. L'APC permet ainsi une application latérale.^{26,40}

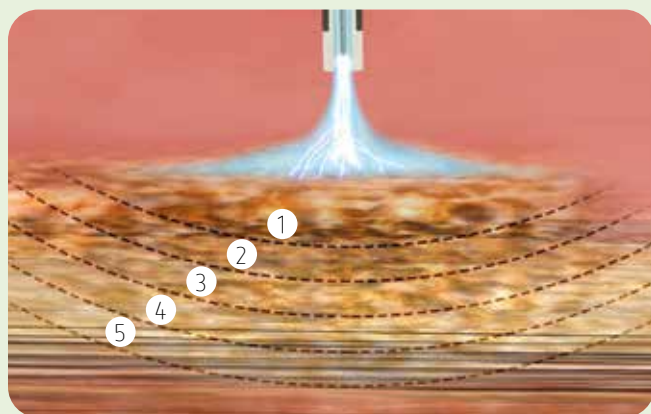
Effets tissulaires de l'APC

Comme dans le cas des coagulations par contact, la coagulation par plasma d'argon implique un échauffement du tissu cible par un courant électrique monopolaire. En qualité de procédure sans contact, l'APC présente néanmoins une profondeur de pénétration moindre que par ex. la coagulation avec le mode softCOAG®, car l'effet est auto-limité par le dessèchement du tissu (dessiccation) jusqu'à un certain degré.³²

ZONES D'EFFET THERMIQUE

Les zones d'effet thermique suivantes, qui se propagent en profondeur de manière radiale, sont produites en fonction de différents facteurs d'influence :

1. **Vaporisation** : le tissu est vaporisé par le très important dégagement de chaleur.
2. **Carbonisation** : le tissu se calcine et prend une teinte noire.
3. **Coagulation/Dessiccation** : l'important effet de dessiccation de l'APC provoque un rétrécissement du tissu entraînant immédiatement une réduction de la tumeur.
4. **Dévitilisation** : la dévitalisation cellulaire se produit à des températures supérieures et est associée à une hémostase simultanée provoquée par la dénaturation des protéines.
5. **Hyperthermie** : selon la durée d'application, le tissu peut se reconstituer ou se nécroser (dévitilisation).



FACTEURS D'INFLUENCE SUR L'EFFET TISSULAIRE

Les principaux facteurs suivants exercent une influence sur la coagulation par APC. Ils sont énumérés par ordre d'importance :⁴¹

1. Durée d'application (en particulier pour une application statique) :

L'effet auto-limitatif de l'APC agit par dessiccation du tissu et donc par une diminution de la conductibilité.

En cas d'application prolongée, de plus importantes profondeurs de pénétration sont néanmoins aussi possibles. Plus la coagulation par plasma d'argon est appliquée longtemps, plus l'effet est profond sur le tissu cible. C'est pourquoi nous recommandons de commencer par de courtes durées d'activation et d'augmenter la durée progressivement et sous contrôle visuel jusqu'à l'obtention de l'effet tissulaire souhaité.

2. Limitation de puissance/Niveau d'effet :

La limitation de puissance doit être réglée sur le générateur HF en fonction de la localisation et des dimensions (diamètre, profondeur, proéminence) de la lésion à traiter. De faibles limitations de la puissance (par ex. 20 watts/effet 2) conviennent à de petites lésions superficielles. Les limitations de puissance moyennes (par ex. 30 à 40 watts/effet 3-4) sont idéales pour dévitaliser ou réduire les tumeurs, ainsi que pour arrêter les hémorragies. Des limitations élevées de la puissance (par ex. 50 watts/effet 5) conviennent tout particulièrement au traitement palliatif des tumeurs, comme pour la dévitalisation de tumeurs exophytiques de plus grande taille, ainsi que pour la recanalisation de sténoses.

3. Distance de la sonde par rapport au tissu cible

Plus la distance par rapport à la sonde est grande, plus l'effet sur le tissu diminue et l'allumage ne peut être maintenu. Il est important de noter que la direction de la coagulation est fonction du sens du flux d'argon et de l'écart le plus court de la buse avec le tissu.³⁹

4. Application statique et dynamique

En cas d'application statique prolongée de la coagulation par plasma d'argon, l'effet en profondeur augmente fortement. Lors d'une durée d'application trop longue, le tissu peut carboniser et se perforer. Pour l'application statique sur des lésions superficielles, nous recommandons donc des durées d'activation courtes de 1 à 2 secondes. Pour l'application dynamique, la sonde APC doit être dirigée sur le tissu cible sous contrôle visuel en effectuant des mouvements lents et contrôlés (à la manière d'un coup de pinceau).

