

Complications de la bronchoscopie interventionnelle

Ph. RAMON, A. BRICHET

Service d'Endoscopie Respiratoire, Clinique des Maladies Respiratoires, Hôpital Calmette, 59037 Lille Cedex.

SUMMARY

The complications of interventional bronchoscopy.

Interventional bronchoscopy associates different techniques ; rigid bronchoscopy under general anaesthesia, the utilisation of the laser, cryotherapy, electrocoagulation and the positioning of endobronchial prostheses. It is used most often in those patients whose respiratory reserve is precarious. It is important to recognise the potential complications of these different techniques in

order to prevent them as far as possible. This article also reviews the principal complications which are linked to each technique which has previously been described.

Key-words : Interventional bronchoscopy. Complications. Laser. Prosthesis.

RÉSUMÉ

La bronchologie interventionnelle associe différentes techniques : bronchoscopie rigide sous anesthésie générale, utilisation du laser, de la cryothérapie, de l'électrocoagulation, et pose de prothèses endobronchiques. Elle s'adresse le plus souvent à des patients en situation respiratoire précaire. Il importe de bien connaître les complications potentielles de ces différentes tech-

niques afin de les prévenir dans toute la mesure du possible. Cet article passe en revue les complications principales liées à chacune des techniques citées précédemment.

Mots-clés : Bronchoscopie interventionnelle. Complications. Laser, prothèses.

Introduction

La bronchoscopie interventionnelle (BI) s'adresse à deux types de patients : soit des patients atteints de pathologie tumorale évoluée de la trachée ou des gros troncs bronchiques dont le pronostic vital est mis en jeu à court

terme. Dans ce cas, il est légitime et parfois nécessaire de prendre quelques risques pour obtenir une amélioration de l'état ventilatoire. Soit des patients adressés pour des sténoses trachéales ou d'autres pathologies bénignes et dans ce cas, il est impératif de ne pas courir de risque inconsidéré lors d'une bronchoscopie thérapeutique. Il est important, dans les deux situations, de bien connaître les complications potentielles de la BI. La prévention de ces complications, quand elle est possible, doit être la préoccupation constante.

Les complications liées à la thérapie photodynamique et celles liées à la curiethérapie à haut débit, qui font l'objet

d'articles particuliers dans le même recueil, ne seront pas abordées dans cet article.

Complications observées au cours de l'anesthésie

La majorité des auteurs utilise la bronchoscopie rigide sous anesthésie générale initialement préconisée par Dumon [1]. La ventilation est soit spontanée assistée au ballon, soit par technique de jet-ventilation.

L'hypoxie est de constatation courante en cours d'examen ; elle peut être liée : 1) à une ventilation peu efficace à cause du caractère obstructif des lésions tumorales surtout trachéales ; 2) à l'encombrement périphérique par des sécrétions muqueuses ou muco-purulentes en amont d'une sténose ou d'une tumeur trachéo-bronchique ; 3) à un saignement déclenché par les manœuvres endoscopiques sous une tumeur trachéale ; 4) en jet-ventilation dans les sténoses trachéales serrées quand le bronchoscope est au-dessus de la sténose et chez certains patients très gros ; 5) elle peut être majorée par la situation respiratoire préalable du patient, insuffisant respiratoire hypoxique par BPCO par exemple. L'hypoxie, facilement décelée par le monitoring de la SaO₂ transcutanée, peut être évitée ou retardée par une aspiration soignée des sécrétions périphériques bronchiques dès que possible pendant l'examen, en s'aidant d'un fibroscope souple, et par l'utilisation d'une FiO₂ élevée. Elle peut nécessiter une désobstruction rapide au bronchoscope pour rétablir une ventilation correcte des espaces aériens distaux. En cas d'hémorragie, le contrôle du saignement est impératif (voir plus loin). Le dépistage précoce de l'hypoxie doit être la préoccupation la plus constante pendant l'intervention. [2]. Ceci évite les accidents et les complications cardiaques, en particulier les troubles du rythme et les accidents coronariens aigus d'origine hypoxique [3].

L'hypercapnie est plus difficile à déceler en cours d'examen à moins qu'on dispose du monitoring de la PCO₂ par électrode trans-cutanée. Elle s'observe essentiellement au cours des ventilations par jet et dépend directement de la durée de la procédure ; elle est fréquente si celle-ci dépasse 45 minutes.

Chez des patients âgés et coronariens, un collapsus cardio-vasculaire à l'induction est possible malgré l'attention et les précautions anesthésiques.

