

# Voies aérifères supérieures : analyse tridimensionnelle et effets du traitement par appareils fonctionnels

Marie A. CORNELIS\*, Paolo M. CATTANEO

Vennelyst boulevard 9, 8000 Aarhus, Danemark

## MOTS CLÉS :

Voies aérifères supérieures /  
Imagerie volumétrique  
par faisceau conique /  
Morphologie craniofaciale /  
Appareils fonctionnels

**RÉSUMÉ – Introduction :** Cet article résume, autour de trois questions, les principales lignes de recherche sur les voies aérifères supérieures menées à l'Université d'Aarhus. 1. Les voies aérifères supérieures peuvent-elles être évaluées de manière fiable par Cone Beam CT (CBCT) ? 2. Y a-t-il un lien entre les dimensions des voies aérifères et la morphologie craniofaciale ? 3. Les appareils fonctionnels augmentent-ils le volume des voies aérifères supérieures ?

## Matériels et méthodes :

1. Les CBCTs de 34 patients ont été utilisés pour évaluer tridimensionnellement les voies aérifères supérieures comparant mesures linéaires, surfaces et volumes.
2. Les CBCTs de 90 adultes sains présentant une classe I, II ou III squelettique ont été comparés. Les dimensions des voies aérifères supérieures ont été corrélées avec les mesures céphalométriques en 3D.
3. Une étude rétrospective sur CBCT a étudié les changements des voies aérifères supérieures après traitement par appareils fonctionnels chez 20 patients.

## Résultats :

1. Les voies aérifères supérieures ne peuvent être décrites correctement par des mesures linéaires.
2. Aucune corrélation n'a pu être identifiée entre la dimension et la morphologie des voies aérifères supérieures et les morphologies squelettiques sagittales de classe I, II ou III.
3. Une augmentation de volume des voies aérifères supérieures a été observée après traitement par appareils fonctionnels, principalement au niveau de l'oropharynx.

**Discussion :** Une analyse tridimensionnelle donne une meilleure représentation des caractéristiques anatomiques des voies aérifères supérieures. Ce type d'analyse tridimensionnelle a permis de mettre en évidence un effet positif du traitement par appareils fonctionnels sur l'oropharynx, chez des patients sains en croissance.

## KEYWORDS:

Upper airway /  
Cone-Beam Computed  
Tomography /  
Craniofacial morphology /  
Functional Appliances

**ABSTRACT – Upper airways: tridimensional analysis and effect of treatment by functional appliances. Introduction:** This article revolves around three questions summarizing the main lines of research into the upper airways conducted at Aarhus University. 1. Can the upper airway be reliably evaluated by Cone Beam CT (CBCT)? 2. Is there a link between airway dimension and craniofacial morphology? 3. Do functional appliances increase the volume of the upper airway?

## Materials and methods:

1. The CBCTs of 34 patients were used for this three-dimensional assessment of the upper airway, comparing linear measurements, surfaces and volumes.

\* Auteur pour correspondance : marie.cornelis@dent.au.dk

2. CBCTs of 90 healthy adults with skeletal class I, II or III were compared. The dimensions of the upper airway were correlated with the cephalometric measurements in 3D.
3. A retrospective CBCT study investigated changes in the upper airway after functional appliance therapy in 20 patients.

#### Results:

1. The upper airway cannot be correctly described using linear measurements.
2. No correlation could be identified between the size and morphology of the upper airway and the morphology of sagittal skeletal class I, II or III malocclusions.
3. An increase in volume of the upper airway was observed after treatment with functional appliances, mainly at the level of the oropharynx.

**Discussion:** A three-dimensional analysis by CBCT gives a better representation of the anatomical characteristics of the upper airway. This type of 3D analysis revealed a positive effect of treatment by functional appliances on the oropharynx in healthy, growing patients.

