



Physiological correction of lingual dysfunction with the “Tongue Right Positioner”: Beneficial effects on the upper airways

Correction physiologique de la dysfonction linguale avec le « Tongue Right Positioner » : effets bénéfiques sur les voies aériennes supérieures

Claude MAUCLAIRE^a, Frédéric VANPOULLE^b, Yann SAINT-GEORGES-CHAUMET^{a,*}

^a 14, rue du Ravelin, 10000 Troyes, France

^b CETOF, 22, avenue Grammont, 37000 Tours, France

Available online: 15 August 2015 / Disponible en ligne : 15 août 2015

Summary

Several studies have demonstrated the beneficial role of functional tongue therapy in stabilizing treatments for dental malocclusion and treating sleep-disordered breathing (SDB). The aim of this retrospective study was to evaluate the effect on the upper airways of the Tongue Right Positioner device (TRP) used for the correction of atypical swallowing. We analyzed lateral headfilms of 94 orthodontic patients aged between 11 and 17, before the start of treatment and after establishment of mature swallowing, treated with the TRP (TRP group) or by reeducation exercises (control group). In the TRP group, the establishment of mature swallowing occurs twice as fast as in the control group. This led to thinning of the floor of the mouth (-8.38% , $P < 0.001$) linked to anteroposterior enlargement of the pharynx ($+10.48\%$, $P < 0.01$), both probably due to an increase in genioglossal and styloglossal muscle tone and correction of cranio-cervical posture ($+2.52\%$, $P < 0.01$). These results are not dependent on the type of orthodontic treatment.

Résumé

Plusieurs études ont montré le rôle bénéfique de la rééducation fonctionnelle de la langue pour la stabilité des traitements de malocclusions dentaires et le traitement des troubles ventilatoires du sommeil (TVS). L'objectif de cette étude rétrospective est d'évaluer les effets sur les voies aériennes de l'appareil Tongue Right Positioner (TRP) utilisé pour la correction de la déglutition atypique. Nous avons analysé les téléradiographies de profil de 94 patients d'orthodontie âgés de 11 à 17 ans, avant le début du traitement et après l'installation de la déglutition mature, traités avec le TRP (groupe TRP) ou par des exercices de rééducation (groupe témoin). Dans le groupe TRP, l'instauration de la déglutition mature est deux fois plus rapide que dans le groupe témoin. Elle entraîne un affinement du plancher buccal ($-8,38\%$, $p < 0,001$), lié à un élargissement antéro-postérieur de l'oropharynx ($+10,48\%$, $p < 0,01$) probablement dus à une tonification des génioglosses et styloglosses, et à un redressement

* Correspondence and reprints / Correspondance et tirés à part.
e-mail address / Adresse e-mail : yannsgc@free.fr (Yann Saint-Georges-Chaumet)

They suggest that the TRP could be used in the treatment of SDB.

© 2015 CEO. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved

Key-words

- Tongue.
- Swallowing.
- Oropharynx.
- Functional reeducation.
- Muscle tone restoration.

Introduction

At rest or in action, the tongue plays an important part in swallowing, chewing, breathing and speaking. When its posture is dysfunctional, it perturbs orofacial functions and tooth positioning. The aim of this study was to assess the functional effects of the Tongue Right Positioner (TRP) on both lingual posture and the velo-pharyngo-lingual system of patients undergoing orthodontic treatment.

When the deciduous teeth emerge after the sixth month, the “sucking-swallowing” mode gives way to alternate unilateral chewing and then to the “chewing-swallowing” mode. The rampart formed by the teeth and the emergence of chewing modifies the mode of swallowing, with the abandonment of sucking to ingest liquids replaced by chewing and swallowing of solid foods. The tongue has to adopt a position within the dental arch [1]. But failure to switch from primary or infantile swallowing to secondary or so-called mature swallowing may sometimes lead to dysfunction, generally accompanied by malocclusion [2] and/or breathing problems such as mouth breathing [3] or Sleep-Disordered Breathing (SDB) [4].

The functional evolution of swallowing has significant consequences, since the normal growth of the maxilla and face require the establishment of secondary swallowing associated with normal orofacial muscle posture [5]. The persistence of primary swallowing will, on the contrary, hinder normal maxillary and palatal development. The nasal fossae remain narrow, making mouth breathing a necessity. The connections between mouth breathing, the volume of the upper airways and SDB in children [6] and adults [7] are now well established.

Transverse Palatal Expansion (TPE) by means of an appropriate device (palatal expander) restores nasal breathing. This treatment should be accompanied by tongue reeducation and nasal breathing exercises in order to avoid the frequent return of the palatal dimension to its former situation and an increase

de la posture craniocervicale (+2,52 %, $p < 0,01$). Ces résultats sont indépendants des modalités du traitement orthodontique. Ils suggèrent que le TRP pourrait être utilisé dans le cadre du traitement des TVS.

© 2015 CEO. Édité par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

Mots-clés

- Langue.
- Déglutition.
- Oropharynx.
- Rééducation fonctionnelle.
- Tonification musculaire.

Introduction

Au repos ou en action, la langue joue un rôle important lors de la déglutition, de la mastication, de la ventilation et de la phonation. Lorsque sa posture est dysfonctionnelle, elle perturbe les fonctions orofaciales et la denture. Le but de cette étude est d'évaluer les effets fonctionnels du Tongue Right Positioner (TRP) à la fois sur la posture linguale et sur le système vélo-pharyngo-lingual de patients en cours de traitement d'orthodontie.

