ARTICLE ORIGINAL

Corrélation entre la tomodensitométrie et l'endoscopie dans la caractérisation de la sténose trachéale

Correlation Between Computed Tomography and Endoscopy in the Characterization of Tracheal Stenosis

Jihene Gharsalli, Houda Chahed, Wafa Atrous, Maissa Lahjouri, Maha Mejbri, Rihab Lahmer, Azza Mediouni, Rim Zainine, Mohamed Ben Amor, Najeh Beltaief

Service d'ORL et de chirurgie maxillo-faciale, Hôpital La Rabta, Tunis, Tunisie

Résumé

Introduction : Une évaluation préopératoire précise de la sténose trachéale est essentielle pour orienter le traitement. La bronchoscopie est le « gold standard », mais le scanner offre des résultats prometteurs. Cette étude compare la précision du scanner et de la bronchoscopie dans la caractérisation de la sténose trachéale.

Méthodes : Une étude descriptive et analytique sur 10 ans (2013-2023) a inclus 20 patients atteints de sténose trachéale confirmée par scanner et bronchoscopie. Les paramètres étudiés incluaient la distance sténose-glotte, l'atteinte sous-glottique, la longueur de la sténose, le grade de sténose (classification de Meyer-Cotton) et l'état de la muqueuse.

Résultats : La distance moyenne sténose-glotte était de 34 mm dans les deux examens, avec une corrélation significative (r=0,777, p=0,000). La longueur moyenne était de 17,6 mm au scanner et 15,8 mm à la bronchoscopie, avec une corrélation significative (r=0,689, p=0,001). Dans deux cas, la sténose était infranchissable par le bronchoscope. Le scanner a correctement prédit le grade de sténose dans 70 % des cas (r=0,736, p=0,000). La sensibilité pour détecter l'atteinte sous-glottique était de 50 % et pour les granulomes de 25 %, avec des spécificités respectives de 94,4 % et 93,8 %.

Conclusion : Le scanner corrèle bien avec la bronchoscopie pour mesurer la distance, la longueur et le grade de sténose, mais reste limité pour détecter l'atteinte sous-glottique et les granulomes. Une combinaison des deux techniques est recommandée pour une évaluation optimale avant traitement.

Mots-clés : Sténose trachéale, bronchoscopie, tomodensitométrie, bronchoscopie virtuelle

Abstract

Introduction: Accurate preoperative evaluation of tracheal stenosis is essential for guiding treatment decisions. Bronchoscopy is considered the "gold standard," but computed tomography (CT) provides promising results. This study aims to compare the accuracy of CT and bronchoscopy in characterizing tracheal stenosis.

Methods: A descriptive and analytical study conducted over 10 years (2013–2023) included 20 patients with tracheal stenosis confirmed by CT and bronchoscopy. The evaluated parameters were the distance from the stenosis to the glottis, subglottic involvement, stenosis length, stenosis grade (Meyer-Cotton classification), and mucosal condition.

Results: The average distance from the stenosis to the glottis was 34 mm in both exams, with significant correlation (r=0.777, p=0.000). The mean stenosis length was 17.6 mm on CT and 15.8 mm on bronchoscopy, also with significant correlation (r=0.689, p=0.001). In two cases, the stenosis was complete and impassable by the bronchoscope. CT accurately predicted the stenosis grade in 70% of cases (r=0.736, p=0.000). Sensitivity for detecting subglottic involvement was 50%, and for granulomas, 25%, with specificities of 94.4% and 93.8%, respectively.

Conclusion: CT correlates well with bronchoscopy in measuring the distance to the glottis, stenosis length, and grade but is less effective for detecting subglottic involvement and granulomatous lesions. Combining both techniques is recommended for optimal pre-treatment evaluation of tracheal stenosis.