5. Mode APC

Différents effets tissulaires peuvent être obtenus en fonction du mode APC réglé (voir ci-dessous). Ils se caractérisent par différents effets en profondeur ainsi que par diverses vitesses de coagulation et de dessiccation.

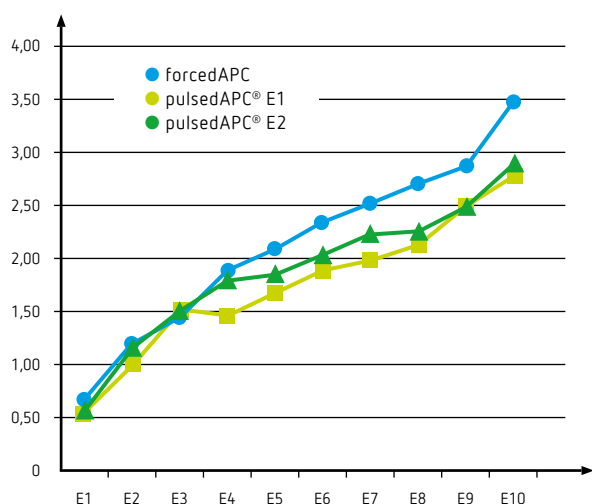
Modes APC

En fonction de la modulation du courant électrique, différents modes APC peuvent être obtenus. Ils se distinguent par leur apparence et peuvent être utilisés en fonction du mode de travail et de l'effet tissulaire souhaité.⁴¹

Différences des modes APC

De manière générale, l'apport d'énergie par période de temps avec pulsedAPC® effet 1 et 2 ainsi qu'avec forcedAPC est comparable à réglage de l'effet identique. Il en résulte une profondeur de coagulation identique par période de temps en cas d'application statique à un endroit et de réglage de l'effet identique.

Néanmoins, la modulation divergente et les impulsions du mode pulsedAPC® entraînent différents effets tissulaires pouvant être exploités de différentes manières dans le cadre d'une application dynamique. Le mode pulsedAPC® avec le niveau d'effet 1 contribue ainsi à une approche progressive, tandis que le mode pulsedAPC® avec niveau d'effet 2 et le mode forcedAPC permettent une approche continue.



Profondeur de coagulation (axe y en mm) par rapport au réglage de l'effet (axe x) pour une durée d'utilisation de 5 secondes

forcedAPC



Ce mode de coagulation par plasma d'argon transfère en continu l'énergie électrique vers le tissu cible où il engendre une coagulation efficace associée à une dessiccation du tissu. L'effet en profondeur est atténué par le dessèchement rapide du tissu.

pulsedAPC®



Ce mode APC transmet l'énergie électrique du faisceau d'argon activé par impulsions. pulsedAPC® est disponible avec un mode lent (effet 1) et un mode rapide (effet 2).

- ☑ **pulsedAPC®, effet 1** : important apport d'énergie par impulsion et intervalles d'impulsions prolongés
- ☑ **pulsedAPC®, effet 2** : fréquence d'impulsions plus élevée avec apport d'énergie plus faible par impulsion

L'apport d'énergie moyen au cours du temps est identique dans les deux modes.

Sondes APC

SONDES FIAPC®

Les sondes APC se composent d'une fine tubulure insérée par le biais du canal de travail d'un bronchoscope flexible. La tubulure contient un fil métallique qui achemine le courant électrique jusqu'à la pointe de la sonde dans laquelle se trouve une électrode de tungstène résistante. À l'activation, du gaz argon s'échappe de la pointe de la sonde et forme sous haute tension le plasma à l'origine de l'effet tissulaire.³⁹ Les sondes FIAPC® pour la pneumologie interventionnelle d'Erbe présentent un diamètre de 1,5 mm ou 2,3 mm et peuvent être utilisées sous surveillance dans la région pulmonaire centrale. Les sondes sont flexibles et présentent des sorties de forme axiale, latérale ou radiale (voir ci-dessous).