Avec l'apparition des dents temporaires, le mode « succion-déglutition » laisse place à partir du sixième mois, au développement du « mâchonnement » unilatéral alterné pour se transformer en mode « mastication-déglutition ». Le rempart, constitué par les dents et la mise en place de la mastication, modifie le mode de déglutition, passant par l'abandon de la succion pour têter les aliments liquides en faveur de la mastication et de la déglutition des aliments solides. La langue doit se positionner à l'intérieur de l'arcade dentaire [1]. Mais le défaut de passage de la déglutition primaire, dite infantile à une déglutition secondaire dite mature, entraîne parfois une dysfonction associée généralement à des malocclusions [2] et/ou des problèmes de ventilation de type buccal [3] ou des troubles ventilatoires du sommeil (TVS) [4]. L'évolution fonctionnelle de la déglutition a des répercussions importantes. En effet, la croissance normale du maxillaire et de la face ne peuvent être achevées que par l'installation d'une déglutition secondaire associée à une posture musculaire orofaciale normale [5]. En revanche, la persistance de la déglutition primaire ne permet pas le développement normal du maxillaire et du palais. Les fosses nasales restent étroites et obligent à une ventilation buccale. Or les liens sont connus entre la ventilation buccale, le volume des voies aériennes supérieures et les TVS chez les enfants [6] et les adultes [7]. L'expansion du sens transversal (EST), activée à l'aide d'un appareil (Quad-Helix, disjoncteur palatin), restaure une ventilation nasale. Ce traitement doit s'accompagner d'une rééducation de la langue et de la ventilation nasale afin d'éviter le retour fréquent du développement transversal du palais à sa

in nasal airway resistance that encourages mouth breathing [8,9].

The 17 muscles of the tongue are all attached to different muscle chains that connect them directly or indirectly to the pharynx, the palate, the hyoid bone, the mandible and the base of the skull. Tongue movements during swallowing mobilize the same muscle groups and have an impact on the oropharyngeal space. The genioglossus muscles, mainly responsible for tongue protrusion, are also the principal dilators of the pharynx.

Direct or indirect control of tongue protrusion is therefore a conventional response in the treatment of breathing disorders caused by a reduction in oropharyngeal space. The aim of tongue protrusion devices is to produce a mechanical enlargement of the pharynx [10]. These devices, originally designed to reduce snoring, have been evaluated as alternative treatments for obstructive sleep apnea syndrome (OSAS), with, however, some contra-indications. Mandibular advancement devices (MAD) enlarge the pharynx with satisfactory results on SDB [11]. MADs are, however, contra-indicated in the presence of severe tooth loosening or loss, or in a context of temporomandibular joints disorders or mouth breathing [12]. All these devices offer mechanical treatment of symptoms, but not of their etiology. Their effects cease rapidly when they are no longer worn.

The aim of the reeducation of lingual functions, or myofunctional therapy, is to correct tongue functions permanently. Many authors have highlighted the importance of functional reeducation of the tongue in the lasting success of orthodontic treatment of malocclusions [13].

Guimarães et al. have demonstrated a significant reduction in the Apnea-Hypopnea Index in the supine position of patients with mild OSAS after reeducation [14]. Guilleminault et al. have shown that functional reeducation of the tongue significantly reduces relapse after ENT surgery (adenotonsillectomy) and orthodontic treatment (palatal expansion) for infant OSAS [15].

Lingual reeducation reinforces the muscles involved in mature-type swallowing and strengthens the neuromuscular circuits required for the normal ideomotor praxis of functional swallowing [1,16]. However, a change of this sort is difficult to trigger and/or stabilize [13].

The TRP is an auxiliary device used in the mouth, originally designed to provide permanent assistance for tongue posture correction during orthodontic treatment. Prior establishment of correct tongue posture and the acquisition of mature swallowing by the continual presence of stimuli can be considered a decisive factor in the long-term pursuit and stability of orthodontic treatment (cf. Materials and methods).

A retrospective clinical study was performed to analyze the impact of the acquisition of mature-type swallowing with the TRP on the oropharyngeal space and to measure the consequences of this for the upper airways.

situation antérieure et d'empêcher une augmentation de la résistance nasale favorisant une ventilation buccale [8,9].

Les 17 muscles de la langue sont tous rattachés à différentes chaînes musculaires qui lient directement ou indirectement ces muscles au pharynx, au palais, à l'os hyoïde, à la mandibule et à la base du crâne. Les mouvements de la langue lors de la déglutition mobilisent les mêmes groupes de muscles et ont un impact sur l'espace oropharyngé. Les génioglosses, principaux muscles assurant la protrusion linguale, sont aussi les principaux muscles dilateurs du pharynx.

Contrôler la protrusion linguale directement ou indirectement est donc une réponse classique dans le cadre du traitement des syndromes ventilatoires liés à la réduction de l'espace oropharyngé. Les appareils de protrusion de la langue visent l'élargissement mécanique du pharynx [10]. Ces appareils, conçus initialement pour réduire les ronflements, ont été évalués comme traitements alternatifs du syndrome d'apnées obstructives du sommeil (SAOS) avec néanmoins des contre-indications. Les orthèses d'avancée mandibulaire (OAM) élargissent le pharynx avec des résultats satisfaisants sur les TVS [11]. Les OAM sont cependant contre-indiquées lorsque le déchaussement ou l'édentement sont importants, en présence de troubles de l'articulation temporomandibulaire ou de ventilation buccale [12]. Tous ces appareils traitent mécaniquement les symptômes, mais pas leur étiologie. Leurs effets cessent rapidement dès qu'ils ne sont plus portés. La rééducation des fonctions linguales ou thérapie myofonctionnelle vise la correction permanente des fonctions linguales. De nombreux auteurs mettent en évidence l'importance de la rééducation fonctionnelle de la langue pour le succès durable des traitements orthodontiques des malocclusions [13].

