

SYSTEMATIC REVIEW

Breathing Reeducation after Surgical Maxillary Expansion: A Systematic Review

La Rééducation de la Respiration après Disjonction Chirurgicale : Revue Systématique

Houda Nani , Youssef Oualalou, Ahlam Assali, Fatima Zaoui
Département d'Orthopédie Dentofaciale, Université Mohammed V, Rabat, Morocco

ABSTRACT

Background: Surgically assisted maxillary expansion has been used for the treatment of transverse maxillary deficiency in adult patients. The aim of this study is to evaluate, through a systematic review, the effect of this therapy on the dimensions of the aeropharyngeal dimensions and on the improvement of nasal ventilation. **Material and method:** 5 databases have been explored from 2010 (Pubmed, Scopus, Embase, Cochrane and Web of Science) using keywords expansion AND airway AND volum. After evaluating title, abstract and full text of articles found from databases, only 11 matching the inclusion criteria were included in the systematic review. **Results:** All the studies have shown that, in addition to its action on the maxillary bone, surgically-assisted maxillary expansion induces also an enlargement of the nasal floor and a reduction in airflow resistance, which promotes an improvement in nasal breathing. **Conclusion:** this surgical approach may lead to a modification in upper airway's dimension and improvement of nasal ventilation.

KEYWORDS: Surgically Assisted Maxillary Expansion; Airway; Ventilation.

RESUME

Objectif : L'expansion maxillaire assistée chirurgicalement est une procédure communément indiquée pour la prise en charge des anomalies transversales chez les patients hors croissance. L'objectif de cette étude est d'évaluer à travers une revue systématique l'effet de cette thérapeutique sur les dimensions des voies aéro-pharyngées et sur l'amélioration de la ventilation nasale. **Matériel et méthodes :** 5 bases de données électroniques ont été explorées à partir de 2010 (PubMed, Science direct, Scopus, Web of science et Cochrane) en utilisant les mots clé expansion AND airway AND volum. Après l'évaluation des titre, résumé, et texte intégral de tous les articles obtenus, 11 articles uniquement ont répondu aux critères d'inclusion établis et ont été inclus dans la revue systématique. **Résultats:** Toutes les études évaluées ont démontré que l'expansion maxillaire assistée chirurgicalement, induit, en plus de son action sur le maxillaire, un élargissement du plancher des fosses nasales et une réduction de la résistance au flux d'air ce qui favorise une amélioration de la respiration nasale. **Conclusion :** Cette procédure chirurgicale peut être à l'origine de la modification des dimensions des voies aériennes supérieures et le rétablissement de la respiration nasale.

MOTS CLES: Expansion Maxillaire Assistée Chirurgicalement ; Voies Aériennes ; Respiration.

Correspondence: Dr Houda Nani. Service d'Orthopédie Dentofaciale, Centre de Consultation et de Traitement dentaire, Faculté de Médecine Dentaire, Université de Mohammed V à Rabat, Avenue Allal El Fassi, Mohammed Jazouli Street, Al Irfane - BP 6212 Institut, Rabat, Maroc. Email: houda.nani1@gmail.com

Copyright © 2021 Nani H et al. This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

INTRODUCTION

L'expansion maxillaire orthopédique rapide avec un disjoncteur est une procédure communément indiquée pour la prise en charge précoce des anomalies transversales dans le but d'augmenter la largeur de l'arcade maxillaire et de corriger l'articulé inversé latéral tout en aménageant par ailleurs l'espace pour résoudre l'encombrement dentaire.