Key words: Tracheal stenosis, bronchoscopy, tomography, virtual bronchoscopy

Correspondance
Jihene Gharsalli
Service d'ORL et de chirurgie maxillo-faciale, Hôpital La Rabta, Tunis, Tunisie
Email: jihene.gharsalli.94@gmail.com

LA TUNISIE MEDICALE-2026; Vol 104 (03): 451-455 DOI: 10.62438/tunismed.v104i03.5728

Cet article est distribué selon les termes de la licence internationale Creative commons Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale 4.0 International(CC BY-NC-ND 4.0) qui autorise l'utilisation non commerciale, la production, la reproduction et la distribution, à condition que l'auteur original et la source soient mentionnés.

Introduction

La sténose trachéale est un rétrécissement de la trachée qui peut être congénitale ou acquise. Ces dernières sont beaucoup plus fréquentes et souvent dues à une cicatrisation pathologique de la paroi trachéale, le plus fréquemment par intubation trachéale prolongée (1). Leur prise en charge est actuellement bien standardisée mettant en œuvre différents moyens thérapeutiques tels que la résection anastomose trachéale, des dilatations endoscopiques ou encore une résection au laser. Mais pour pouvoir indiquer la prise en charge thérapeutique la mieux adaptée, une caractérisation de la sténose est nécessaire. Pour longtemps, la bronchoscopie directe était considérée le gold standard permettant une étude précise de la longueur de la sténose, sa distance par rapport au plan glottique et son importance. Cette endoscopie reste néanmoins non dénudée de risque ; elle reste un examen invasif qui nécessite une anesthésie générale (2). Actuellement, le scanner cervical avec des reconstructions 2D et 3D est en plein essor permettant l'analyse de l'importance et de l'extension de la sténose et constitue un élément clé dans la planification de la prise en charge thérapeutique. Notre objectif était de comparer les résultats du scanner et de la trachéoscopie dans la caractérisation de la sténose trachéale.

Méthodes

Nous avons mené une étude descriptive analytique sur une période de 10 ans entre 2013 et 2023 incluant des patients porteurs de sténose trachéale. La sténose trachéale a été objectivée sur le scanner et la bronchoscopie.

Le scanner sans et avec injection du produit de contraste réalisé avec reconstruction multi-planaire dans tous les cas et avec reconstruction 3D dans certains cas.

Nous avons comparé les caractéristiques de la sténose retrouvées sur le scanner et sur la bronchoscopie. Nous avons étudié la distance de la sténose par rapport à la glotte, l'atteinte de la sous-glotte, la longueur de la sténose, le grade de la sténose selon la classification de Meyer-Cotton, l'aspect inflammatoire ou constitué et les lésions associées.

Pour cela, nous avons utilisé le test de corrélation de Pearson pour comparer la distance de la sténose par rapport à la glotte, sa longueur et son degré entre les deux examens. Les résultats ont été reportés avec leurs intervalles de confiance à 95 % (IC 95 %). Un $p < 0,05$ était considéré significatif. Nous avons considéré qu'une différence inférieure ou égale à 5 mm de longueur ou de distance par rapport à la glotte, témoignait de la présence de correspondance entre les deux examens.

En considérant que la bronchoscopie est le Gold standard pour une évaluation pré-thérapeutique de la sténose trachéale, on a calculé la sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive positive, la valeur prédictive négative et la précision du scanner à dépister d'une part l'atteinte de la sous-glotte et d'autre part, la présence de granulome inflammatoire de la trachée associé à la sténose.

Résultats

Notre étude a inclus 20 patients avec 11 hommes et 9 femmes. L'âge moyen de nos patients était 30 ans [8-67 ans]. Ils avaient tous un antécédent de séjour en unité de réanimation avec intubation dans tous les cas et trachéotomie pour intubation prolongée dans 6 cas. La durée moyenne d'intubation (± trachéotomie) était de 19,8 jours [2-65 jours]. La présentation clinique des patients est résumée dans le Tableau 1. Des dilatations endoscopiques ont été réalisées chez 14 patients avec mise en place d'une prothèse trachéale chez un patient et d'un tube de Montgomery chez un autre patient. Une résection anastomose a été pratiquée chez six patients et une résection au laser chez un seul patient.