Les sondes axiales sont utilisables de manière universelle et disponibles en 1,5 et 2,3 mm. Ils permettent une utilisation dans de nombreuses situations, tout particulièrement dans le cadre d'applications axiales.

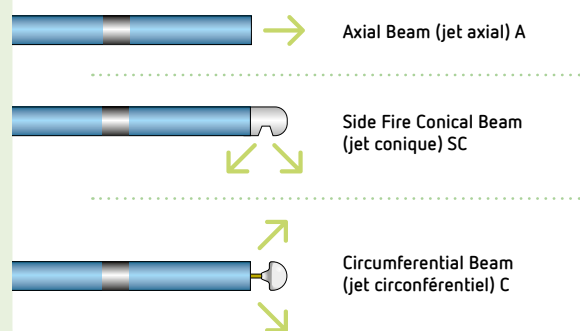
La variante « side fire » de 2,3 mm permet un travail précis en ne laissant s'échapper le faisceau d'argon au niveau d'un seul orifice latéral.

La forme de sortie circonférentielle convient tout particulièrement aux applications latérales. La tête céramique permet de protéger le tissu de la sonde lors de l'application.

Il est possible de choisir les modes décrits plus haut que sont pulsedAPC® ou forcedAPC pour les différentes applications que sont l'hémostase, la dévitalisation ou la recanalisation.

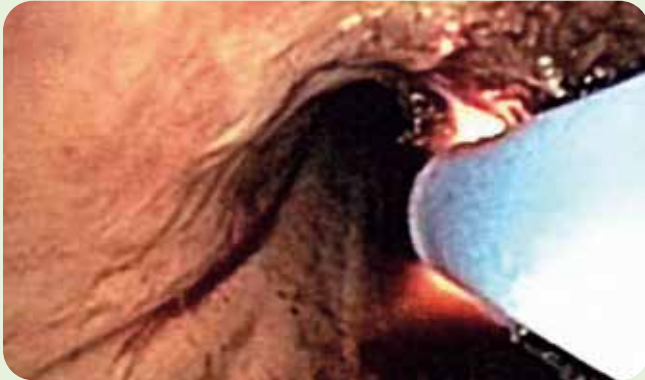


Sonde FIAPC®



Forme des sorties

Applications APC



Hémostase



Recanalisation

HÉMOSTASE

Depuis 1991, l'APC est toujours plus utilisée en endoscopie flexible à des fins d'hémostase dans le tube gastro-intestinal.³⁹ Outre les applications en gastro-entérologie, l'APC est aussi utilisée dans la bronchoscopie flexible pour le traitement d'hémorragies dans l'arbre bronchique.^{39,36,27,26,33,35,38,32} L'hémostase est considérée par certains auteurs comme la meilleure indication d'application flexible de l'APC dans les poumons,³⁵ et certains même estiment qu'il s'agit de la méthode à privilégier.³⁹

Technique

L'APC en qualité de procédure sans contact peut être utilisée pour l'hémostase par la coagulation de la zone souhaitée à l'aide du plasma. Il convient de tenir compte dans le cadre de l'hémostase comme d'autres applications APC que la direction de la coagulation est fonction du sens du flux d'argon et de l'écart le plus court de la buse avec le tissu.³⁹

Résultats cliniques

Le traitement d'hémoptyxies et l'hémostase en présence de tumeurs sont considérés comme efficaces et sûrs.^{35,39,40} Reichle et al. décrivent une hémostase réussie chez 118 sur 119 patients, aussi bien dans le cadre de la technique flexible que de la technique rigide.³⁹ Morice et al. ont traité des hémoptyxies au sein d'un groupe de 56 patients et ont atteint un taux de 100 % d'hémostase. On constate l'existence d'un facteur de succès pour la sélection de patients : les saignements doivent survenir dans la région pulmonaire centrale atteignable au moyen du bronchoscope.⁴⁰

RECANALISATION

Les applications APC flexibles permettent la recanalisation de tumeurs malignes et bénignes.