L'expansion maxillaire assistée chirurgicalement quant à elle trouve son indication chez les patients hors croissance, elle est réalisée soit par ostéotomie pterygo-maxillaire ou ostéotomie zygomatique avec séparation medio-palatine, ou association de ces procédures. [1-3]

Plusieurs études ont été menées afin d'élucider les effets dentaires et squelettiques de l'expansion maxillaire assistée chirurgicalement. Traditionnellement, ces investigations étaient céphalométriques bidimensionnelles. Toutefois, en raison des superpositions de structures bilatérales et de l'insuffisance d'information sur les structures nasales et pharyngées, les investigations tridimensionnelles utilisant le CBCT (cône beam computed tomography) se sont introduites et garantissent

une meilleure visibilité des structures cranio-faciales avec quantification plus détaillée des voies aériennes supérieures. [4, 5]

L'objectif de notre étude est d'évaluer à travers une revue systématique l'effet de l'expansion maxillaire assistée chirurgicalement sur les dimensions des voies aéro-pharyngées et éventuellement sur l'amélioration de la ventilation nasale.

MATERIEL ET METHODES

La revue systématique a été menée conformément aux lignes directrices PRISMA recommandée par l'American Journal of Orthopedics and Dentofacial Orthodontics.

1- LA QUESTION PICO :

La première étape de notre travail était d'adapter le plan de notre recherche à la forme PICO (Table 1). La question de recherche est :

Quels effets l'expansion maxillaire assistée chirurgicalement induit-elle sur les voies aériennes en comparant leurs dimensions avant et après le traitement ?

Tableau 1: Question PICO

Population	Patients adultes
Intervention	Expansion assistée chirurgicalement
Comparaison	Avant et après la chirurgie
Outcome	Le changement au niveau des VAS après chirurgie

2- CRITERES D'INCLUSION :

- Date de publication à partir de 2010
- Texte intégral accessible
- Articles rédigés en français ou en anglais
- Article original, étude comparative prospective, rétrospective, longitudinale ou transversale, étude de cohorte, étude cas témoin, essais contrôlés randomisés et non randomisés, meta-analyses

3- CRITERES D'EXCLUSION :

- Rapport de cas
- Etudes non comparatives
- Etudes utilisant une imagerie 2D
- Revues de littérature

4- STRATEGIE DE RECHERCHE :

5 bases de données électroniques ont été explorées (science direct, pubmed, web of science, scopus, cochrane) en utilisant la combinaison de mots clés et les mots mesh suivants : **Expansion AND Airway AND Volume**

Après la première sélection basée sur la lecture des titres et résumés, nous avons effectué une recherche manuelle au sein de la bibliographie des articles présélectionnés pour identifier d'autres études pouvant être incluses.

RESULTS

La méthodologie préalablement décrite a permis d'identifier 334 articles préliminaires liés aux changements des dimensions des voies aériennes supérieures après expansion maxillaire.

Après élimination des doublons, 245 ont été retenus. Et de ce nombre, 178 articles ont été exclus suite à la lecture du titre et du résumé car ils ne répondaient pas à notre question de recherche.

Après avoir examiné le texte intégral des 67 articles retenus, nous en avons éliminé 53 qui ne répondaient pas aux critères d'inclusion (rapports de cas, étude des effets de l'expansion orthopédique ou de l'avancée mandibulaire...)

Et finalement, de ce nombre d'article restant, 3 ont été exclus en raison de leur non pertinence (Etude 2D, études non comparatives...)

Ainsi, 11 articles ont été éligibles à notre stratégie de recherche et ont été retenus dans la présente revue systématique. (Figure 1).

L'évaluation de la qualité méthodologique a révélé que la qualité de la recherche ou la validité méthodologique était faible dans presque la totalité des études. Mais l'ensemble des études ont été jugées avoir un échantillon adéquat allant de 7 à 32

Dans toutes les études, les méthodes utilisées pour analyser le rapport entre la disjonction maxillaire assistée chirurgicalement et l'amélioration de la respiration nasale étaient valides et bien connues utilisant des analyses statistiques puissantes impliquant des tests t appariés et non appariés pour un changement statistiquement significatif. (Tableau 2).