Tableau 1. Particularités épidémiologiques des patients

Patient n°	Age	Genre	Antécédents médicaux	Motif d'intubation	Durée d'intubation ± trachéotomie (jours)
1	8	F	-	Chirurgie de craniopharyngiome	12
2	20	H	-	EME compliquant une méningoencéphalite	5
3	63	H	Cancer du colon	Exacerbation de BPCO	4
4	67	F	HTA, diabète, dyslipidémie	Infection au Covid19	45
5	13	H	-	AVP avec TC grave	5
6	15	H	-	AVP avec TC grave	5
7	13	H	-	AVP avec TC grave	6
8	16	H	-	Brulure	10
9	14	F	-	Prématurité	60
10	16	F	-	Prématurité	58
11	31	F	Diabète	Coma toxique	24
12	19	F	-	Coma toxique	17
13	19	F	-	Coma toxique	12
14	25	F	-	Coma toxique	11
15	32	H	-	AVP avec TC grave	10
16	40	H	-	AVP avec TC grave	2
17	48	F	HTA	AVC hémorragique	7
18	50	H	HTA, épilepsie	Chirurgie pour dissection de l'aorte	65
19	51	H	-	AVP avec traumatisme thoracique et crânien	25
20	40	H	-	AVP	15

AVC : Accident vasculaire cérébral, **AVP** : Accident de la voie publique, **BPCO** : Bronchopneumopathie chronique obstructive, **EME** : Etat de mal épileptique, **F** : Femme, **H** : Homme, **HTA** : Hypertension artérielle, **TC** : Traumatisme crânien

Tous les patients ont eu, dans le cadre de l'évaluation pré-thérapeutique, un scanner et une bronchoscopie (Figure 1 et 2). Le délai moyen entre la réalisation du scanner et de la bronchoscopie était de 8 jours [1-40 jours].

On a trouvé que la distance moyenne entre la sténose et la glotte était, sur le scanner, 34 ± 16,5 mm, [5-80 mm] et sur la bronchoscopie 34 ± 15,9 mm, [10-70 mm]. La distance

par rapport au plan glottique au scanner correspondait à celle retrouvée sur la bronchoscopie dans 45% des cas (9/20) avec une corrélation significative entre les deux examens (r= 0,777, p= 0,0001, IC 95 % [0,51 ; 0,91]). La longueur moyenne de la sténose était 17,6 ± 10 mm, [5-40 mm] sur le scanner et 15,8 ± 10 mm [5-30 mm] sur la bronchoscopie. Dans deux cas la sténose était complète, infranchissable par le bronchoscope limitant l'exploration de sa longueur. La longueur de la sténose sur le scanner correspondait à celle de la bronchoscopie dans 55% des cas (11/20) avec une corrélation significative entre les deux examens (r= 0,689, p=0,001, IC 95 % [0,36 ; 0,87]).
La sténose était de grade 1 dans 2 cas, de grade 2 dans 10 cas, de grade 3 dans 7 cas et de grade 4 dans 1 cas selon les résultats de la bronchoscopie. Quant au scanner, il a révélé une sténose de grade 1 dans 1 cas, de grade 2 dans 8 cas, de grade 3 dans 10 cas et de grade 4 dans 1 cas.
Le scanner a pu prédire le grade de la sténose trouvée à la bronchoscopie dans 70% des cas (14/20). Il a surestimé le grade de la sténose dans 5 cas, d'un seul grade dans tous les cas et dans 1 cas, il a sous-estimé la sténose d'un grade. La corrélation a été significative entre les deux examens pour le grade de la sténose (r= 0,736, p= 0,0001, IC 95 % [0,44 ; 0,89]).
La bronchoscopie a montré une sténose inflammatoire dans 14 cas et fibreuse dans 6 cas. Le scanner associé à une injection de produit de contraste (5 cas), a montré un rehaussement minime de la sténose dans 3 cas. Par contre, le scanner n'était pas performant pour dépister l'atteinte sous-glottique ni la présence d'un granulome inflammatoire associé à la sténose, en raison de sa faible sensibilité dans les deux cas. Cependant, il présentait une spécificité et une valeur prédictive négative élevées, le rendant fiable pour exclure ces pathologies lorsqu'elles sont absentes (Tableau 2).