Parmi les autres applications décrites, on retrouve :

- ✓ Recanalisation de stents obturés
- ✓ Traitement de fistules avant le collage à la fibrine
- ✓ Élimination de tissu granulaire
- ✓ Traitement de sténoses cicatricielles

Technique

Outre les propriétés de l'APC en termes de dessiccation tissulaire, on décrit aussi des recanalisations avec l'APC combinées à une résection mécanique.^{39,40} La profondeur de pénétration de l'APC de 3 mm maximum est exploitée pour commencer par dévitaliser les tumeurs. L'important effet de dessiccation provoque en outre un rétrécissement du tissu entraînant immédiatement une réduction de la tumeur qui pouvait atteindre jusqu'à 50 % dans le cas des tumeurs bronchiques. La durée d'application s'élevait à 5 secondes.³⁹

Reichle et al. décrivent la plupart des applications avec une intubation rigide, une ventilation par jet et une bronchoscopie flexible. Suite à l'ablation, le tissu dévitalisé est réséqué au moyen du bronchoscope rigide ou d'une pince.⁴⁰ Une fois la couche tissulaire dévitalisée réséquée, l'étape de travail est relancée. L'APC convient aussi à l'hémostase pendant l'application. Il est par ailleurs aussi fait état d'applications avec une intubation flexible.^{39,40}

En fonction de la situation, une nouvelle bronchoscopie peut s'avérer nécessaire après 1 à 3 jours pour réséquer les nécroses et les plaques de fibrine. Des bronchoscopies de contrôle sont aussi décrites après 3 mois.^{39,40}

Résultats cliniques

Les données analysées démontrent des recanalisations réussies et intégrales obtenues avec la technique décrite ci-dessus dans 67 % des cas et 29 % de cas supplémentaires dans lesquels il a été possible d'obtenir une faible réouverture des voies respiratoires.³⁹ D'autres données font état d'une amélioration des symptômes suite à une recanalisation dans 98 % (59/60) des cas.⁴⁰

Comparaison de la méthode APC avec d'autres procédures

COMPARAISON AVEC LA COAGULATION ÉLECTROCHIRURGICALE PAR CONTACT

Comparé à l'électrochirurgie, le recours à l'APC présente un risque de saignement moindre par rapport à la coagulation monopolaire par contact ainsi qu'un gain de temps lors de la dévitalisation de plus grandes surfaces.⁴⁰

La possibilité d'application latérale et rétrograde de l'APC est aussi considérée comme un avantage par rapport à la procédure par contact.²⁶

COMPARAISON AVEC LE LASER

Le laser est la procédure standard de résection de tissus tumoraux. Les taux de réussite du traitement endobronchique par laser atteignent 75 à 92 % pour la recanalisation. Par conséquent, les résultats thérapeutiques de l'usage du laser et de l'APC sont comparables. Les inconvénients évoqués liés à l'usage du laser sont des coûts importants, l'immobilité, les précautions de sécurité à prendre, un effet hémostatique restreint et un risque de perforation.³⁹ Le risque de perforations est plus faible avec l'APC, car l'effet tissulaire est auto-limité par la hausse de la résistance et est plus superficiel.³² On souligne aussi différents avantages d'application, tels que les meilleures propriétés hémostatiques³⁹ ou la possibilité d'utilisation latérale et rétrograde.^{39,36,38,40} Ernst et al. indiquent que ces avantages s'appliquent spécifiquement aux lobes supérieurs et aux segments apicaux des lobes inférieurs des poumons.³⁸

DÉVITALISATION ET AUTRES APPLICATIONS

L'APC convient à la dévitalisation de différentes lésions.^{36,45}

Technique

L'ablation au moyen de l'APC permet de coaguler le tissu cible dans le cadre d'une procédure sans contact.