Figure 1: Diagramme de Flux

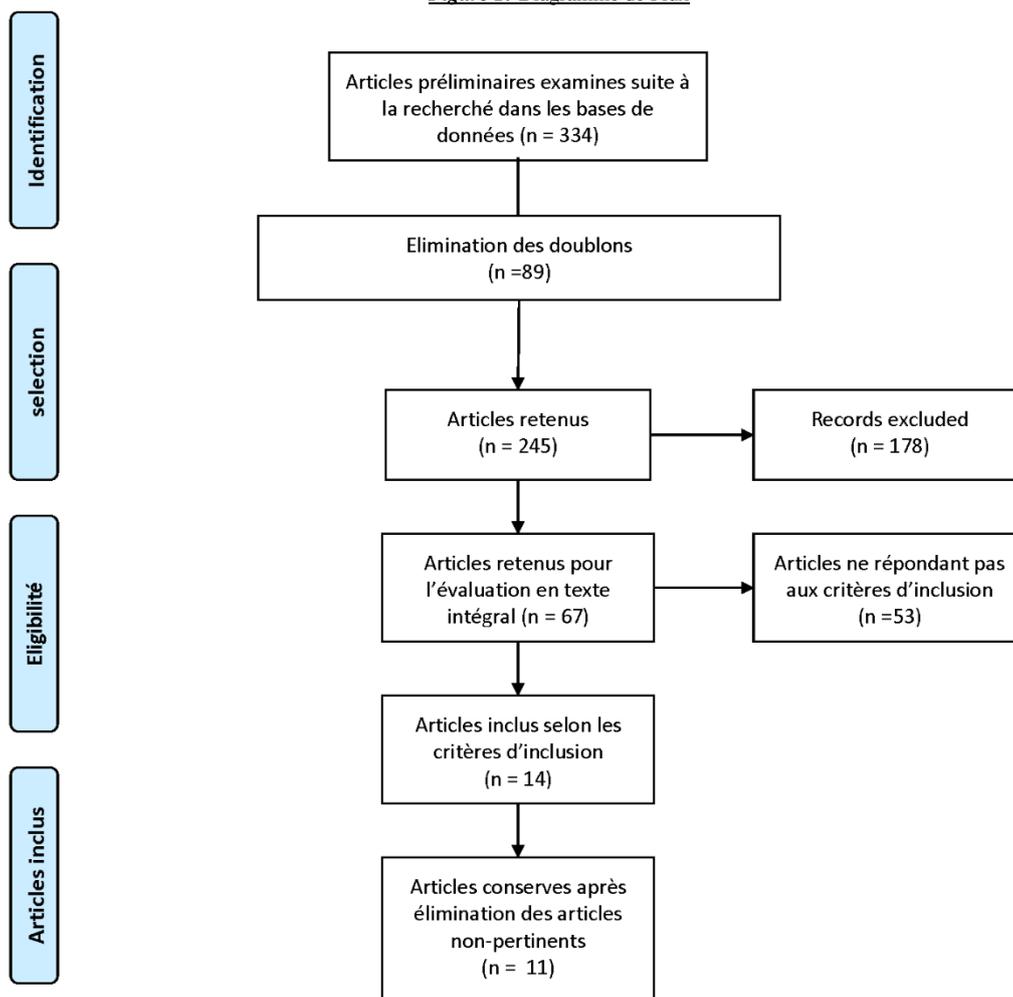


Tableau 2: Synthèse des Articles Inclus dans l'étude.