Tableau 2. Apport du scanner à dépister l'atteinte sous-glottique et la présence de granulome inflammatoire associé

Caractère étudié	Se (%)	Sp (%)	VPP (%)	VPN (%)	Précision (%)
Atteinte sous-glottique	50	94,4	50	94,4	90
Présence de granulome	25	93,8	50	83,3	80

Se : Sensibilité, **Sp** : Spécificité, **VPP** : Valeur Prédictive Positive, **VPN** : Valeur Prédictive Négative

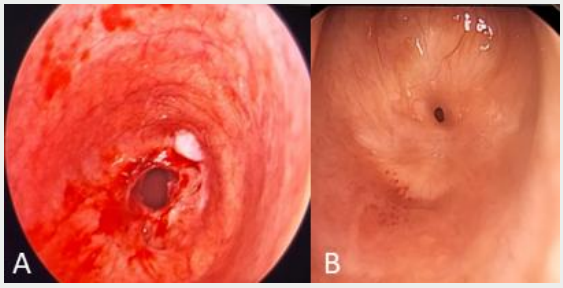


Figure 1. Images endoscopiques d'une sténose trachéale inflammatoire de grade II selon Cotton Meyer (A) et d'une autre constituée de grade III (B)

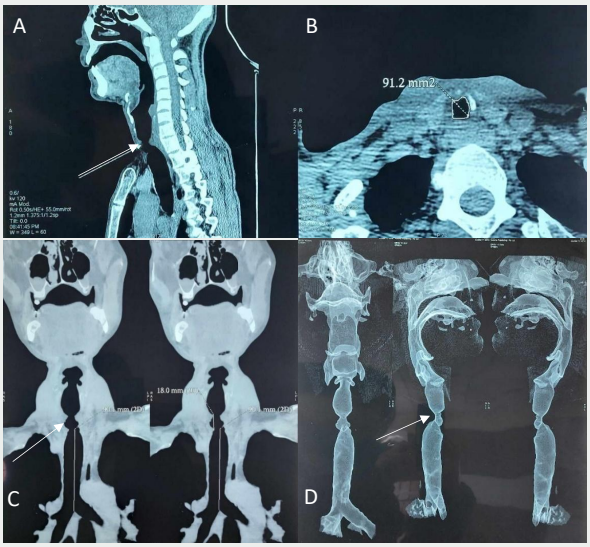


Figure 2. Tomodensitométrie cervico-thoracique avec reconstruction multi-planaire (A, B, C) et reconstruction 3D (D) objectivant une sténose trachéale (Flèche blanche) en regard de la cicatrice de trachéotomie à 25 mm du plan glottique, étendue sur 18 mm qui réduit la lumière trachéale entre 74 et 80% (Grade IV de Meyer Cotton)

Discussion

La sténose trachéale reste une pathologie dont la prise en charge est complexe et nécessite une bonne planification préopératoire.
La bronchoscopie permet une visualisation directe de la sténose avec la possibilité de prendre des mesures de sa longueur, sa distance par rapport à la glotte et de son diamètre. Elle permet de décrire l'état de la muqueuse et de préciser si elle inflammatoire ou fibrosée. Elle permet également d'objectiver d'autres lésions associées qui conditionnent la conduite ultérieure comme une trachéomalacie qui n'est pas rare chez ces patients ou une fistule oeso-trachéale ou des granulomes inflammatoires. D'autres gestes sont possibles grâce à cet examen permettant de faire des biopsies ou un geste thérapeutique tel que des dilatations de la sténose, une pose de stent ou encore une exérèse de granulome inflammatoire (3,4).
Tous ces avantages ont fait de la bronchoscopie un Gold standard dans l'évaluation des sténoses trachéales. Cependant, elle connait certaines limites comme la sténose infranchissable. Dans ce cas on ne pourrait pas estimer la longueur de la sténose ni évaluer l'état de la muqueuse au-delà de l'obstacle. Par ailleurs, certains patients pourraient présenter un grand risque anesthésique.
Le scanner représente un atout majeur dans ces cas, mais son utilité ne s'arrête pas là. En effet, son rôle dans l'évaluation précise des sténoses trachéo-bronchiques est bien établi depuis de nombreuses années. Quint et al. ont démontré en 1995 que le scanner en coupe axiale et la reconstruction multi-planaire offraient chacun une précision de 91 % pour diagnostiquer la sténose trachéo-bronchique chez les patients non transplantés (5). De plus, en 1997, Ferretti et al. ont mis en évidence la capacité de la reconstruction 3D à générer une bronchoscopie virtuelle, permettant de visualiser avec

précision les caractéristiques anatomiques des sténoses des voies aériennes (6).