Guimarães et al. montrent une réduction significative de l'Index Apnées Hypopnées en position couchée chez des patients réduqués atteints de SAOS léger [14]. Guilleminault et al. montrent que la rééducation fonctionnelle de la langue limite considérablement les récurrences après traitements chirurgicaux ORL (adénotonsillectomie) et orthodontiques (disjoncteur palatin) du SAOS chez l'enfant [15].

La rééducation linguale raffermi les muscles impliqués dans la déglutition de type mature et renforce les circuits neuromusculaires nécessaires à la réalisation d'une praxie idéomotrice de déglutition fonctionnelle normée [1,16]. Cependant, un tel changement est difficile à déclencher et/ou à stabiliser [13].

Le TRP est un dispositif auxiliaire intrabuccal conçu à l'origine pour assister en permanence la rééducation de la posture linguale pendant le traitement d'orthodontie. L'établissement préalable de la posture correcte de la langue avec l'acquisition d'une déglutition mature par la présence continue de stimuli peut être considéré comme un élément décisif pour la poursuite et la stabilité à long terme d'un traitement orthodontique (cf. Matériels et méthodes).

Une étude clinique rétrospective a été réalisée dans le but d'analyser l'impact de l'établissement d'une déglutition de type mature avec le TRP sur l'espace oropharyngé et d'en mesurer les conséquences sur les voies aériennes supérieures.

Materials and methods

Tongue Right Positioner (TRP)

The TRP (*fig. 1*) is a made to measure intra-oral device designed to correct lingual dysfunction. It is bonded to the permanent upper first molars during the entire treatment. The TRP opposes the anteroposterior tongue movements that are characteristic of infantile swallowing. The central arch of the TRP, which is at the height of the molar cusps and which extends as far as the first premolars (*fig. 1*), forces the tongue to make contact with the borders of the palate and encourages a high position of the lingual apex in the region of the bunoid papilla [1]. This stimulation promotes more powerful swallowing of saliva that can now be gathered on the dorsum of the tongue. The TRP also encourages the inter-arch contact that is necessary for secondary swallowing. Finally, the device can be activated in the same way as a Quad-Helix for TPE. The TRP is protected by an international patent, reference WO 2010/015685. Its design remained unchanged throughout the study period.

Subjects

Ninety-four patients were enrolled in this retrospective single-center study, and divided into two groups (*Table I*). Forty-seven were treated with the TRP (TRP group) and 47 without (control group). All patients included in the study were suffering from malocclusion and lingual dysfunction. All received orthodontic treatment and reeducation for their tongue function. Finally, their files contained all the data and background information required for this study. Ninety-three patients were treated with the TRP device according to these criteria between 2009 and 2011. Eighty-nine were treated without TRP between 1999 and 2008. In order to reduce bias between the groups, a propensity score was calculated as follows:

- age;
- sex;
- dental malocclusion class;
- activation of a PTE;
- action on the mandibular growth center (*Table I*).

Using this propensity calculation, a single score can be obtained, based on the confounding variables for all the subjects in the study [17]. The TRP and control groups, consisting of patients treated respectively with and without TRP, were created by matching patients on the basis of their propensity scores according to the nearest neighbor method with elimination of non-matched subjects, using the “Matchit” package of the R software program (version 3.0.2).

The orthodontic elements in the treatment plans of the TRP and control groups were similar for the same malocclusion

Matériels et méthodes

Tongue Right Positioner (TRP)

Le TRP (*fig. 1*) est un dispositif intrabuccal sur mesure qui vise à corriger la dysfonction linguale. Il est scellé sur les premières molaires maxillaires permanentes pendant toute la durée du traitement. Le TRP contrecarre les mouvements antéro-postérieurs de la langue, caractéristiques d'une déglutition infantile. L'arc central du TRP, dont la hauteur est au niveau des crêtes cuspidiennes des molaires et dont l'extrémité arrive au niveau des premières prémolaires (*fig. 1*), oblige la langue à s'appliquer sur le pourtour du palais et favorise la position haute de l'apex lingual dans la région de la papille buccoïde [1]. Cette stimulation favorise la déglutition devenue plus puissante de la salive pouvant de ce fait être regroupée sur le dos de la langue. Le TRP favorise ainsi le contact interarcade nécessaire à la déglutition secondaire. Enfin, ce dispositif peut être activé de la même façon qu'un Quad-Helix pour une EST. Le TRP a fait l'objet d'un dépôt de brevet international, référence WO 2010/015685. Son design n'a pas évolué pendant la période de l'étude.