On n'observe que peu de bronchospasmes aigus en per-opératoire [2] : ceux-ci sont cependant possibles chez des patients atteints de BPCO sévères et peuvent être déclenchés par les fumées produites par la vaporisation des lésions au laser. Une aspiration des fumées par un cathéter d'aspiration bronchique évite ou retarde l'apparition du

bronchospasme. Au besoin, des bronchodilatateurs peuvent être utilisés.

Des accidents plus rares peuvent être observés : embolie gazeuse après résection au laser d'une tumeur trachéale [4] observée une fois dans notre expérience et traitée avec succès par oxygénothérapie hyperbare ; syndrome cave aigu chez un patient, aggravé par l'anesthésie pour BI chez un autre patient de notre série.

Après la BI, le patient est transféré en secteur de surveillance post-opératoire. Une toilette bronchique minutieuse en fin de BI, effectuée au fibroscope souple introduit dans le bronchoscope, qui permet d'aspirer tous les débris et sécrétions muqueuses ou sanglantes présents dans l'arbre bronchique, constitue la meilleure prévention des hypoxies et des infections postopératoires.

Dans tous les cas, la préparation du patient et la qualité de l'examen pré-anesthésique sont capitales. Grâce à ces précautions, le pourcentage de décès per et post-opératoires est faible compte tenu de l'état clinique des patients traités et ne dépasse pas 2 à 4 % selon les séries [2, 3].

Complications liées à l'utilisation du laser

Le Laser YAG est largement utilisé pour traiter les lésions tumorales de l'arbre bronchique ; ses propriétés coagulantes constituent l'essentiel de son intérêt dans ces situations ; la vaporisation des lésions, initialement prônée en particulier en cas de traitement au fibroscope souple, n'est plus guère utilisée et est habituellement remplacée par une désobstruction mécanique, beaucoup plus rapide.

L'utilisation de temps de pose de l'ordre de une à deux secondes et d'une intensité faible (20 à 40 Watts) assure une coagulation optimale des lésions tumorales. L'apparition d'un saignement est cependant toujours possible, en particulier quand il s'agit de lésions trachéales hautes dont le pôle inférieur est difficile à coaguler initialement ou quand la lésion est très hypervascularisée (lésions secondaires à un néoplasme thyroïdien ou rénal par exemple). Dans ces situations, il est important de contrôler le saignement et d'effectuer une toilette bronchique avant que le sang accumulé en périphérie ne provoque une désaturation et un éventuel trouble du rythme cardiaque.

La possibilité de saignements per-opératoires justifie le recours à la bronchoscopie rigide plutôt qu'à la fibroscopie, car elle seule permet une oxygénation optimale du patient et l'aspiration efficace du sang en utilisant un voire deux cathéters. Si nécessaire, le bronchoscope est utilisé pour tamponner la lésion qui saigne (lésion trachéale) ou pour ventiler le côté sain (lésion bronchique) [1]. Localement de l'adrénaline à 1/1 000 liquide ou par l'intermédiaire d'un tampon monté peut être utilisée. En cas de lésion trachéale, la coagulation hémostatique peut être reprise à rétro avec le laser en remontant progres-

sivement le bronchoscope vers la glotte. On peut également mettre le patient en position « de sécurité », couché sur le côté atteint pour favoriser la ventilation du côté sain [1].

L'utilisation du laser expose à deux complications dont le traitement est essentiellement préventif : la perforation bronchique et l'incendie per-opératoire. La perforation d'un gros tronc bronchique est possible quand les repères anatomiques ne sont plus visibles : lésions sténosantes périphériques, absence de visualisation de l'arbre bronchique sous jacent à la lésion, absence d'information sur l'état des bronches périphériques, déformation de l'arbre bronchique. La perforation est plus à craindre dans les bronches périphériques que dans la trachée : dans la trachée l'utilisation du bronchoscope rigide fait que la fibre est parallèle à la paroi et cette paroi est relativement épaisse en dehors de la pars membrana. Les risques de perforation sont donc limités. A l'inverse, en périphérie, il est plus facile de coaguler par erreur une bifurcation bronchique si les repères anatomiques sont mal visibles et la paroi bronchique y est beaucoup plus fine. Les éventuels remaniements anatomiques secondaires à une intervention chirurgicale préalable augmentent encore ce risque ainsi qu'une radiothérapie préalable : dans toutes ces situations il est important de disposer, si la situation clinique en laisse le temps, d'une étude scanographique précise et récente explorant les rapports anatomiques de la lésion à traiter et des structures vasculaires de voisinage. Il faut essayer de préciser avant la BI l'état des bronches distales à la tumeur et leur perméabilité.