Etude	Concept	Objectif	Participants	Intervention	Comparaison	Suivi	Résultats
Iwazaki 2019 [6]	Cohorte rétrospective	Évaluer l'amélioration du syndrome d'apnée après distraction osseuse	20 adultes (29,6 +/-8 ans) Déficit squelettique transversal SAOS diagnostiqué Pas d'hypertrophie amygdalienne ni végétations adénoïdes	Distraction osseuse maxillaire	Polysomnographie CBCT Rhinomanométrie		Polysomnographie Réduction significative de l'IAH Amélioration significative de la saturation en oxygène CBCT Augmentation significative de : - Largeur maxillaire intermolaires - Largeur du plancher nasal - Volume pharyngé Rhinomanométrie Diminution significative de la résistance nasale et de la vitesse du flux d'air Réduction de la sévérité du SAOS Amélioration de la respiration nasale
Vinha 2019 [7]	Étude clinique prospective		7 adultes (41,16 +/-10,9 ans) SAOS diagnostiqué Déficit transversal bilatéral maxillaire Présence d'un nombre suffisant de dents sur les arcades Bon état de santé général Sans anomalies craniofaciales	Distraction osseuse maxillo-mandibulaire	Polysomnographie CBCT	5 mois de stabilisation	Polysomnographie Augmentation significative dans le sens transversal et sagittal de la région du pharynx la plus conscrée Polysomnographie Diminution significative de l'IAH et IPR ⇒ Réduction de la sévérité du SAOS
Qiming Li 2020 [8]	Étude rétrospective	Évaluer le changement de dimension et volume des voies aériennes supérieures après disjonction maxillaire assistée chirurgicalement utilisant des micro-implants	22 adultes de 18 à 35 ans Déficit maxillaire transversal Bon état de santé générale Patients exclus : Anomalies craniofaciales Antécédents de traitement orthodontique ou ortho-chir	Expansion maxillaire à mini-implant assistée chirurgicalement	CBCT	32 à 48 jours d'expansion + 3 mois de stabilisation	Augmentation statistiquement significative : Largeur nasale Largeur maxillaire Volume de la cavité nasale Volume de l'espace naso-pharyngé