Résultats cliniques

On décrit le traitement de carcinomes épidermoïdes superficiels avec peu de couches cellulaires. La possibilité de dévitaliser rapidement de plus grandes zones avec un effet en profondeur faible est considérée comme un avantage.³⁶

La résection d'adénomes pléomorphes, l'obturation d'une fistule broncho-œsophagienne et l'application en présence de carcinomes muco-épidermoïdes sont aussi décrites.⁴⁵

Jin et al. 2013 décrivent le recours à l'APC pour le traitement de la tuberculose endobronchique tumorale. Le groupe témoin au sein duquel l'APC a été utilisée en combinaison avec la chimiothérapie a présenté un meilleur taux de réussite que la seule chimiothérapie. Les auteurs en concluent que l'APC peut accélérer la guérison de la tuberculose endobronchique tumorale et prévenir la progression de sténoses bronchiques dans ce cadre. Les complications décrites couvraient le spasme laryngé, la toux et de légers saignements.⁴⁶

Sécurité

L'APC pour la recanalisation est considérée comme sûre.^{39,40,45} Les complications décrites varient de l'absence de complication⁴⁰ jusqu'à des perforations associées à un emphysème médiastinal ou cutané ou un pneumothorax et des brûlures endobronchiques (sans traumatisme) ainsi que des nécroses des parois.³⁹

Reichle et al. rappelle que le succès de l'intervention n'a pas dépendu de la technique APC mais de la définition correcte de l'indication. La compilation de toutes les complications a donné un taux de 3,7 %. Deux patients (0,4 %) sont décédés en l'espace de 24 heures dans le cadre de l'étude de Reichle et al. Les auteurs indiquent que la mortalité ne peut pas être directement attribuée à l'APC.

POUR L'HÉMOSTASE ET LA DÉVITALISATION,

L'APC EST CONSIDÉRÉE COMME UNE PROCÉDURE SÛRE.^{35,39,40,45,46}

Les embolies gazeuses ne pouvant pas être entièrement exclues, Reichle et al. recommandent les mesures de précaution complémentaires suivantes :

- ☑ Minimisation du débit de gaz argon < 1,5 l/min. (Commentaire Erbe : les débits de gaz prédéfinis sont nettement plus faibles et ne doivent pas dépasser 1 l/min)
- ☑ Activation de l'APC pendant 5 secondes max.
- ☑ Contrôle ou limitation de la pression endoluminale (pression de ventilation)
- ☑ Limitation à un diamètre vasculaire < 3 mm
- ☑ Suspension de l'apport d'oxygène enrichi au cours de l'activation de l'APC à proximité de matériaux inflammables (comme des stents en plastique)

Il est par ailleurs recommandé de suspendre l'apport d'oxygène pendant l'application de la technique monopolaire dans le poumon³⁹ ou de le réduire à ≤ 40 %.^{32,27,35,40}

Conseils pour une utilisation sûre de l'APC et de l'électrochirurgie

ÉLECTRODE NEUTRE

En cas d'utilisation de l'électrode neutre, on s'expose à un risque de brûlures induit par un contact incomplet de l'électrode avec le patient ou par son positionnement erroné.

Associés à des électrodes neutres double zones, les dispositifs d'électrochirurgie modernes (comme VIO® 3) peuvent désormais déterminer si l'électrode neutre est correctement positionnée. Le système de sécurité NESSY® Erbe surveille le positionnement correct de l'électrode en comparant en permanence les courants des deux surfaces d'électrode neutre. En cas de différences importantes, l'activation est interrompue avec un signal d'avertissement. Il existe par ailleurs des électrodes neutre équipées d'un anneau d'équipotentialité (comme NESSY® Ω) qui répartit l'énergie de manière homogène sur l'électrode neutre. Nous recommandons d'utiliser NESSY® Ω, qui offre un maximum de sécurité en électrochirurgie monopolaire.

CONCENTRATION EN OXYGÈNE

L'une des éventuelles complications de la technique monopolaire sont les incendies dans les poumons susceptibles d'être causés par l'administration d'oxygène supplémentaire.^{26,27,32}

Il est donc recommandé d'interrompre l'apport d'oxygène dans le cadre de la technique monopolaire³⁹ ou de le réduire à ≤ 40 %.^{32,27,35,40}

IMPLANTS ACTIFS

L'électrochirurgie monopolaire peut influencer le fonctionnement d'un stimulateur cardiaque ou de tout autre implant actif et sensible à l'énergie électrique.^{26,27,35,42}

Nous recommandons de faire appel au service hospitalier compétent.^{35,42} Par ailleurs, l'électrode neutre doit être apposée de manière à ce que les courants de dérivation ne passent pas par l'implant actif.⁴²