Sujets

Quatre-vingt-quatorze patients ont été inclus dans cette étude rétrospective unicentrique, répartis en deux groupes (*Tableau I*). Quarante-sept ont été traités avec le TRP (groupe TRP) et 47 sans le TRP (groupe témoin). Les patients inclus dans l'étude présentaient tous une malocclusion et une dysfonction linguale. Ils ont tous suivi un traitement d'orthodontie et une rééducation de leurs fonctions linguales. Enfin leur dossier comprenait tous les supports et informations requis pour la réalisation de cette étude. En application de ces critères, 93 patients ont été traités avec un TRP entre 2009 et 2011. Quatre-vingt-neuf patients ont été traités sans TRP entre 1999 et 2008. Afin de réduire les biais entre les groupes, un score de propension a été calculé selon les caractéristiques suivantes :

- âge ;
- sexe ;
- classe de malocclusion dentaire ;
- activation d'une EST ;
- action sur le centre de croissance mandibulaire (*Tableau I*).

Le score de propension permet d'établir un score unique basé sur les données confondantes chez tous les sujets de l'étude [17]. Les groupes TRP et témoin ont été constitués à partir des patients traités respectivement avec TRP et sans TRP, par appariement sur le score de propension, selon la méthode du voisin le plus proche avec élimination des patients non appariés, après utilisation du package « Matchit » du logiciel R (version 3.0.2).

Les composantes orthodontiques des plans de traitements des groupes TRP et témoin sont similaires pour une même

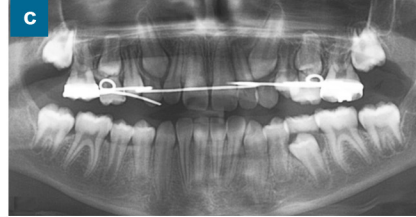


Table I

Reference data for TRP and control groups.

Tableau I

Données de référence des groupes TRP et témoin.

Measurements/ <i>Mesures</i>	TRP group/ <i>Groupe TRP</i>	Control group/ <i>Groupe témoin</i>	<i>P</i> -value/ <i>Valeur de p</i>
Age (years – IC 95)/ <i>Age (an – IC 95)</i>	12.66 (10.93–14.36)	14.3079 (11.52–17.09)	0.638
Female (%)/ <i>Féminin (%)</i>	28 (61.7%)	28 (59.57%)	1.000
Male (%)/ <i>Masculin (%)</i>	19 (40.4%)	19 (40.4%)	1.000
Class I (%)/ <i>Classe I (%)</i>	15 (31.9%)	17 (36.1%)	0.667
Class II-1 (%)/ <i>Classe II-1 (%)</i>	16 (34%)	17 (36.1%)	0.831
Class II-2 (%)/ <i>Classe II-2 (%)</i>	14 (29.8%)	11 (23.4%)	0.489
Class III (%)/ <i>Classe III (%)</i>	2 (4.3%)	2 (4.3%)	1.000
Transverse palatal expansion (%)/ <i>Expansion du sens transversal (%)</i>	34 (72%)	18 (39.2%)	0.026
Action on mandibular growth/ <i>Action sur la croissance mandibulaire (%)</i>	12 (25.5%)	25 (53.2%)	0.039
HY–ME (mm – IC 95)	45.71 (43.53–47.89)	46.58 (44.51–48.64)	0.562
HY–MA (mm – IC 95)	11.18 (9.44–12.92)	10.20 (8.67–11.75)	0.399
AX–GO (mm – IC 95)	14.24 (12.70–15.78)	13.96 (12.57–15.39)	0.789
Axis–S–NA (deg – IC 95)	100.02 (97.63–102.42)	99.72 (98.03–102.64)	0.851
GENIO (mm – IC 95)	26.47 (24.31–28.63)	25.78 (23.91–27.46)	0.574
FMA (deg – IC 95)	25.79 (24.03–27.54)	24.27 (22.53–25.82)	0.181
PhSup (mm – IC 95)	11.40 (10.56–12.25)	11.41 (10.39–12.43)	0.992
PhInf (mm – IC 95)	15.22 (13.02–17.68)	19.18 (17.23–20.73)	1.42E-02

classes. Patients requiring TPE were treated by activating the TRP in the TRP group and the Quad-Helix in the control group. The tongue function reeducation protocol was managed by a physiotherapist or specialized speech therapist. Daily

classe de malocclusion. Les patients nécessitant une EST sont traités par activation du TRP pour le groupe TRP et du Quad-Hélix pour le groupe témoin. Le protocole de rééducation des fonctions linguales est initié par un

Fig. 1: The Tongue Right Positioner (TRP).

a: a TRP fixed to the upper molars of a patient.

b: panorex of Anaëlle D.C. (9 years 8 months) before installation of the TRP.

c: panorex of Anaëlle D.C. (10 years 8 months) after 11 months of TRP.

d: panorex of Anaëlle D.C. (13 years 3 months) 6 months after removal of the TRP.

e: lateral headfilm of Anaëlle D.C. (9 years 8 months) before installation of the TRP.

f: lateral headfilm of Anaëlle D.C. (10 years 8 months) after 11 months of TRP.

g: lateral headfilm of Anaëlle D.C. (13 years 3 months) 6 months after removal of the TRP.

h: superimposition of significant bony structures and soft tissues (H) based on lateral headfilms of Anaëlle DC before installation of the TRP (in black) and after removal of the TRP (in red). Enlargement of the pharynx is clearly visible.