L'incendie intra-bronchique déclenché par un tir laser est une complication classique bien que rare [5, 6]. Il est provoqué par la présence de matériel intra-bronchique inflammable (combustible) et par l'utilisation d'une FiO_2 excessive pendant la ventilation (comburant) : si la FiO_2 excède 50 %, le risque est réel. La prévention consiste donc à réduire la FiO_2 à moins de 50 % pendant l'utilisation du laser et/ou à enlever une éventuelle prothèse en Silastic proche de la lésion à traiter avant de réaliser un traitement laser, la prothèse étant remise en place après le traitement par laser. En cas d'utilisation d'un fibroscope souple, il faut éviter de travailler sous oxygène et veiller à ce que l'extrémité de la fibre dépasse d'au moins 5 mm l'extrémité distale de l'endoscope pour éviter l'incendie des gaines de l'endoscope.

La prévention de l'irritation bronchique et du bronchospasme liés aux fumées est réalisée par aspiration continue pendant le traitement laser au moyen d'un cathéter d'aspiration bronchique introduit par un des canaux opérateurs du bronchoscope.

L'utilisation du fibroscope souple est actuellement abandonnée par la plupart des auteurs [7]. Les inconvénients rencontrés sont multiples : nécessité de vaporiser les

lésions au cours de sessions répétées, difficultés respiratoires occasionnées par les fumées produites, impossibilité de contrôler correctement les saignements per-opératoires, difficultés de l'extraction des débris nécrotiques. Cette technique peut cependant encore être utilisée pour la résection de petites lésions simples telles les granulomes bronchiques de petite taille.

Complications liées à l'utilisation du bronchoscope rigide

La manipulation du bronchoscope rigide expose à quelques complications. Les tubes de gros calibre (EFER bague jaune 13,2 mm) nécessaires pour poser les prothèses en Silastic de 16 ou 18 mm doivent être manipulés avec précaution. Au niveau des cordes vocales, leur introduction doit être prudente pour ne pas blesser les cordes vocales ou un sinus piriforme. Au niveau trachéal, leur extrémité assez affûtée peut, en cas de manœuvre intempestive, blesser la partie postérieure plus fragile de la trachée. Ces tubes de gros calibre ne doivent pas être poussés dans les troncs souches, leur diamètre étant le plus souvent supérieur à celui des troncs souches.

La majorité des auteurs [1, 6, 8] utilise l'extrémité du bronchoscope pour la désobstruction des voies aériennes après coagulation des lésions avec le laser. Au cours de ces manœuvres, l'extrémité distale du bronchoscope est utilisée comme « emporte-pièce » pour découper la lésion en effectuant des mouvements alternatifs de rotation tout en poussant progressivement le bronchoscope vers l'arbre bronchique libre. Cette technique ne pose pas de problème majeur dans la trachée car l'axe du bronchoscope et de la trachée sont parallèles. Il faut cependant être méfiant au niveau de la partie postérieure de la trachée plus fragile. Au niveau des troncs souches et des bronches distales, la paroi bronchique est plus fine et ces manœuvres doivent être effectuées avec circonspection pour ne pas provoquer une plaie de la bronche. Il y est impératif de garder le bon axe, ce qui est plus aisé à droite qu'à gauche (courbure du tronc souche gauche).

Au cours des dilatations des sténoses trachéales, le risque est de provoquer par une dilatation trop brutale une blessure de la face postérieure de la trachée, qui constitue le point de moindre résistance de la trachée sténosée. Il faut avoir recours à des tubes de taille croissante, correctement lubrifiés et poussés à travers la sténose de façon douce et progressive [9]. Pour limiter le risque de blessure de la face postérieure, il est conseillé de réaliser des incisions radiales de la sténose par des tirs laser de courte durée (0,5 à 0,7 sec) et à faible puissance (30 watts) [10, 11].

Complications liées à l'utilisation de la cryothérapie

La cryothérapie est une technique qui n'expose que peu aux complications [12]. Les risques de perforation bronchique après cryothérapie sont pratiquement inexistant, ce qui en fait une technique de choix dans les lésions sténosantes malignes périphériques où l'utilisation du laser est hasardeuse. Cette thérapeutique ne doit cependant pas être utilisée pour traiter des lésions obstructives serrées de la trachée à cause du délai entre l'application du traitement et la chute d'escarre. Il est nécessaire de prévoir une endoscopie 5 à 7 jours après la cryothérapie pour enlever l'escarre provoquée par le traitement cryothérapeutique. Quelques poussées fébriles peuvent être observées au décours du traitement. Dans une série de 600 patients traités [12], les auteurs ont observé peu de complications graves : 3 cas de fibrillation auriculaire ; 2 fistules œso-trachéales et 1 pneumothorax.