DÉBIT DE GAZ ARGON

Le débit de gaz argon maximal dans les poumons fait l'objet d'une discussion dans la littérature spécialisée.^{39,40} En raison de l'éventuelle survenue d'embolies gazeuses, nous recommandons de maintenir le débit de gaz argon à un niveau aussi bas que possible.³⁹

Les réglages prédéfinis des sondes APC Erbe sont les suivants :

TYPE DE SONDE	DÉBIT D'ARGON PRÉRÉGLÉ
SONDE FLEXIBLE Ø 1,5 MM	0,3 L/MIN
SONDE FLEXIBLE Ø 2,3 MM	0,8 L/MIN
SONDE FLEXIBLE Ø 2,3 MM JET CONIQUE	0,6 L/MIN
SONDE FLEXIBLE Ø 2,3 MM JET CIRCONFÉRENTIEL	0,8 L/MIN

ÉCART DES INSTRUMENTS PAR RAPPORT À LA POINTE DU BRONCHOSCOPE

L'effet du courant monopolaire sur la pointe du bronchoscope peut dans certaines conditions entraîner des dommages thermiques de ce dernier. Il est donc recommandé de n'activer les sondes que lorsqu'elles ressortent d'au moins un centimètre du bronchoscope (marquage noir sur la sonde Erbe).^{39,40}