Nous nous sommes intéressés à comparer l'apport du scanner et de la bronchoscopie dans la caractérisation de la sténose trachéale.

Dans notre série nous avons trouvé une corrélation significative entre les deux examens concernant la longueur de la sténose, la distance par rapport à la glotte et le grade de la sténose avec un coefficient de corrélation respectivement égal à 0,689, 0,777 et 0,736.

Le scanner avec reconstruction multi-planaire a montré une sensibilité de 86 à 89 % et une spécificité de 100 % pour les mesures de grade de la sténose, sa longueur et sa distance par rapport aux cordes vocales, avec une valeur prédictive positive variant de 91 à 100 % (7).

La coupe coronale ou coronale oblique permet de visualiser la sténose sur toute sa longueur et surtout en association avec la technique de projection à intensité minimum qui offre un meilleur contraste entre la lumière et la paroi trachéale (8). Elle permet, ainsi, en association avec la coupe sagittale, d'obtenir une meilleure estimation de la longueur de la résection trachéale en préopératoire (94,6 %) comparée à la fibroscopie souple (86,5 %) (7).

En revanche, Carretta et al. ont démontré que la bronchoscopie rigide et la fibroscopie souple étaient plus performantes que le scanner avec reconstruction 2D pour mesurer la longueur de la sténose, détecter l'atteinte de la sous-glotte et identifier les fistules œso-trachéales (3). Dans notre série, la sensibilité du scanner dans la détection de l'atteinte sous-glottique était faible (50 %) mais avec une spécificité de 94,4%. La bronchoscopie rigide a présenté la meilleure performance pour détecter l'atteinte de la sous-glotte, affichant une sensibilité de 67 %, une spécificité de 100 %, une précision de 92 %, une valeur prédictive positive de 100 % et une valeur prédictive négative de 90 % (3).

La bronchoscopie virtuelle (reconstruction 3D) permet de dépister les sténoses trachéobronchiques avec une précision de 98 % (9). Par ailleurs, Elle a montré une sensibilité de 94 à 97 % par rapport à la fibroscopie souple pour l'analyse du grade de la sténose, de sa longueur et de sa distance par rapport aux cordes vocales, avec une spécificité atteignant 100 % (7). Cette bonne corrélation entre la fibroscopie souple et la bronchoscopie virtuelle (r=0,91) serait lié, entre autres, à l'architecture relativement simple de la trachée surtout comparée à d'autres niveaux des voies aériennes, comme l'étage sus-glottique (9,10). En effet en comparant la surface de coupe des voies aériennes entre la bronchoscopie souple et le scanner avec reconstruction 3D, Calloway a trouvé une bonne corrélation, avec des différences de mesures variant de 0 % à 7 % (10).

La bronchoscopie virtuelle a permis une meilleure estimation du grade par rapport aux coupes axiales (r = 0,84) et aux reconstructions multi-planaires (r = 0,84), qui avaient tendance à surestimer le grade (9). Dans notre série, le scanner avec reconstruction multi-planaire a surestimé le grade de la sténose dans 5 cas. Cela pourrait être dû au fait que le scanner ne permet pas de distinguer le mucus de la paroi trachéale (10). Un autre avantage notable de la bronchoscopie virtuelle est qu'elle permet d'explorer la trachée au-delà d'une sténose serrée infranchissable par le bronchoscope (8).