## 1. Introduction

Les voies aérifères supérieures sont une structure complexe délimitée par des tissus osseux, du cartilage et des tissus mous, adaptés aux fonctions de respiration, déglutition et phonation. L'influence du mode de respiration sur la croissance faciale était au centre des préoccupations de la communauté orthodontique dans les années 70, où des modifications significatives, mais cliniquement non pertinentes, de la croissance transversale ont été décrites après adénoïdectomie<sup>14,16</sup>. Adénoïdectomie et tonsillectomie ont souvent été recommandées dans le but de modifier le mode de respiration<sup>15,17</sup>. L'impact du mode de respiration et de la posture de la tête sur le type de croissance faciale a été décrit dans la *soft-tissue stretching hypothesis* de Solow et Kreiborg<sup>23</sup>, affirmant qu'un changement de posture de la mâchoire causé par la respiration buccale pouvait entraîner un étirement des lèvres, des joues et de la musculature, se traduisant par des incisives rétroclinées et des arcades dentaires plus étroites, comme observé chez les patients présentant une croissance de type face longue. Harvold<sup>9</sup>, quant à lui, a mis en évidence diverses altérations squelettiques, dentaires et musculaires chez des animaux dont les voies aérifères nasales étaient obstruées artificiellement : une élongation du visage et un articulé croisé ont été notés chez les animaux maintenant leur respiration buccale par un abaissement constant de la mandibule, tandis que la tendance opposée a été observée chez les animaux inspirant l'air en ouvrant et fermant la bouche de manière cyclique.

À cette époque, les mesures linéaires et angulaires effectuées sur téléradiographies de profil constituaient la méthode de choix pour explorer le développement craniofacial, y compris la fonction nasorespiratoire (ventilation nasale)<sup>10,18,19,20,24</sup>.

Warren et Spalding<sup>25</sup> ont déclaré que la relation entre la fonction nasorespiratoire et le développement dentofacial était cependant controversée. Ils ont attiré l'attention sur les limitations de mesures céphalométriques bidimensionnelles en tant qu'indicateurs des dimensions des voies aérifères supérieures. En effet, les résultats controversés sur les relations entre la morphologie craniofaciale et la dimension et la morphologie des voies aérifères pourraient être liés aux méthodes bidimensionnelles utilisées et aux paramètres choisis pour la détermination du mode respiratoire.

De toute évidence, des mesures bidimensionnelles ne peuvent décrire correctement la morphologie complexe des voies aérifères et elles omettent une grande partie des informations anatomiques nécessaires à une évaluation correcte. Les téléradiographies de profil souffrent de limitations sévères liées à leur représentation bidimensionnelle de structures tridimensionnelles : distorsion, facteurs de magnification différents, superposition des structures craniofaciales bilatérales et, en outre, faible reproductibilité en raison des difficultés inhérentes à l'identification des points de repère céphalométriques<sup>1,3,4</sup>. Un autre inconvénient majeur des téléradiographies de face et de profil est le manque d'informations concernant les surfaces de sections transverses et les volumes. Les scanners médicaux

(CT) et l'imagerie par résonance magnétique (IRM) permettent de décrire la véritable morphologie 3D des voies aérifères ; toutefois, leur utilisation est limitée par le rayonnement élevé, le coût et l'accès limité<sup>22</sup>. Le CBCT, de par sa faible dose de rayonnement effective, représente une technique alternative au CT scanner pour une évaluation complète de la tête et du cou<sup>5</sup>.

L'une des premières indications des appareils fonctionnels était liée à leur effet sur les voies aérifères supérieures. En effet, en 1934, Pierre Robin a suggéré d'utiliser un appareil intra-oral pour avancer la mandibule de nouveau-nés présentant une rétrognathie, empêchant ainsi la relocalisation postérieure de la langue pendant le sommeil et la survenue d'un collapsus oropharyngé<sup>21</sup>. Ce concept est maintenant largement utilisé, avec des appareils similaires, chez les patients adultes souffrant d'apnée obstructive du sommeil, afin d'éviter un collapsus des voies aérifères supérieures pendant le sommeil<sup>6</sup>. Le concept de propulsion de la mandibule étant utilisé en orthopédie dento-faciale par l'utilisation d'appareils fonctionnels stimulant la croissance mandibulaire chez des patients présentant une rétrognathie mandibulaire et en croissance<sup>2</sup>, plusieurs auteurs ont émis l'hypothèse que le traitement orthopédique fonctionnel de ces patients pourrait entraîner un élargissement des voies aérifères oropharyngées, et certains ont même suggéré une réduction possible du risque de futurs problèmes respiratoires<sup>8,12</sup>. Cependant, dans la plupart de ces études, l'évaluation des voies aérifères supérieures n'était basée que sur des téléradiographies de profil.

Cet article résume, articulées autour de trois questions, les principales lignes de recherche sur les voies aérifères supérieures menées à l'Université d'Aarhus, au Danemark.

- Les voies aérifères supérieures peuvent-elles être évaluées de manière fiable sur CBCT ?
- Y a-t-il un lien entre la taille des voies aérifères et la morphologie craniofaciale, chez des sujets sains ?
- Les appareils fonctionnels augmentent-ils le volume des voies aérifères supérieures ?