Fang Yi 2020 [9]	Etude retrospective		13 patients 15-29 ans Déficit transversal maxillaire Bon état parodontal Patients exclus : Syndromiques Antécédents de trauma facial Antécédents de traitement orthodontique/ortho-chir Médication qui influence le métabolisme osseux			14 jours d'expansion + 3 mois de stabilisation	Augmentation statistiquement significative : -Volume naso-pharyngé -Largeur des cavités nasales Pas de changement significatif au niveau du volume oro-pharyngé Expansion palatine assistée chirurgicalement utilisant des micro-implants favorise une expansion osseuse, correction du sens transversal et aussi une amélioration de la ventilation
Yazigi 2018 [10]	Etude prospective	Evaluer le changement de dimension et volume des voies aériennes supérieures après disjonction maxillaire assistée chirurgicalement	28 patients de 17 à 28 ans Déficit maxillaire transversal >5mm Bon état de santé général Patients exclus : Syndromes et malformations craniofaciales Antécédent de trauma facial, de traitement orthodontique ou ortho-chir	Expansion maxillaire assistée chirurgicalement (conventionnelle vs minimale invasive) 13 sujets : Expansion conventionnelle 12 sujets : Expansion sélective minimalement invasive	CBCT	3 mois de stabilisation	Augmentation statistiquement significative pour les 2 techniques : - Volume total des voies aériennes supérieures - Espace retro-lingual - Espace retro-palatin et largeur maxillaire (augmentation plus importante pour la chirurgie minimalement invasive) La technique minimalement invasive est plus efficace quant à l'élargissement du maxillaire et l'augmentation du volume des voies aériennes supérieures
Aras 2009 [11]	Etude prospective	Evaluer l'effet de la distraction maxillaire transpalatine sur le volume de la cavité nasale	11 patients de 19 à 41 ans Articulé inversé bilatérale Respiration buccale ou mixte	Distraction transpalatine à ancrage osseux	Rhinometrie CBCT	6,7 +/- 2,3 mois de stabilisation	Augmentation statistiquement significative : -Espace nasal minimal le plus prescrit -Volume de la cavité nasale -Dimension maxillaire transversal au niveau molaire et au niveau canin -Largeur bi-nasale Amélioration stable à long terme de l'anatomie et la fonction nasale
Bianchi 2016 [12]	Etude prospective	Evaluation 3D de la morphologie des VAS et des tissus mous après distraction maxillo-mandibulaire	19 patients de 18-36 ans Déficit transversal bi-maxillaire sévère Encombrement supérieur et inférieur sévères Articulé inversé uni/bilatéral Patients exclus : Syndromiques Malformation craniofaciales Antécédent de trauma facial ou traitement orthodontique/ orthochir	Distraction osseuse maxillo-mandibulaire	CBCT	10 jours d'activation Maxillaire : 4-6 mois de stabilisation Mandibule : 8 semaines de stabilisation	Augmentation statistiquement significative : -Largeur maxillaire inter canine, inter prémolaire (1eres prémolaires) et inter molaire (1eres molaires) -Largeur mandibulaire inter canine et inter prémolaire -Largeur des joues, lèvres et menton -La zone pharyngée la plus prescrite
Liu 2018 [13]	Etude prospective	Evaluation 3D du changement de la largeur du maxillaire et des voies aériennes supérieures après expansion palatine assistée chirurgicalement	20 patients 25,1 +/- 6,3 ans Déficit maxillaire transversal	Expansion palatine assistée chirurgicalement	CBCT	4 à 6 semaines d'activation + 3 mois de stabilisation	Augmentation statistiquement significative : -Largeur maxillaire inter-molaire -Volume et diamètre droit-gauche de l'espace aérien le plus prescrit Pas de variation significative dans le diamètre sagittal de l'espace aérien le plus prescrit
Nada 2013 [14]	Cohorte prospective	Evaluation 3D du changement des voies aériennes supérieures après expansion assistée chirurgicalement à ancrage osseux ou dentaire	32 patients Déficit maxillaire transversal > 5mm Patients exclus : -Comblement sinusien -Absence de plus de 4 dents postérieures maxillaires -Syndromiques	Expansion maxillaire assistée chirurgicalement : -19 sujets : Ancrage dentaire -13 sujets : Ancrage osseux	CBCT	3 mois de stabilisation	Augmentation statistiquement significative du volume et dimensions nasale pour les 2 groupes. Pas de différence statistiquement significative entre les changements après expansion assistée chirurgicalement à ancrage osseux et ancrage dentaire
Pereira-Filho 2014 [15]	Etude prospective	Evaluation 3D du changement des voies aériennes supérieures après expansion maxillaire assistée chirurgicalement	15 patients 30,2 +/- 7,4 ans Déficit transversal maxillaire Non syndromiques	Expansion maxillaire assistée chirurgicalement avec disjonction ptérygoïdien	CBCT	14 jours d'activation + 4 mois de stabilisation	Augmentation statistiquement significative de la section transversale la plus petite des voies aériennes supérieures
Medeiros 2017 [16]	Etude prospective	Evaluer l'effet de l'expansion maxillaire chirurgicale (avec ou sans disjonction pterygo-maxillaire) sur les voies aériennes	25 patients 18-45 ans Déficit transversal maxillaire > 5mm Articulé inversé uni/bilatéral Bon état parodontal Bon état général Patients exclus : Fumeurs Syndromiques Antécédent de trauma facial Médication qui influence le métabolisme osseux	Expansion maxillaire assistée chirurgicalement : -13 sujets : Avec disjonction pterygo-maxillaire -12 sujets : Sans disjonction pterygo-maxillaire	CBCT	6 mois de stabilisation	Augmentation statistiquement significative chez les patients soumis à une disjonction pterygo-maxillaire : Nasopharynx La section la plus prescrite de l'oropharynx

DISCUSSION

Les obstructions nasales consécutives à un défaut structural/anatomique sont très fréquentes. En effet, les patients avec un maxillaire étroit ou un palais profond présentent un haut risque de développer une pathologie respiratoire (Syndrome d'apnée, respiration buccale) résultant d'une augmentation de la résistance nasale et un déplacement postérieur de la langue.