Fig. 1 : Le Tongue Right Positioner (TRP).

a : un TRP fixé sur les molaires supérieures d'un patient.

b : radiographie panoramique d'Anaëlle D.C. (9 ans 8 mois) avant la pose du TRP.

c : radiographie panoramique d'Anaëlle D.C. (10 ans 8 mois) après 11 mois de TRP.

d : radiographie panoramique d'Anaëlle D.C. (13 ans 3 mois) 6 mois après la dépose du TRP.

e : téléradiographie de profil d'Anaëlle D.C. (9 ans 8 mois) avant la pose du TRP.

f : téléradiographie de profil d'Anaëlle D.C. (10 ans 8 mois) après 11 mois de TRP.

g : téléradiographie de profil d'Anaëlle D.C. (13 ans 3 mois) 6 mois après la dépose du TRP.

h : superposition de structures osseuses et tissus mous d'intérêt (H) à partir des téléradiographies de profil d'Anaëlle D.C. avant la pose du TRP (en noir) et après la dépose du TRP (en rouge). L'agrandissement du pharynx est facilement observable.

exercises [18] lasting 15 minutes were prescribed, throughout the course of treatment for control group patients and in just 3 sessions at the start of treatment for the TRP group. We have no information on whether control group patients were compliant and performed exercises regularly.

Experimental protocol

During the first appointment, all patients were screened for lingual dysfunction [19,20]. These tests were based on five criteria:

- test of which the patient was not informed: absence of contraction of the lips and the mentalis muscle during swallowing of saliva;
- possibility for the practitioner to lower the lower lip during swallowing of saliva;
- question about the low position of the lingual apex;
- permanence of nose breathing;
- absence of tongue dysfunction during the pronunciation of consonants other than dental consonants [1].

Treatment was concluded when no remaining abnormalities were noted in the five tests described above, without the TRP in the mouth for the TRP group. No dyspraxia was accepted. For follow-up purposes, the tests were repeated at each consultation during treatment. Patients were referred to reeducation for corrective exercises for their lingual function, with inter-arch contact during swallowing. In the precise framework of this study, reeducation was managed by the orthodontist. The TRP was placed in the mouth at the second consultation (TRP group).

Before the start of treatment, a first lateral headfilm was obtained with the Frankfurt horizontal plane (headfilm 1). A second lateral headfilm (headfilm 2) was obtained when the patient had sustainably acquired a mature mode of swallowing. Treatment was concluded when patients achieved positive results in the five tests described above, without the TRP in the mouth for the TRP group. For the control group, the second headfilm was taken at the end of orthodontic treatment, since treatment could not be terminated until a correct tongue posture had been acquired.

The lateral headfilms in occlusion were produced full-scale by the same radiologist (De Faup-Perrin-Azancot group, Troyes, France). During exposure, patients were asked to maintain inter-arch contact and hold their breath so that their postures would be very comparable.

Cephalometric measurements

The contours of the structures to be measured are traced from the headfilms and then superimposed on the base of the skull (*fig. 1*). The cephalometric parameters measured (*fig. 2*) were

rééducateur (kinésithérapeute ou orthophoniste spécialisé...). Des exercices quotidiens [18] d'un quart d'heure sont prescrits aux patients, pendant la durée du traitement pour le groupe témoin contre 3 séances en début de traitement pour le groupe TRP. Nous n'avons pas de contrôle sur l'observance par les patients du groupe témoin de la réalisation des exercices.

Protocole expérimental

Lors de la première visite, des tests de dépistage de la dysfonction linguale [19,20] sont effectués pour chaque patient. Ces tests sont réalisés selon cinq critères :

- test non annoncé au patient : absence de la contraction des lèvres et des muscles de la houppe du menton lors de la déglutition salivaire ;
- possibilité par le praticien d'abaisser la lèvre inférieure lors de la déglutition salivaire ;
- question posée sur la position basse de l'apex lingual ;
- permanence de la ventilation nasale ;
- absence de dysfonction de la langue lors de la prononciation des consonnes autres que dentales [1].

Le traitement est terminé lorsque aucune anomalie aux cinq tests décrits ci-dessus n'est constatée, sans TRP en bouche pour le groupe TRP. Aucune dyspraxie n'est admise. Pour le suivi, les tests sont répétés à chaque consultation au cours du traitement. Les patients sont orientés vers un rééducateur pour réaliser des exercices de rééducation de la fonction linguale, avec contact interarcade lors de la déglutition. Dans le cadre précis de cette étude, l'orthodontiste est le rééducateur. Le TRP est posé lors de la seconde séance (groupe TRP).

Une première téléradiographie du crâne de profil à 4 mètres, plan de Francfort horizontal (cliché 1), est réalisée avant le début du traitement. Une seconde téléradiographie du crâne de profil (cliché 2) est effectuée lorsque le patient a acquis de façon stable une déglutition de type mature. Le traitement est terminé quand le patient a des résultats positifs aux cinq tests décrits ci-dessus, sans TRP en bouche pour le groupe TRP. Pour le groupe témoin, la prise de la seconde téléradiographie correspond avec la fin du traitement orthodontique. En effet, le traitement ne peut être terminé tant que la posture linguale correcte n'est pas acquise.

Les téléradiographies de profil du crâne en occlusion ont été réalisées à l'échelle 1 par le même radiologue (cabinet de radiologie De Faup-Perrin-Azancot à Troyes). Pendant la prise du cliché, le patient devait maintenir le contact interarcade et retenir sa respiration afin d'assurer une grande similitude des postures.