Complications liées à l'utilisation de l'électrocoagulation

L'électrocoagulation [13] apparaît comme une alternative moins coûteuse que le laser pour la coagulation des lésions hémorragiques endobronchiques. Si le principe en est ancien, l'utilisation de cette technique a trouvé un regain d'intérêt depuis le développement d'appareils de coagulation pilotés par microprocesseurs. On utilise soit une sonde rigide, soit une anse diathermique.

Cette technique peut être utilisée à la fois avec le bronchoscope rigide et avec le fibroscope. L'utilisation de la coagulation par jet d'argon [14] paraît particulièrement intéressante, car elle évite le contact entre la sonde et la lésion (coagulation par arc électrique) ; ceci évite donc le dépôt de résidus carbonisés sur l'extrémité de la sonde de coagulation et permet une coagulation en surface mettant à l'abri des perforations bronchiques. Les complications éventuelles de ces techniques non utilisées de façon habituelle doivent encore être précisées.

Complications liées aux prothèses

La pose des prothèses endo-bronchiques est un complément indispensable des techniques de désobstruction des gros troncs bronchiques : elles sont indispensables dans les sténoses récidivantes tumorales ou non tumorales, dans les sténoses avec dyskinésie trachéale ou bronchique et dans les compressions extrinsèques. Il faut distinguer les prothèses en silicone (prothèse de Dumon et Dynamic Stent de Freitag) et les prothèses métalliques nues ou couvertes.

PROTHÈSES EN SILICONE

La prothèse de Dumon [15] est sans doute celle qui est la plus employée actuellement. Elle est en règle bien tolérée par les patients auxquels elle apporte une amélioration fonctionnelle indiscutable [16].

La migration de la prothèse est la complication la plus dangereuse, malgré la présence de plots situés sur la face externe de la prothèse et chargés de la fixer à la muqueuse. Cette migration peut survenir dans les conditions suivantes : prothèse de diamètre insuffisant, lésions sténosantes de forme conique, prothèse placée près des extrémités de la trachée, en haut ou près de la caréna, migration après radiothérapie de la lésion initiale. Cette migration peut être révélée par une augmentation brutale de la toux, l'apparition d'un cornage ou d'une infection parenchymateuse si la prothèse migre en périphérie. Les prothèses utilisées étant pour la plupart radio-transparentes, seule l'endoscopie permet de faire le diagnostic de migration. Dans ce cas, une bronchoscopie s'impose pour extraire ou repositionner la prothèse, en utilisant le cas échéant une prothèse de diamètre supérieur. Dans la région sub-glottique, certains auteurs ont décrit des techniques de fixation de la prothèse par fil externe pour en éviter la migration [17].

Bien qu'elle améliore le drainage des sécrétions bronchiques en rétablissant la perméabilité des gros troncs bronchiques, la prothèse de Dumon, comme les autres prothèses étanches, perturbe la physiologie normale des bronches et en particulier l'épuration muco-ciliaire. Il existe donc de façon constante une tendance à la rétention des sécrétions en périphérie. Cette tendance est habituellement bien contrôlée par la prescription de fluidifiants per os et par des aérosols biquotidiens de sérum physiologique. Elle peut dans 5 à 10 % des cas conduire à la constitution de bouchons muqueux adhérents particulièrement redoutables quand ils se développent dans une prothèse trachéale. La désobstruction est, dans notre expérience, toujours possible au fibroscope, mais la répétition de tels épisodes peut conduire à l'ablation de la prothèse. Ces bouchons se produisent d'autant plus facilement que le diamètre de la prothèse est plus petit, le rapport diamètre externe sur diamètre interne n'étant pas favorable avec ce modèle de prothèse.

Un diamètre insuffisant de la prothèse peut provoquer, par les mouvements répétés de la prothèse sur la muqueuse, l'apparition de granulomes muqueux à ses extrémités, granulomes susceptibles d'aboutir à une obstruction plus ou moins complète de la prothèse. Ces granulomes peuvent être enlevés à la pince ou réséqués au laser ; dans ce dernier cas il faut être attentif à ne pas provoquer un incendie et enlever au besoin la prothèse avant le geste de résection laser. Des granulomes sont observés

de façon constante au niveau des plots lors de l'ablation d'une prothèse de Dumon ; ils nécessitent parfois une hémostase par coagulation.