Dans de telles situations, l'expansion maxillaire assistée chirurgicalement est une approche thérapeutique optimale qui permet d'élargir le plancher nasal et le palais dur et mou chez les patients hors croissance. Cela permet d'améliorer la distance entre les parois nasales et le septum fournissant ainsi une augmentation globale de la dimension de la cavité nasale et une réduction de la résistance au flux d'air ce qui favoriserait ainsi une amélioration de la respiration nasale. En outre, la dimension verticale de la cavité nasale pourrait aussi s'améliorer après expansion maxillaire assistée chirurgicalement, suite à la rotation du palais et la correction de la cloison nasale. [17]

L'objectif de la présente revue systématique est de mettre au point ce qui en est actuellement dans la littérature concernant l'amélioration de la respiration et les changements des dimensions des voies aériennes après disjonction maxillaire assistée chirurgicalement. En se basant sur un protocole de recherche approprié, l'étude a inclus, 11 études comparatives utilisant des moyens d'investigation tridimensionnelles.

Iwazaki et coll, ainsi que Vintra et coll en 2019 ont évalué l'effet de la distraction osseuse sur les patients présentant un syndrome d'apnée obstructive du sommeil. Les deux études ont rapporté une réduction statistiquement significative de l'index apnée-hypopnée et une amélioration de la respiration nasale après l'intervention. Leurs résultats étaient en concordance avec ceux de Abdullatif.J et Coll qui a mené une revue systématique incluant 8 articles dont l'objectif était d'évaluer l'efficacité de l'expansion maxillaire chirurgicale en tant que traitement du syndrome d'apnée obstructive du sommeil et a reporté à son tour une amélioration statistiquement significative de l'index apnée-hypopnée et de la saturation en oxygène lors de la respiration. [18]

D'une autre part, l'étude de Qiming lee et coll ainsi que celle de Fang. Yi et coll, les deux en 2020 ont évalué les variations des dimensions et volume des voies aériennes supérieures après disjonction maxillaire assistée chirurgicalement utilisant des mini-implants et ont reporté une augmentation statistiquement significative du volume naso-pharyngé et de la largeur des cavités nasales. Ces résultats s'accordent parfaitement avec ceux de Kim. Et coll qui a mené une étude similaire en 2018 [19]

Pareillement, toutes les autres études incluses dans notre travail n'ont fait que démontrer les mêmes résultats et étaient toutes d'accord sur l'augmentation statistiquement significative du volume et dimensions des voies aériennes supérieures en réponse à une expansion maxillaire assistée chirurgicalement, et par conséquent, sur l'effet de cette thérapeutique sur l'amélioration des paramètres respiratoires.

De ces faits, parallèlement à son action sur le maxillaire, l'expansion maxillaire assistée chirurgicalement, favoriserait également un élargissement du plancher des fosses nasales et une réduction de la résistance au flux d'air ce qui favorise une amélioration de la respiration nasale. Ainsi, cette approche chirurgicale est devenue actuellement une thérapeutique de choix face aux perturbations respiratoires d'origine maxillaire.

CONCLUSION

L'expansion maxillaire assistée chirurgicalement est une thérapeutique destinée à corriger les dysmorphoses transversales chez les patients hors croissances. Néanmoins, au fil des années, et à travers les études menées sur ses effets et son recul clinique, cette procédure démontre des résultats promettant sur la modification des dimensions des voies aériennes supérieures et ainsi, sur l'amélioration de la respiration que ce soit à court ou à long terme.

Des études sont nécessaires pour étudier la corrélation entre l'élargissement des bases maxillaire et le débit respiratoire ainsi que le temps du rétablissement de la respiration nasale.