Mesures céphalométriques

Les contours des structures à mesurer sont dessinés sur un calque à partir des téléradiographies, puis superposés sur la base du crâne (*fig. 1*). Les mesures céphalométriques

those of Tweed. They were adopted because they provide a good representation of the structural modifications in the oropharyngeal zone. Those of the pharynx and the floor of the mouth were chosen on account of their legibility on the films, their reproducibility and their ability to reveal variations.

The FMA angle measures the vertical dimension of the face. Distance HY–ME (hyoid–chin) measures the longitudinal growth of the chin. Distance HY–MA measures the vertical position (height) of the hyoid bone. Distance AX–GO (axis–gonion) measures the position of the skull with respect to the Axis. Angle axis–S–NA measures the posture of the skull with respect to the Axis. Distance PhSup measures the anteroposterior diameter of the oropharynx. Distance PhInf measures the anteroposterior diameter of the hypopharynx. Distance GENIO measures the thickness of the buccal floor (*fig. 2*).

All these measurements were made by the same technician blinded to the treatment protocol, and checked by the orthodontist. The margin of error is estimated to be 1 mm for length measurements and 1° for angles. Ratio Rt between the values of headfilm 1/headfilm 2 was systematically calculated to allow a direct comparison between the 47 patients in the TRP group and the 47 patients in the control group.

Statistical analysis was performed using R software, version 3.0.2. Student’s *t*-test for matched pairs was applied in order to assess the significance of the variations observed between headfilms 1 and 2. The independent samples *t*-test was used to evaluate statistical differences between the two groups at the moment of headfilm 1 and headfilm 2. Pearson’s test was used to evaluate the correlations, first between Rt ratios and the various measurements, secondly between the measurements of headfilm 1 and the corresponding Rt ratios, and thirdly between Rt ratios and patient age. The threshold of significance chosen for all these tests was $P < 0.05$.

Results

Before treatment, only one measurement on headfilm 1 revealed a significant difference between the TRP and control groups (*Table I*): PhInf was higher in the control patients (19.18 mm) than in the TRP patients (15.22 mm).

For headfilm 2, there were significant changes in the control group for three of the eight cephalometric measurements studied: HY–ME (+5.39%), HY–MA (+60.25%) and PhInf (+19.24%) (*Table II*). In the TRP group, there were significant variations during treatment in six measurements: HY–ME (+9.89%), AX–GO (+12.58%), angle axis–S–NA (+2.52%), GENIO (–8.38%), PhSup (+10.48%) and PhInf (+14.91%). The increases in AX–GO, axis–S–NA and PhSup and the reduction of GENIO seem to be specific to the reeducation of lingual function by means of the TRP (*Table II*).

Distance GENIO increased slightly but not significantly in the control group (+1.20%). It fell significantly in the TRP group (–8.38%; $P < 0.001$; *Table II*). The difference in the

réalisées (*fig. 2*) sont celles de Tweed. Elles ont été retenues car elles rendent bien compte des modifications structurales de la sphère oropharyngée. Celles du pharynx et du plancher buccal ont été retenues pour leur lisibilité sur les clichés, leur reproductibilité et leur faculté à montrer leurs variations.

L’angle FMA mesure la dimension verticale de la face. La distance HY–ME (hoyoïde–menton) mesure la croissance longitudinale du menton. La distance HY–MA mesure la position verticale de l’os hoyoïde. La distance AX–GO (axis–gonion) mesure la position du crâne par rapport à l’axis. L’angle axis–S–NA mesure la posture du crâne par rapport à l’axis. La distance PhSup mesure le diamètre antéro-postérieur de l’oropharynx. La distance PhInf mesure le diamètre antéro-postérieur de l’hypopharynx. La distance GENIO mesure l’épaisseur du plancher buccal (*fig. 2*).

Toutes les mesures ont été réalisées à l’aveugle par une seule technicienne et contrôlées par l’orthodontiste. L’erreur est estimée à 1 mm pour la mesure des longueurs ou 1° pour celle des angles. Le ratio Rt entre les valeurs cliché 1/cliché 2 est systématiquement calculé afin de permettre une comparaison directe entre les 47 patients du groupe TRP et les 47 patients du groupe témoin.

Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel R version 3.0.2. Le test de Student sur séries appariées a été appliqué afin d’évaluer la significativité des variations observées entre les clichés 1 et 2. Le test de Student sans série appariée a été utilisé pour évaluer les différences statistiques entre les deux groupes au moment du cliché 1 et du cliché 2. Le test de Pearson a été utilisé pour évaluer les corrélations premièrement entre les ratios Rt des différentes mesures, deuxièmement entre les mesures du cliché 1 et les ratios Rt correspondants, troisièmement entre les ratios Rt et l’âge des patients. Le seuil de significativité de tous ces tests a été fixé à $p < 0,05$.

Résultats

Avant le traitement, une seule mesure du cliché 1 présente une différence significative entre les groupes TRP et témoin (*Tableau I*) : PhInf est supérieur chez les patients témoin (19,18 mm) par rapport aux patients TRP (15,22 mm).

Pour le cliché 2, parmi les huit mesures céphalométriques étudiées, trois varient en moyenne significativement au cours du traitement dans le groupe témoin : HY–ME (+5,39 %), HY–MA (+60,25 %) et PhInf (+19,24 %) (*Tableau II*). Pour le groupe TRP, six mesures varient en moyenne significativement au cours du traitement : HY–ME (+9,89 %), AX–GO (+12,58 %), l’angle axis–S–NA (+2,52 %), GENIO (–8,38 %), PhSup (+10,48 %) et PhInf (+14,91 %). L’augmentation de AX–GO, axis–S–NA, PhSup et la diminution de GENIO semblent être spécifiques du traitement de rééducation de la fonction linguale avec TRP (*Tableau II*).