D'autres auteurs ont établi à partir de la bronchoscopie virtuelle des scores de sévérité de la sténose congénitale aidant le praticien à choisir le traitement adapté pour chaque enfant. Benabu et al. ont étudié la dynamique du flux aérien (11). Elle était corrélée à la sévérité clinique de la sténose (11). Kuo et al. ont établi des images de reconstruction 3D en utilisant la technologie d'extraction d'isosurfaces et ont calculé la surface de section transversale ainsi que le volume et ont établi une classification qui définit le grade I comme une sténose légère, qui doit être surveillée sur une longue période avec des examens périodiques ; le grade II comme une sténose pouvant nécessiter un traitement chirurgical ; et le grade III comme une sténose sévère, qui doit être traitée immédiatement sans nécessiter de jugement supplémentaire (12). Yamato et al. ont mené une étude rétrospective analysant les scanners des patients pris en charge pour sténose trachéale congénitale et ont conclu que le diamètre le plus serré de la trachée ne doit pas dépasser 2,7 mm et/ ou 40% du diamètre normal chez un patient peu symptomatique pour pouvoir procéder à un traitement conservateur (13).

Pour certains auteurs, la bronchoscopie rigide reste un gold standard dans l'évaluation de la sténose trachéale et le choix du traitement. Le scanner et la fibroscopie bronchique sont des examens complémentaires permettant d'améliorer la performance diagnostique (3). La bronchoscopie est meilleure que le scanner dans l'évaluation de l'état de la muqueuse et le diagnostic des lésions associées comme les granulomes inflammatoires et la trachéomalacie. Ces données conditionnent la stratégie thérapeutique. Dans notre série, le scanner avait une faible sensibilité pour le dépistage des granulomes inflammatoires (25%) et a montré un faible rehaussement de la sténose dans seulement 3 cas témoignant d'une sténose inflammatoire. Le scanner étant habituellement réalisé en inspiration ne permet pas une étude dynamique des voies aériennes et peut passer à côté d'une anomalie de l'élasticité de la paroi comme lors de la trachéomalacie (10).

Pour les sténoses nécessitant un calibrage, le scanner est un outil précieux pour le choix du stent, en fonction de son diamètre et de sa longueur (14). Il permet également un suivi postérieur à la mise en place du stent, en détectant des complications telles que la migration, la fracture, le rétrécissement de la lumière ou la perforation de la trachée (15). De plus, il joue un rôle important dans le suivi post-opératoire des résections anastomoses (3).

Cependant, Nobuyama et al. ont montré, dans une étude prospective, que la bronchoscopie stéréoscopique permet non seulement des mesures précises, mais aussi la mise en place du stent dans le même temps opératoire. À l'inverse, les mesures fournies par le scanner, réalisé avant l'intervention, peuvent être altérées en raison de l'évolution de la sténose entre le moment du scanner et l'opération (16). Il convient également de noter qu'en cas de sténoses sévères, il est souvent difficile pour les patients de maintenir une pause respiratoire pendant l'acquisition des images, ce qui peut entraîner des erreurs

de mesure (16).

Les résultats de notre étude présentent une variabilité liée au faible effectif, ce qui en limite la généralisation. Des études prospectives multicentriques seront nécessaires pour confirmer ces observations.

Conclusion

Le scanner présente une bonne corrélation avec la bronchoscopie pour évaluer la sténose trachéale, mais nous pensons qu'une association des deux examens reste essentielle pour une évaluation pré-thérapeutique optimale. Le scanner fournit des informations précises sur les dimensions de la sténose et les tissus environnants, tandis que la bronchoscopie permet une visualisation directe de la muqueuse et des interventions immédiates, comme la mise en place d'un stent.

Pour les patients avec une sténose infranchissable ou à risque anesthésique accru, les nouvelles techniques de scanner, comme l'endoscopie virtuelle, offrent une alternative intéressante. Cette méthode permet de reconstruire en 3D les voies aériennes sans intervention invasive, réduisant ainsi les risques liés aux procédures endoscopiques classiques.

En résumé, l'utilisation conjointe du scanner et de la bronchoscopie permet une meilleure caractérisation de la sténose et un choix thérapeutique plus précis, tout en offrant des solutions adaptées aux patients à haut risque.