ACKNOWLEDGMENTS

None.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

The participation of each author corresponds to the criteria of authorship and contributorship emphasized in the [Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly work in Medical Journals of the International Committee of Medical Journal Editors](#). Indeed, all the authors have actively participated in the redaction, the revision of the manuscript, and provided approval for this final revised version.

COMPETING INTERESTS

The authors declare no competing interests with this case.

FUNDING SOURCES

None.

REFERENCES

- [1] Kayalar E , Schauseil M , Kuvat S , Emekli U , Iratli S. Comparison of tooth-borne and hybrid devices in surgically assisted rapid maxillary expansion: A randomized clinical cone beam computed tomography study. *J Craniomaxillofac Surg*. 2016 Mar;44(3):285-93.
DOI: [10.1016/j.jcms.2015.12.001](https://doi.org/10.1016/j.jcms.2015.12.001)
- [2] Abdallaa Y , Brown L , Sonnesen L . Effects of rapid maxillary expansion on upper airway volume: A three-dimensional cone-beam computed tomography study. *Angle orthod*. 2019 Nov; 89(6):917-923.
DOI: [10.2319/101218-738.1](https://doi.org/10.2319/101218-738.1)
- [3] Oliveira. TFM, Pereira-Filho VA, Gabrielli MAC, Goncales ES, Santos Pinto. A. Effects of lateral osteotomy on surgically assisted rapid maxillary expansion. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg*. 2016 Apr;45(4):490-6.
DOI: [10.1016/j.ijom.2015.11.011](https://doi.org/10.1016/j.ijom.2015.11.011)
- [4] Van Vlijmen OJC, Kuijpers MAR, Berge S, Schols JG, Maal TJ , Breuning H et al. Evidence supporting the use of cone-beam computed tomography in orthodontics. *J Am Dent Assoc* 2012; 143(3): 241–252.
DOI: [10.14219/jada.archive.2012.0148](https://doi.org/10.14219/jada.archive.2012.0148)
- [5] Abdelkarim A. Cone-Beam Computed Tomography in Orthodontics. *Dent J (Basel)*. 2019 Sep; 7(3): 89.
DOI: [10.3390/dj7030089](https://doi.org/10.3390/dj7030089)
- [6] Iwasaki T , Yoon A , Guilleminault C , Yamasaki Y , Yung S. How does distraction osteogenesis maxillary expansion (DOME) reduce severity of obstructive sleep apnea? *Sleep Breath* 2020 Mar;24(1):287-296
DOI: [10.1007/s11325-019-01948-7](https://doi.org/10.1007/s11325-019-01948-7)
- [7] Vinha P, Faria AC , Christino M, Veríssimo F. Effects of transverse maxillomandibular distraction osteogenesis on obstructive sleep apnea syndrome and on the pharynx. *Sleep Breath*. 2020; 24(3):875-884.
DOI: [10.1007/s11325-019-01916-1](https://doi.org/10.1007/s11325-019-01916-1)
- [8] Qiming L, Tang H, Liu X , Luo Q , Jiang Z , Martin D et al. Comparison of dimensions and volume of upper airway before and after mini-implant assisted rapid maxillary expansion. *Angle Orthod*. 2020;90 (3): 432–441.
DOI: [10.2319/080919-522.1](https://doi.org/10.2319/080919-522.1)
- [9] Yi F, Liu S , Lei L , Liu O , Zhang L , Peng Q , Lu Y. Changes of the upper airway and bone in microimplant-assisted rapid palatal expansion: A cone-beam computed tomography (CBCT) study. *J Xray Sci Technol* 2020;28(2):271-28
DOI: [10.3233/XST-190597](https://doi.org/10.3233/XST-190597)
- [10] Yazigi S, Zenati M, Hadad R. Volumetric upper airway changes following a new technique for Surgically-Assisted Maxillary Expansion (SAME). *Dent Med Probl*. 2018;55(4):371–378