La distance GENIO augmente légèrement mais non significativement dans le groupe témoin (+1,20 %). Elle diminue significativement dans le groupe TRP (–8,38 % ; $p < 0,001$;

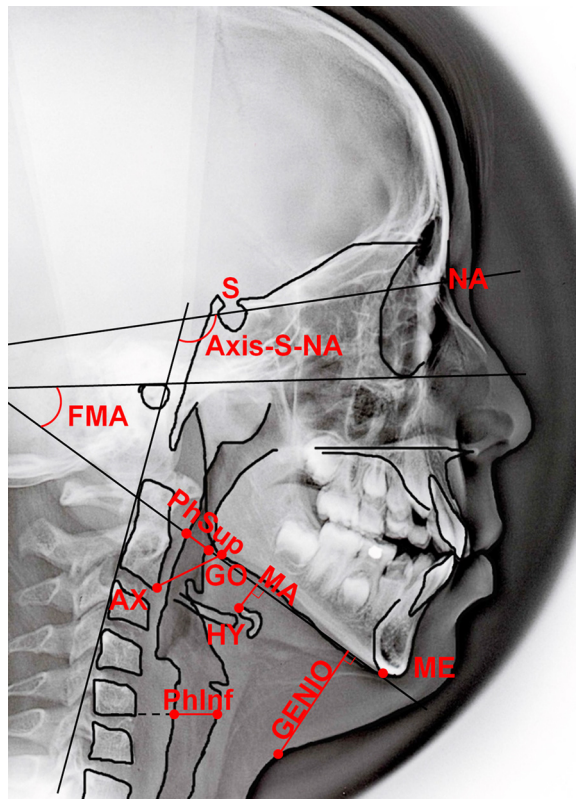


Fig. 2: Headfilm measurements.

All the distance measurements are in millimeters and the angles in degrees.

The anteroposterior diameter of the pharynx is deduced from measurement of two distances:

PhSup: anteroposterior diameter of the oropharynx measured along the mandibular plane (line MA);

PhInf: anteroposterior diameter of the hypopharynx measured at its greatest width just above the trachea, at the level of the lower edge of the fourth vertebra.

The position of the hyoid bone, which results from the activity and function of the tongue muscles, is determined by two measurements:

HY-ME: distance from the superoposterior point of the lesser horn of the hyoid bone to the lowest point of the mandibular symphysis;

HY-MA: shortest distance between the superoposterior point of the lesser horn of the hyoid bone and the mandibular plane.

Four other measurements were obtained:

AX-GO: distance between the Gonion and the Axis. This distance makes it possible to evaluate vertical changes in head posture;

Axis-S-NA: angle between the line through the inferoposterior and superoposterior points of the spine and the line through the Sella turcica and the Nasion;

FMA: angle between the mandibular plane and the Frankfurt horizontal plane: it enables the direction of facial growth to be measured;

variations of GENIO between the two groups is statistically significant and independent of the age of the patients (Tables II and III). Thirty patients in the TRP group showed a reduction of GENIO by -15.60% on average.

Distance AX–GO, measured in the patients in the TRP group, increased on average by 12.58% ($P < 0.05$), and was not correlated with age (Tables II and III). This reveals a change in cranio-cervical posture, which can take the form of a raising of the head. In order to evaluate this, angle axis–S–NA was measured (fig. 2). It increased significantly, by 2.52% ($P < 0.01$; Table II) in the TRP group but not in the control group. Thirty patients in the TRP group showed an increase in the axis–S–NA angle, by an average of 5.45% .

In the TRP group, PhSup increased on average by 10.48% ($P < 0.01$), while it did not vary significantly in the control group (Table II). Twenty seven patients in the TRP group presented an increase in PhSup, by 25.30% on average. The

Tableau II). L'évolution différente de GENIO entre les deux groupes est statistiquement significative et indépendante de l'âge des patients (Tableaux II et III). Trente patients du groupe TRP présentent une diminution de GENIO, de $-15,60\%$ en moyenne.

La distance AX–GO, mesurée chez les patients du groupe TRP, augmente en moyenne de $12,58\%$ ($p < 0,05$), sans corrélation avec l'âge (Tableaux II et III). Ceci met en évidence un changement de posture craniocervicale, qui pourrait se traduire par un redressement de la tête. Afin de l'évaluer, l'angle axis–S–NA a été mesuré (fig. 2). Il augmente significativement de $2,52\%$ ($p < 0,01$; Tableau II) dans le groupe TRP mais pas dans le groupe témoin. Trente patients du groupe TRP présentent une augmentation de l'angle axis–S–NA, de $5,45\%$ en moyenne.

Dans le groupe TRP, PhSup s'accroît en moyenne de $10,48\%$ ($p < 0,01$) alors qu'il ne varie pas significativement dans le groupe témoin (Tableau II). Vingt-sept patients du groupe TRP présentent une augmentation de PhSup, dont la

GENIO: shortest distance between the mandibular plane and the point of inflexion of the angle between the floor of the mouth and the neck; this enables the thickness of the floor of the mouth to be measured.

Fig. 2 : Mesures sur téléradiographie de profil.

Toutes les mesures de distance sont exprimées en millimètres et les angles en degrés.