## 2. Réponses aux questions clés

### 2.1. Les voies aérifères supérieures peuvent-elles être évaluées de manière fiable sur CBCT ?

Par le passé, les téléradiographies de profil ont été utilisées pour étudier les voies aérifères supérieures.

Bien que cette méthode ait été largement utilisée, une projection bidimensionnelle d'une structure anatomique en trois dimensions est questionable. Pour cette raison, une étude a été entreprise afin de corrélérer des mesures linéaires (sagittales et transversales), des surfaces de section transversale et enfin des volumes des voies aérifères supérieures déterminés par CBCT<sup>13</sup>.

Les CBCTs de 34 patients ont été utilisés dans le cadre de cette évaluation tridimensionnelle des voies aérifères supérieures. Des mesures sagittales linéaires, reproduisant les mesures généralement obtenues sur téléradiographies de profil, des mesures linéaires transversales, reproduisant les mesures généralement obtenues sur téléradiographies de face, des surfaces de section transversale et enfin des volumes partiels et totaux ont été calculés (Fig. 1).

Les résultats ont montré une corrélation faible ( $r < 0,5$ ) entre les mesures linéaires sagittales et transversales. Les corrélations entre mesures linéaires (sagittales et transversales) et surfaces de section transversale étaient faibles, à l'exception de la partie inférieure du nasopharynx, où une très bonne corrélation ( $r > 0,9$ ) a été observée entre les mesures linéaires sagittales et la surface de section transversale, et à l'exception du vélopharynx et de la partie supérieure de l'oropharynx, où une bonne corrélation ( $r > 0,8$ ) a été mise en évidence entre les mesures linéaires transversales et la surface de section transversale. Le volume partiel de la partie inférieure du nasopharynx était hautement corrélé avec les mesures linéaires transversales d'une part, et avec la surface de section transversale correspondante d'autre part ( $r > 0,9$ ). En revanche, les mesures linéaires minimales sagittale et transversale, ainsi que la surface de section transversale minimale n'étaient pas corrélées avec le volume total.

En conclusion, les voies aérifères supérieures ne peuvent être décrites correctement par des mesures linéaires extraites d'une téléradiographie. Le volume total à lui seul ne représente pas correctement la morphologie des voies aérifères supérieures. En revanche, une analyse tridimensionnelle sur CBCT donne une meilleure représentation des caractéristiques anatomiques de voies aérifères supérieures, et peut ainsi mener à une amélioration du diagnostic.