De la même façon, au cours de traitements palliatifs, la tumeur traitée peut progressivement s'étendre vers les extrémités de la prothèse et en obstruer partiellement la lumière ; dans ce cas il faut habituellement enlever la prothèse, réséquer les lésions nouvelles et remplacer une prothèse plus longue qui appareille correctement les lésions nouvelles.

La tolérance de ces prothèses est bonne dans le temps, à tel point que certains patients finissent par être perdus de vue. Il est souhaitable cependant que ces prothèses soient régulièrement examinées en endoscopie : certaines se détériorent au-delà de deux ans (1 observation dans notre expérience) et doivent être changées. On peut aussi observer parfois une infection torpide de la tumeur sous la prothèse, de traitement difficile ou l'infection de la prothèse elle-même.

La Dynamic Stent de Freitag [18] est particulièrement indiquée dans les lésions du carrefour trachéo-bronchique et dans les lésions complexes de la trachée. Sa structure mixte, métallique et silicone mime au mieux la structure de la trachée normale avec une paroi postérieure souple et fine qui permet une réduction du calibre de la prothèse à la toux. Sa forme en « Y » lui assure une bonne stabilité dans les bronches. Les jambes droite et gauche sont cependant d'une taille parfois insuffisante et il est possible d'observer des bouchons muqueux à ce niveau pour lesquels les mesures thérapeutiques sont les mêmes que celles préconisées pour les prothèses de Dumon.

PROTHÈSES MÉTALLIQUES

De nombreuses prothèses métalliques ont été proposées pour un usage dans l'arbre bronchique [19]. Toutes ont en commun d'être dérivées de prothèses mises au point initialement pour un usage vasculaire ou biliaire. Les différences de physiologie entre vaisseaux et bronches expliquent les complications observées avec ces prothèses.

Prothèses non couvertes : elles ont en commun le risque d'envahissement des spires métalliques, soit par la tumeur, soit par une réaction granulomateuse de la muqueuse favorisée par le frottement des spires métalliques lors des mouvements respiratoires et de la toux. Ces mêmes mouvements peuvent provoquer des blessures de la muqueuse dans le cas où les extrémités métalliques des fils seraient nues (Wallstent). Elles s'épithélialisent progressivement et sont donc difficiles à extraire des bronches en cas de problème.

Les modèles non élastiques (Palmaz) ne supportent pas la compression provoquée par les épisodes de toux et

s'écrasent avec le temps. Il est toujours possible de les dilater de nouveau au ballon, mais la récédive est de règle, ce qui limite leur utilisation chez l'adulte. Ces prothèses peuvent être utilisées dans certaines sténoses bronchiques de l'enfant où elles peuvent être dilatées progressivement au fur et à mesure de la croissance de l'enfant [20].

Les modèles élastiques (Wallstent, Gianturco) ne présentent pas cet inconvénient et s'adaptent en permanence au diamètre bronchique ; cependant la force d'expansion trop importante de la prothèse de Gianturco a entraîné des perforations de la paroi bronchique et des vaisseaux médiastinaux responsables d'accidents mortels [21] ; des fractures des fils métalliques ont également été décrites ; enfin ces prothèses sont très difficiles à extraire en cas de nécessité.

D'autres modèles sont en cours de mise au point (Ultraflex) mais le recul à propos de leur utilisation est actuellement insuffisant.

Prothèses couvertes : elles répondent essentiellement au besoin d'éviter l'envahissement des spires métalliques par la tumeur ou des granulomes. La prothèse de Wallstent couverte [22] évite ces inconvénients mais les complications liées à l'extrémité non protégée des fils métalliques persistent. D'autres prothèses métalliques couvertes sont en cours de mise au point.

Conclusion

La bronchologie interventionnelle rassemble un ensemble de techniques variées et complémentaires permettant de proposer à des patients à l'état respiratoire souvent précaire une solution qui restaure une ventilation satisfaisante. Pour être efficace, il est nécessaire de maîtriser correctement toutes ces techniques et d'en connaître en particulier les complications de façon à pouvoir les prévenir efficacement. Il est indispensable de savoir poser les prothèses endo-bronchiques. Cependant, si l'utilisation des prothèses en Silastic est bien codifiée et relativement sûre, l'utilisation des prothèses métalliques nécessite beaucoup plus de circonspection et de prudence en attendant des informations plus complètes sur les avantages et inconvénients respectifs des différents modèles disponibles.