Références

1. Dossier de développement de cryosondes flexibles à usage unique : D144191
2. Schumann C, Hetzel M, Babiak AJ et al. Endobronchial tumor debulking with a flexible cryoprobe for immediate treatment of malignant stenosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010; 139: 997–1000
3. Hetzel J, Eberhardt R, Herth FJF et al. Cryobiopsy increases the diagnostic yield of endobronchial biopsy: a multicentre trial. *Eur Respir J* 2012; 39: 685–690
4. Schumann C, Kropf C, Rudiger S et al. Removal of an aspirated foreign body with a flexible cryoprobe. *Respir Care* 2010; 55: 1097–1099
5. Vergnon JM, Mathur PN. Cryotherapy for Endobronchial Disorders. *Interventional Bronchoscopy* 2000; 30: 133–145
6. Rapport de test interne : D147560
7. Fruchter O, Kramer MR. Retrieval of various aspirated foreign bodies by flexible cryoprobe: in vitro feasibility study. *Clin Respir J* 2015; 9: 176–179
8. Cryoablation, Mechanisms and influencing factors (Dr. Christiane Nerz, 2018): D135896
9. Tomic R, Podgaetz E, Andrade RS et al. Cryotechnology in diagnosing and treating lung diseases. *J Bronchology Interv Pulmonol* 2015; 22: 76–84
10. Vergnon J-M, Huber RM, Moghissi K. Place of cryotherapy, brachytherapy and photodynamic therapy in therapeutic bronchoscopy of lung cancers. *Eur Respir J* 2006; 28: 200–218
11. Lee S-H, Choi W-J, Sung S-W et al. Endoscopic cryotherapy of lung and bronchial tumors: a systematic review. *Korean J Intern Med* 2011; 26: 137–144
12. Consignes d'utilisation de cryosondes flexibles à usage unique : 30402-406
13. Babiak A, Hetzel J, Krishna G et al. Transbronchial cryobiopsy: a new tool for lung biopsies. *Respiration* 2009; 78: 203–208
14. Fruchter O, Fridel L, Rosengarten D et al. Transbronchial cryo-biopsy in lung transplantation patients: first report. *Respirology* 2013; 18: 669–673
15. Yarmus L, Akulian J, Gilbert C et al. Cryoprobe transbronchial lung biopsy in patients after lung transplantation: a pilot safety study. *Chest* 2013; 143: 621–626
16. Évaluation clinique de cryosondes flexibles à usage unique : D104429
17. Aktas Z, Gunay E, Hoca NT et al. Endobronchial cryobiopsy or forceps biopsy for lung cancer diagnosis. *Ann Thorac Med* 2010; 5: 242–246
18. Chou C-L, Wang C-W, Lin S-M et al. Role of flexible bronchoscopic cryotechnology in diagnosing endobronchial masses. *Ann Thorac Surg* 2013; 95: 982–986
19. Jabari H, Sami R, Fakhri M et al. Different protocols for cryobiopsy versus forceps biopsy in diagnosis of patients with endobronchial tumors. *Pneumologia* 2012; 61: 230–233
20. Prospectus ERBECRYO® 2 avec cryosondes flexibles à usage unique : 85402-000
21. Hetzel J, Maldonado F, Ravaglia C et al. Transbronchial Cryobiopsies for the Diagnosis of Diffuse Parenchymal Lung Diseases: Expert Statement from the Cryobiopsy Working Group on Safety and Utility and a Call for Standardization of the Procedure. *Respiration* 2018; 95: 188–200
22. Raghu G, Remy-Jardin M, Myers JL et al. Diagnosis of Idiopathic Pulmonary Fibrosis. An Official ATS/ERS/JRS/ALAT Clinical Practice Guideline. *Am J Respir Crit Care Med* 2018; 198: e44–e68
23. Casoni GL, Tomassetti S, Cavazza A et al. Transbronchial lung cryobiopsy in the diagnosis of fibrotic interstitial lung diseases. *PLoS One* 2014; 9: e86716
24. Yilmaz A, Aktas Z, Alici IO et al. Cryorecanalization: keys to success. *Surgical Endoscopy* 2012; 26: 2969–2974
25. Hetzel M, Hetzel J, Schumann C et al. Cryorecanalization: a new approach for the immediate management of acute airway obstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; 127: 1427–1431
26. Folch E, Mehta AC. Airway interventions in the tracheobronchial tree. *Semin. Respir. Crit Care Med*. 2008; 29: 441–452
27. Ernst A, Silvestri GA, Johnstone D. Interventional pulmonary procedures: Guidelines from the American College of Chest Physicians. *Chest* 2003; 123: 1693–1717
28. Lee H, Leem CS, Lee JH et al. Successful removal of endobronchial blood clots using bronchoscopic cryotherapy at bedside in the intensive care unit. *Tuberc Respir Dis (Seoul)* 2014; 77: 193–196
29. Sehgal IS, Dhooria S, Agarwal R et al. Use of a Flexible Cryoprobe for Removal of Tracheobronchial Blood Clots. *Respir Care* 2015; 60: e128-31
30. Weerdt SD, Noppen M, Remels L et al. Successful Removal of a Massive Endobronchial Blood Clot by Means of Cryotherapy. *Journal of Bronchology* 2005; 12: 23–24
31. Hammer J, Trachsel D, Nicolai T et al. Caution to use bronchoscopic CO₂ cryotherapy for foreign body removal in children. *Pediatr Pulmonol* 2016; 51: 889–891
32. Ernst A, Feller-Kopman D, Becker HD et al. Central airway obstruction. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; 169: 1278–1297
33. Sheski FD, Mathur PN. Endobronchial electrosurgery: argon plasma coagulation and electrocautery. *Semin Respir Crit Care Med* 2004; 25: 367–374
34. Zenker M. Argon plasma coagulation. *GMS Krankenhhyg Interdisziplinär* 2008; 3: Doc15
35. Tremblay A, Marquette C-H. Endobronchial electrocautery and argon plasma coagulation: a practical approach. *Can Respir J* 2004; 11: 305–310
36. Bolliger CT, Sutedja TG, Strausz J et al. Therapeutic bronchoscopy with immediate effect: laser, electrocautery, argon plasma coagulation and stents. *Eur Respir J* 2006; 27: 1258–1271
37. Sutedja TG, van Boxem TJ, Schramel FM et al. Endobronchial Electrocautery is an Excellent Alternative for Nd: YAG Laser to Treat Airway Tumors. *J Bronchology Interv Pulmonol* 1997; 4
38. Ernst A, Anantham D. Update on interventional bronchoscopy for the thoracic radiologist. *J Thorac Imaging* 2011; 26: 263–277
39. Reichle G, Freitag L, Kullmann HJ et al. Argon plasma coagulation in bronchology: a new method--alternative or complementary? *Pneumologie* 2000; 54: 508–51
40. Morice RC, Ece T, Ece F et al. Endobronchial argon plasma coagulation for treatment of hemoptysis and neoplastic airway obstruction. *Chest* 2001; 119: 781–787
41. Brochure pour utilisateurs « Connaissances de base en chirurgie par plasma d'argon » : 85800-038
42. Mode d'emploi VIO 3 : D140792
43. Franke K-J, Szyrach M, Nilius G et al. Experimental study on biopsy sampling using new flexible cryoprobes: influence of activation time, probe size, tissue consistency, and contact pressure of the probe on the size of the biopsy specimen. *Lung* 2009; 187: 253–259
44. Amat B, Esselmann A, Reichle G et al. The electrosurgical knife in an optimized intermittent cutting mode for the endoscopic treatment of benign web-like tracheobronchial stenosis. *Arch Bronconeumol* 2012; 48: 14–21
45. Évaluation clinique des sondes APC : D099576 v003
46. Jin F, Mu D, Xie Y et al. Application of bronchoscopic argon plasma coagulation in the treatment of tumorous endobronchial tuberculosis: Historical controlled trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013; 145: 1650–1653
47. Lentz RJ, Argento AC, Colby TV et al. Transbronchial cryobiopsy for diffuse parenchymal lung disease: A state-of-the-art review of procedural techniques, current evidence, and future challenges. *J Thorac Dis* 2017; 9: 2186–2203