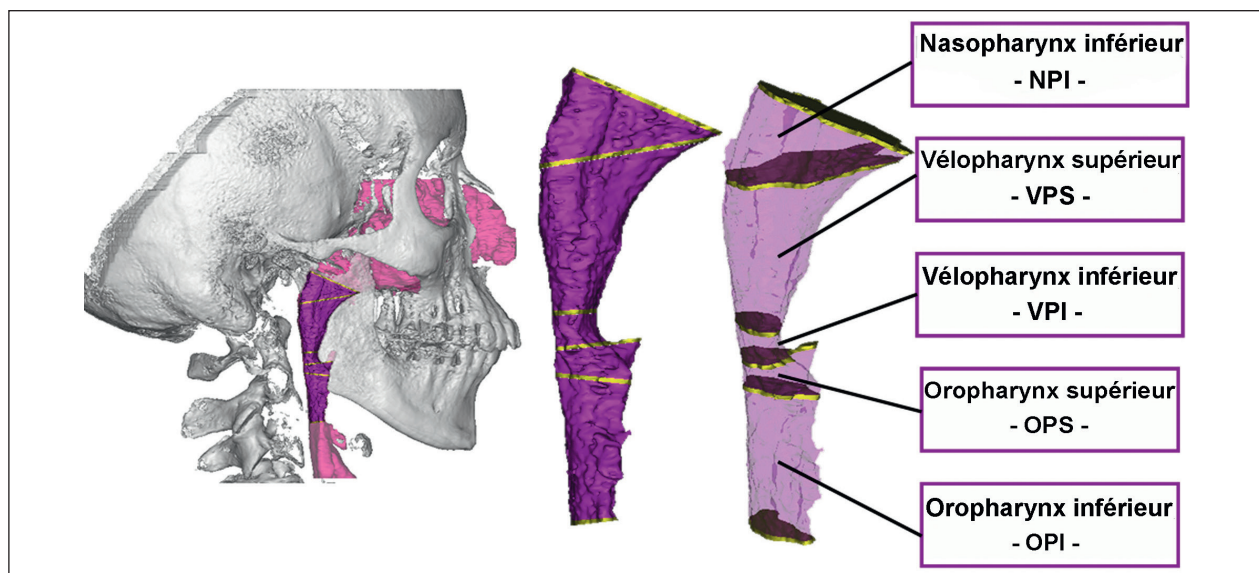


Figure 1

Voies respiratoires totales, ainsi que les cinq volumes partiels délimités par six sections transverses (représentées en jaune). Sections transverses en plan incliné (à droite) (d'après Lenza MG, *et al.*<sup>13</sup>).

## 2.2. Y a-t-il un lien entre la dimension des voies aérifères et la morphologie craniofaciale ?

Afin de comprendre si la morphologie et la dimension des voies aérifères supérieures diffère chez des patients caractérisés par des morphologies craniofaciales diverses, les CBCTs de 90 jeunes adultes sains ont été comparés, 30 présentant une classe I squelettique ( $-0,5 < ANB < 4,5$ ), 30 présentant une classe II squelettique ( $ANB > 4,5$ ) et 30 présentant une classe III squelettique ( $ANB < -0,5$ )<sup>7</sup>. Les sujets ne présentaient pas de signes de maladies respiratoires, ni d'antécédents d'adénotomie.

Les CBCTs furent pris en position couchée. Des points de repères céphalométriques furent identifiés en 3D. Les dimensions sagittales, transversales, les sections transverses, ainsi que les volumes partiels et totaux ont été corrélés avec les mesures céphalométriques dans les trois dimensions de l'espace. Les sections transverses minimales des voies aérifères supérieures ont également été mesurées.

Aucune corrélation statistiquement significative n'a pu être identifiée entre la dimension et la morphologie des voies aérifères supérieures et les dimensions squelettiques sagittales de classe I, II ou III, chez des sujets ne présentant pas de problèmes respiratoires<sup>7</sup>.

En conclusion, les différences de morphologie craniofaciale en termes de relation sagittale des maxillaires ne sont pas corrélées avec les variations dimensionnelles des voies aérifères supérieures.

## 2.3. Les appareils fonctionnels augmentent-ils le volume des voies aérifères supérieures ?

Cette question a été abordée par une étude rétrospective analysant les changements tridimensionnels des voies aérifères supérieures après traitement par appareils fonctionnels de patients présentant une rétrognathie mandibulaire et en croissance<sup>11</sup>. Les CBCT pré- et post-traitement de 20 patients (9 à 12 ans ; moyenne :  $11,4 \pm 1,0$  ans) ont été sélectionnés parmi les archives de patients traités par appareils fonctionnels (monoblocs modifiés et twin blocks) au sein de la Clinique postgrade de la Section d'Orthodontie, Aarhus University (Danemark). Les volumes totaux et partiels des voies aérifères supérieures (à savoir nasopharynx inférieur, vélopharynx et oropharynx) ont été calculés. Les changements au sein du groupe traité par appareils fonctionnels ont été comparés aux changements observés au sein d'un groupe contrôle de 18 patients de classe I squelettique d'âge semblable (8 à 14 ans ; moyenne :  $11,8 \pm 1,4$  ans), afin d'annuler l'effet de la croissance. Parmi les patients traités par appareils fonctionnels, tous les volumes totaux et partiels calculés étaient significativement plus larges à la fin du traitement qu'au début du traitement ( $P < .003$ ) (Fig. 2). Par ailleurs, en comparant les changements des volumes totaux et partiels des voies aérifères supérieures du groupe de patients traités par appareils fonctionnels à ceux du groupe contrôle,