Références

1. DUMON JF, SHAPSAY S, BOURCEREAU J *et al.* : Principles of safety in application of Neodymium-YAG Laser in bronchology. *Chest* 1984;86:163-8.
2. PERRIN G, COLT HG, MARTIN C, MAK MA, DUMON JF, GOUIN F : Safety of interventional rigid bronchoscopy using

- intravenous anesthesia and spontaneous assisted ventilation. *Chest* 1992;102:1526-30.
3. HANOWELL LH, MARTIN WR, SAVELLE JE, FOPPIANO LE : Complications of general anesthesia for Nd:YAG Laser resection of endobronchial tumors. *Chest* 1991;99:72-6.
 4. MESSIANT F, MARQUETTE C, NEVIERE R, RAMON P, DUVERGER D, MATHIEU D : Systemic air embolism after Laser resection of a tracheal tumor. *Intensive Care Med* 1995;21:192-3.
 5. KRAWTZ S, MEHTA AC, WIEDEMANN HP, DEBOER G, SCHOEPF KD, TOMASZEWSKI MZ : Nd-YAG Laser-induced endobronchial burn. Management and long-term follow-up. *Chest* 1989;95:916-8.
 6. RAMSER E, BAEMIS J Jr : Laser bronchoscopy. *Clin Chest Med* 1995;16-3:415-26.
 7. HETZEL MR, SMITH SGT : Endoscopic palliation of tracheo-bronchial malignancies. *Thorax* 1991;46:325-33.
 8. CAVALIERE S, VENUTA F, FOCCOLI P, TONILELLI C, LA FACE B : Endoscopic treatment of malignant airway obstructions in 2, 008 patients. *Chest* 1996;110:1536-42.
 9. MEHTA AC, HARRIS RJ, DE BOER GE : Endoscopic management of benign airway stenosis. *Chest Med* 1995;16-3:401-13.
 10. MEHTA, AC LEE FY, CORDASCO EM, KIRBY T, ELIACHAR I, DE BOER G : Concentric tracheal and subglottic stenosis. Management using the Nd-YAG laser for mucosal sparing followed by gentle dilatation. *Chest* 1993;104:673-77.
 11. BAUGNÉE PE, MARQUETTE CH, RAMON Ph, DARRAS J, WURTZ A : Traitement endoscopique des sténoses trachéales post-intubation. *Rev Mal Resp* 1995;12:585-92.
 12. MAIWAND MO, HOMASSON JP : Cryotherapy for tracheobronchial disorders. *Clin Chest Med* 1995;16-3:427-443.
 13. PETROU M, GOLDSTRAW P : The management of tracheo-bronchial obstruction: a review of endoscopic techniques. *Eur J Cardio-Thorac Surg* 1994;8:436-41.
 14. BOLLIGER CT : Introduction to different approaches to intra-bronchial treatment. *Monaldi Arch Chest Dis* 1996;51-4:316-24.
 15. DUMON JF : A dedicated tracheobronchial stent. *Chest* 1990;97:328-32.
 16. VERGNON JM, COSTES F, BAYON MC, EMONOT A : Efficacy of tracheal and bronchial stent placement on respiratory functional tests. *Chest* 1995;107:741-46.
 17. COLT HG, HARELL J, NEUMAN TR, ROBBINS T : External fixation of subglottic tracheal stents. *Chest* 1994;105:1653-57.
 18. FREITAG L, EICKER R, LINZ B, GRESCHUCHNA D : Theoretical and experimental basis for the development of a dynamic airway syent. *Eur Respir J* 1994;7:2038-45.
 19. COLT HG, DUMON JF : Airway stents. Present and future. *Clin Chest Med* 1995;16-3:465-78.
 20. FILLER RM, FORTE V, FRAGA JC, MATUTE J : The use of expandable metallic airway stents for tracheobronchial obstruction in children. *J Pediatr Surg* 1995;30:1050-6.
 21. NASHEF S, DROMER C, VELLY JF : Expanding wire stents in benign tracheobronchial disease. Indications and complications. *Ann Thorac Surg* 1992;54:937-40.
 22. BOLLIGER CT, PROBST R, HAESSINGER K : A covered airway wallstent for the treatment of malignant tracheobronchial stenoses. *Am J Respir Crit Care* 1995;151:A843.