DOI: [10.17219/dmp/99158](https://doi.org/10.17219/dmp/99158)
- [11] Aras A, Akay M, Çukurova I, Günbay T, Erdal I. Dimensional Changes of the Nasal Cavity After Transpalatal Distraction Using Bone-Borne Distractor: An Acoustic Rhinometry and Computed Tomography Evaluation. *J Oral Maxillofac Surg*. 2010 Jul;68(7):1487-97.
DOI: [10.1016/j.joms.2009.09.079](https://doi.org/10.1016/j.joms.2009.09.079)
- [12] Bianchi F, Gerbino G, Corsico M, Schellino E, Barla N, Verzè L et al. Soft, Hard-tissues and pharyngeal airway volume changes following maxillomandibular transverse osteodistraction : computed tomography and three dimensional laser scanner evaluation. *J Craniomaxillofac Surg* 2017 Jan;45(1):47-55. DOI: [10.1016/j.jcms.2016.10.005](https://doi.org/10.1016/j.jcms.2016.10.005)
- [13] Liu P, Jiao D, Wang X, Liu J, Martin D, Guo J. Changes of the maxillary width and upper airway spaces in young adults after the surgically assisted rapid palatal expansion with surgically facilitated orthodontic therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2019 May;127(5):381-386.
DOI: [10.1016/j.oooo.2018.11.005](https://doi.org/10.1016/j.oooo.2018.11.005)
- [14] Nada RM, van Loon B, Schols J-G, Maal T-J, Koning M-J, Mostafa Y-A, Kuijpers-Jagtman A-M. Volumetric changes of the nose and nasal airway 2 years after tooth-borne and bone-borne surgically assisted rapid maxillary expansion. *Eur J Oral* 2013 Oct;121(5):450-6.
DOI: [10.1111/eos.12068](https://doi.org/10.1111/eos.12068)
- [15] Pereira-Filho V-A , Monnazzi M-S , Gabrielli M-A-C , Spin-Neto R, Watanabe E-R, Gimenez C-M-M, Santos-Pinto A, Gabrielli M-F-R. Volumetric upper airway assessment in patients with transverse maxillary deficiency after surgically assisted rapid maxillary expansion. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg*. 2014 May;43(5):581-6.
DOI: [10.1016/j.ijom.2013.11.002](https://doi.org/10.1016/j.ijom.2013.11.002)
- [16] Romulo de Medeiros J, Ferraro Bezerra M, Gurgel F-W, Pinheiro Bezerra T, de Araujo C-R, Studart Soares E-C. Does pterygomaxillary disjunction in surgically assisted rapid maxillary expansion influence upper airway volume? A prospective study using Dolphin Imaging 3D. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg*. 2017;Sep;46(9):1094-1101.
DOI: [10.1016/j.ijom.2017.04.010](https://doi.org/10.1016/j.ijom.2017.04.010)
- [17] Bucci R, Montanaro D, Rongo R, Valletta R, Michelotti A, D'Antò V. Effects of maxillary expansion on the upper airways: Evidence from systematic reviews and meta-analyses. *J Oral Rehabil* 2019 Apr;46(4):377-387
- [18] Jose A, Certal V, Zaghi S , Sungjin S , Chang E-T , Gillespie M-B et al. Camacho M. Maxillary expansion and maxillomandibular expansion for adult OSA: A systematic review and meta-analysis. *J Craniomaxillofac Surg* 2016 May;44(5):574-8.
DOI: [10.1016/j.jcms.2016.02.001](https://doi.org/10.1016/j.jcms.2016.02.001)
- [19] Kim S-Y, Park Y-C, Lee K-J. Assessment of changes in the nasal airway after nonsurgical miniscrew-assisted rapid maxillary expansion in young adults. *Angle Orthod*. 2018; 88(4):435–441.
DOI: [10.2319/092917-656.1](https://doi.org/10.2319/092917-656.1)