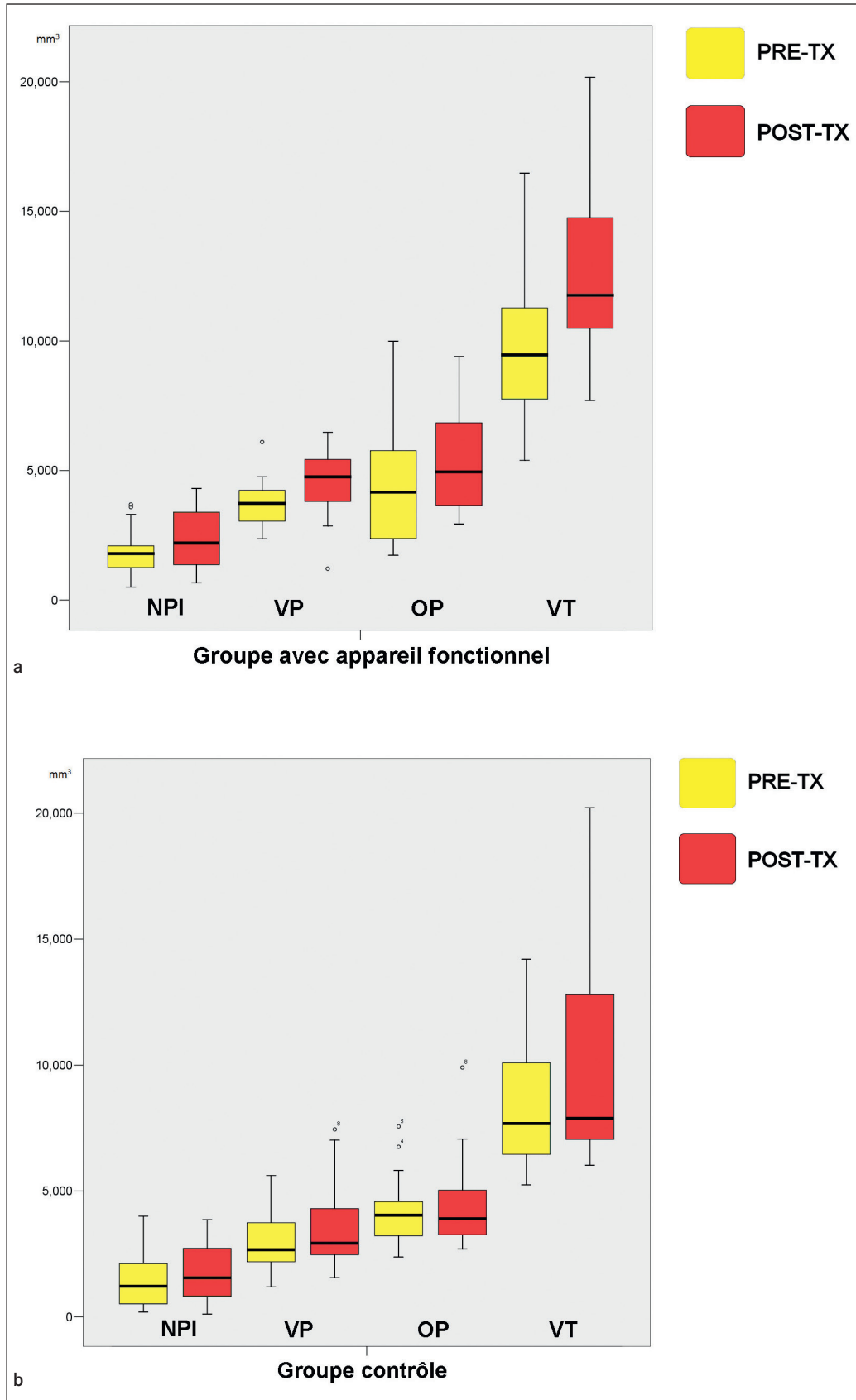


Figure 2

Différences entre les volumes partiels et totaux avant et après traitement. (a) Groupe avec appareils fonctionnels. (b) Groupe contrôle (d'après Isidor S, *et al.*<sup>11</sup>). NPI : nasopharynx inférieur, VP : vélopharynx, OP : oropharynx, VT : volume total.

une différence statistiquement significative n'a pu être observée que pour l'oropharynx ( $P = .022$ ) et le volume total ( $P = .025$ ), le groupe de patients traités par appareil fonctionnels présentant un incrément de volume plus large<sup>11</sup>.

En conclusion, une augmentation de volume des voies aërières supérieures a été observée après traitement par appareils fonctionnels. Cette différence est principalement liée aux changements observés au niveau de l'oropharynx<sup>11</sup>.

### 3. Conclusions

- Une analyse tridimensionnelle sur CBCT donne une meilleure représentation des caractéristiques anatomiques des voies aërières supérieures, par rapport à une analyse bidimensionnelle.
- Les différentes morphologies craniofaciales de classes I, II et III squelettiques ne sont pas corrélées avec les variations dimensionnelles des voies aërières supérieures.
- Une augmentation de volume des voies aërières supérieures résulte du traitement par appareils fonctionnels, principalement au niveau de l'oropharynx. Pour vérifier que ces augmentations de volume sont maintenues dans le temps, un suivi à long terme est nécessaire.