Remarque importante

Nous avons élaboré le présent support avec beaucoup de soin. Néanmoins, des erreurs ne peuvent être exclues.

Les informations, recommandations et autres indications (« informations ») contenues dans le présent support reflètent l'état de nos connaissances et l'état de la science et de la technique au moment de son élaboration. Ces informations sont de nature générale, non contraignantes et ne servent qu'à des fins d'information générale ; elles ne sauraient donc constituer un quelconque mode d'emploi ni de quelconques instructions d'utilisation.

Les informations et recommandations publiées dans le présent support ne sauraient établir une quelconque obligation légale de la société Erbe Elektromedizin GmbH ainsi que des entreprises qui y sont liées (« Erbe ») ni octroyer un quelconque droit à l'égard d'Erbe. Les informations ne sauraient tenir lieu de garantie ni de quelconque indication de qualité et doivent au cas par cas faire l'objet d'une disposition contractuelle expresse avec Erbe. Erbe décline toute responsabilité à l'égard de tout type de dommage consécutif au respect des informations figurant dans le présent support, indépendamment du fondement juridique de ladite responsabilité.

Chaque utilisateur d'un produit Erbe est tenu au préalable de vérifier les propriétés du produit Erbe correspondant et de s'assurer de son adéquation au type d'utilisation prévu ou à sa destination. Le type d'utilisation approprié du produit Erbe correspondant découle du mode d'emploi et des instructions d'utilisation du produit Erbe concerné. L'utilisateur est tenu de vérifier si le mode d'emploi et les instructions d'utilisation qui lui sont fournis correspondent à l'état de la technique pour le produit Erbe concret. Les dispositifs ne doivent être utilisés que conformément au mode d'emploi et aux instructions d'utilisation. Les informations concernant les valeurs de réglage, les sites d'application, la durée d'application et l'emploi du produit Erbe correspondant reposent sur l'expérience clinique de médecins indépendante d'Erbe. Elles constituent des valeurs indicatives dont l'adéquation à l'application concrète prévue doit être vérifiée par l'utilisateur. Il peut s'avérer nécessaire de déroger aux indications données en fonction des circonstances d'un cas concret. Il est de la responsabilité de l'utilisateur de le vérifier lors de l'utilisation du produit Erbe. Nous tenons à attirer votre attention sur le fait que la science et la technique font l'objet de développements constants résultant de la recherche et des expériences cliniques. Il peut donc en découler la nécessité pour l'utilisateur de déroger aux informations contenues dans le présent support.

Le présent support contient des informations relatives à des produits Erbe qui ne sont éventuellement pas autorisés dans un pays donné. L'utilisateur du produit Erbe correspondant est tenu de s'informer lui-même de l'autorisation légale du produit Erbe qu'il utilise dans son propre pays et/ou de déterminer dans quelle mesure les éventuelles dispositions ou restrictions légales s'appliquent à son utilisation.

Le présent support n'est pas destiné à des utilisateurs résidant aux USA.

Erbe Médical S.à.r.l.
Z.A.C. Sans Souci
470 Allée des Hêtres
F-69760 Limonest

Tél +33 4 78 64 92 55
Fax +33 4 78 66 16 43
erbe@erbe-france.com
erbe-france.com