Références

1. Acar T, Bayraktaroglu S, Ceylan N, Savas R. Computed tomography findings of tracheobronchial system diseases: a pictorial essay. Jpn J Radiol. 2015 Feb;33(2):51–8.
2. Chaddha U, Murgu S. Complications of rigid bronchoscopy. Respirology. 2021;26(1):14–8.
3. Carretta A, Melloni G, Ciriaco P, Libretti L, Casiraghi M, Bandiera A, et al. Preoperative assessment in patients with postintubation tracheal stenosis: Rigid and flexible bronchoscopy versus spiral CT scan with multiplanar reconstructions. Surg Endosc. 2006 Jun;20(6):905–8.
4. Batra H, Yarmus L. Indications and complications of rigid bronchoscopy. Expert Review of Respiratory Medicine. 2018 Jun 3;12(6):509–20.
5. Quint LE, Whyte RI, Kazerooni EA, Martinez FJ, Cascade PN, Lynch JP, et al. Stenosis of the central airways: evaluation by using helical CT with multiplanar reconstructions. Radiology. 1995 Mar;194(3):871–7.
6. Ferretti GR, Knoplioch J, Bricault I, Brambilla C, Coulomb M. Central airway stenoses: preliminary results of spiral-CT-generated virtual bronchoscopy simulations in 29 patients. Eur Radiol. 1997 Jul;7(6):854–9.
7. Morshed K, Trojanowska A, Szymański M, Trojanowski P, Szymańska A, Smoleń A, et al. Evaluation of tracheal stenosis: comparison between computed tomography virtual tracheobronchoscopy with multiplanar reformatting, flexible tracheofiberoscopy and intra-operative findings. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2011 Apr;268(4):591–7.
8. McInnis MC, Weisbrod G, Schmidt H. Advanced Technologies for Imaging and Visualization of the Tracheobronchial Tree. Thoracic Surgery Clinics. 2018 May;28(2):127–37.
9. Hoppe H, Walder B, Sonnenschein M, Vock P, Dinkel HP. Multidetector CT Virtual Bronchoscopy to Grade Tracheobronchial Stenosis. American Journal of Roentgenology. 2002 May;178(5):1195–200.
10. Calloway HE, Kimbell JS, Davis SD, Retsch-Bogart GZ, Pitkin EA, Abode K, et al. Comparison of Endoscopic versus 3D CT Derived Airway Measurements. Laryngoscope. 2013 Sep;123(9):2136–41.
11. Mimouni-Benabu O, Meister L, Giordano J, Fayoux P, Loundon N, Triglia JM, et al. A preliminary study of computer assisted evaluation of congenital tracheal stenosis: A new tool for surgical decision-making. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology. 2012 Nov;76(11):1552–7.
12. Kuo CFJ, Leu YS, Kuo R, Su CH, Yuan TC, Ke BH, et al. Three-dimensional reconstruction of trachea using computed tomography imaging as therapy for tracheal stenosis in infants. Computer Methods and Programs in Biomedicine. 2016 Aug;132:177–87.
13. Yamoto M, Fukumoto K, Sekioka A, Iwazaki T, Sano K, Takahashi T, et al. Non-operative management of congenital tracheal stenosis: criteria by computed tomography. Pediatr Surg Int. 2019 Oct;35(10):1123–30.
14. Godoy MCB, Saldana DA, Rao PP, Vlahos I, Naidich DP, Benveniste MF, et al. Multidetector CT Evaluation of Airway Stents: What the Radiologist Should Know. RadioGraphics. 2014 Nov;34(7):1793–806.
15. Dialani V, Ernst A, Sun M, Lee KS, Feller-Kopman D, Litmanovich D, et al. MDCT Detection of Airway Stent Complications: Comparison with Bronchoscopy. American Journal of Roentgenology. 2008 Nov;191(5):1576–80.
16. Nobuyama S, Sato T, Handa H, Nishine H, Inoue T, Mineshita M, et al. Comparison of Airway Measurements for Tracheobronchial Stenosis Between Stereoscopic Bronchoscope and MD-CT. Journal of Bronchology & Interventional Pulmonology. 2017 Oct;24(4):296–302.