### Conflit d'intérêt

L'auteur déclare n'avoir aucun lien d'intérêt concernant les données publiées dans cet article.

### Bibliographie

- Ahlqvist J, Eliasson S, Welander U. The effect of projection errors on cephalometric length measurements. *Eur J Orthod* 1986;8:141-148.
- Antonarakis GS, Kiliaridis S. Short-term anteroposterior treatment effects of functional appliances and extraoral traction on class II malocclusion. A meta-analysis. *Angle Orthod* 2007;77:907-914.
- Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements. 1. Landmark identification. *AJO* 1971;60:111-127.
- Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements. 2. Conventional angular and linear measures. *AJO* 1971;60:505-517.
- Cattaneo PM, Melsen B. The use of cone-beam computed tomography in an orthodontic department in between research and daily clinic. *World J Orthod* 2008;9:269-282.
- Clark GT, Arand D, Chung E, Tong D. Effect of anterior mandibular positioning on obstructive sleep apnea. *Am Rev Respir Dis* 1993;147:624-629.
- Di Carlo G, Polimeni A, Melsen B, Cattaneo PM. The relationship between upper airways and craniofacial morphology studied in 3D. A CBCT study. *Orthod Craniofac Res* 2015;18:1-11.
- Godt A, Koos B, Hagen H, Goz G. Changes in upper airway width associated with Class II treatments (headgear vs activator) and different growth patterns. *Angle Orthod* 2011;81:440-446.
- Harvold EP, Tomer BS, Vargervik K, Chierici G. Primate experiments on oral respiration. *AJO* 1981;79:359-372.
- Holmberg H, Linder-Aronson S. Cephalometric radiographs as a means of evaluating the capacity of the nasal and nasopharyngeal airway. *AJO* 1979;76:479-490.
- Isidor S, Di Carlo G, Cornelis MA, Isidor F, Cattaneo PM. Three-dimensional evaluation of changes in upper airway volume in growing skeletal Class II patients following mandibular advancement treatment with functional orthopedic appliances. *Angle Orthod* 2018;88:552-559.
- Kannan A, Sathyanarayana HP, Padmanabhan S. Effect of functional appliances on the airway dimensions in patients with skeletal class II malocclusion : A systematic review. *J Orthod Sci* 2017;6:54-64.
- Lenza MG, Lenza MM, Dalstra M, Melsen B, Cattaneo PM. An analysis of different approaches to the assessment of upper airway morphology : a CBCT study. *Orthod Craniofac Res* 2010;13:96-105.
- Linder-Aronson S. Adenoids. Their effect on mode of breathing and nasal airflow and their relationship to characteristics of the facial skeleton and the dentition. A biometric, rhino-manometric and cephalometro-radiographic study on children with and without adenoids. *Acta Otolaryngol Suppl* 1970;265:1-132.
- Linder-Aronson S. Effects of adenoidectomy on mode of breathing, size of adenoids and nasal airflow. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 1973;35:283-302.
- Linder-Aronson S. Respiratory function in relation to facial morphology and the dentition. *Br J Orthod* 1979;6:59-71.
- Linder-Aronson S, Woodside DG, Lundstrom A. Mandibular growth direction following adenoidectomy. *Am J Orthod* 1986;89:273-284.
- Martin O, Muelas L, Vinas MJ. Nasopharyngeal cephalometric study of ideal occlusions. *AJODO* 2006;130:436.e431-439.
- McNamara JA. Influence of respiratory pattern on craniofacial growth. *Angle Orthod* 1981;51:269-300.
- Muto T, Yamazaki A, Takeda S. A cephalometric evaluation of the pharyngeal airway space in patients with mandibular retrognathia and prognathia, and normal subjects. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008;37:228-231.
- Robin P. Glossoptosis due to atresia and hypotrophy of the mandible. *Am J Dis Child* 1934;48:541-547.
- Schwab RJ. Upper airway imaging. *Clinics in chest medicine* 1998;19:33-54.
- Solow B, Kreiborg S. Soft-tissue stretching : a possible control factor in craniofacial morphogenesis. *Scand J Dent Res* 1977;85:505-507.
- Vig KW. Nasal obstruction and facial growth : the strength of evidence for clinical assumptions. *AJODO* 1998;113:603-611.
- Warren D SP. Dentofacial morphology and breathing : a century of controversy. : Chicago : Quintessence Publishing; 1991.