Le diamètre antéropostérieur du pharynx est déterminé par la mesure de deux distances :

PhSup : diamètre antéropostérieur de l'oropharynx mesuré le long du plan mandibulaire (ligne MA) ;

PhInf : diamètre antéropostérieur de l'hypopharynx mesuré sur la plus grande largeur juste en dessus de la trachée, au niveau du bas de la quatrième vertèbre.

La position de l'os hyoïde, qui est la résultante de l'activité et de la fonction des muscles de la langue, est déterminée par deux mesures :

HY–ME : distance du point supéropostérieur de la petite corne de l'os hyoïde au point le plus inférieur de la symphyse mandibulaire ;

HY–MA : distance la plus faible entre le point supéropostérieur de la petite corne de l'os hyoïde et le plan mandibulaire.

Quatre mesures additionnelles ont été évaluées :

AX–GO : distance entre le gonion et l'axis. Cette distance permet d'évaluer un changement vertical de la posture de la tête ;

Axis–S–NA : angle formé par la ligne passant par les points inféropostérieur et supéropostérieur du rachis et la ligne passant par la selle turcique et le Nasion ;

FMA : angle entre le plan mandibulaire et le plan de Francfort : il permet de mesurer la direction de la croissance de la face ;

GENIO : distance la plus courte entre le plan mandibulaire et le point d'inflexion de l'angle formé par le plancher buccal et le cou, permet de mesurer l'épaisseur du plancher buccal.

Table II

Cephalometric variations and statistical differences between TRP and control groups.

Tableau II

Variations céphalométriques et différences statistiques entre les groupes TRP et témoin.

Measurements/ <i>Mesures</i>	Variations within the TRP group n = 47/ <i>Variations dans le groupe TRP n = 47</i>				Variations within the control group: no TRP+ tongue reeducation exercises n = 47/ <i>Variations dans le groupe témoin : pas de TRP+ exercices de rééducation linguale n = 47</i>				Variations between groups/ <i>Variations entre groupes</i>
	Mean variations/ <i>Variations moyennes</i>	Median variations/ <i>Variations médianes</i>	95% CI/IC 95%	P-value/ <i>Valeur de p</i>	Mean variations/ <i>Variations moyennes</i>	Median variations/ <i>Variations médianes</i>	95% CI/IC 95%	P-value/ <i>Valeur de p</i>	
HY-ME	+9.89%	+6.38%	(+6.18%; +13.61%)	3.07E-07	+5.39%	+5.66%	(+1.50%; +9.26%)	0.03099	0.095
HY-MA	+64.23%	+1.41%	(-18.28%; +146.79%)	0.127	+60.25%	+21.43%	(+28.72%; +97.77%)	0.0002224	0.928
AX-GO	+12.58%	+0.91%	(+3.89%; +21.28%)	0.01201	+6.24%	+5.55%	(-4.01%; +16.49%)	0.4164	0.345
Axis-S-NA	+2.52%	+2.13%	(+3.4%; +3.64%)	0.005553	+1.48%	+1.90%	(-0.07%; +3.64%)	0.2632	0.367
GENIO	-8.38%	-9.09%	(-14.06%; -2.70%)	0.0002099	+1.20%	-0.01%	(-3.48%; +5.89%)	0.8504	0.01031
FMA	+4.03%	+3.57%	(-0.01%; +8.11%)	0.107	+2.51%	+2.02%	(-1.63%; +6.67%)	0.3495	0.181
PhSup	+10.48%	+7.69%	(+3.91%; +17.06%)	0.008947	+6.34%	-0.01%	(-4.08%; +16.77%)	0.5385	0.5007
PhInf	+14.91%	+7.18%	(+7.78%; +22.04%)	7.98E-05	+19.24%	+20.00%	(+13.51%; +24.98%)	4.72E-08	0.343

Table III

Correlation of variations in measurements during reeducation with patient age and with reference (baseline) measurements.

Measurements/ Mesures	TRP group/Groupe TRP				Control group/Groupe témoin			
	Cor age/ Cor age	P-value/ Valeur de p	Cor baseline/ ratio	P-value/ Valeur de p	Cor age/ Cor age	P-value/ Valeur de p	Cor baseline/ ratio	P-value/ Valeur de p
HY-ME	-0.123	0.343	-0.492	0.0004469	-0.163	0.188	-0.558	4.55E-05
HY-MA	-0.143	0.323	-0.373	0.009753	-0.171	0.156	-0.510	0.0002521
AX-GO	0.064	0.766	-0.273	0.06366	-0.055	0.922	-0.258	0.08051
Axis-S-NA	-0.045	0.743	-0.275	0.06756	-0.073	0.911	-0.490	0.0005495
GENIO	0.152	0.409	-0.391	0.008609	-0.123	0.231	-0.223	0.1316
FMA	-0.207	0.0695	-0.368	0.01081	0.143	0.255	-0.198	0.1879
PhSup	-0.092	0.443	-0.296	0.01199	0.068	0.531	-0.358	0.01354
PhInf	0.197	0.109	-0.413	0.004288	-0.283	0.023	-0.073	0.6297

Tableau III

Corrélation de la variation des mesures pendant la rééducation avec l'âge des patients et avec les mesures de référence (baseline).

Table IV

Effect of TPE and action on mandibular growth center on cephalometric measurements.

Tableau IV

Effets de EST et de l'action sur le centre de croissance mandibulaire sur les mesures céphalométriques.

	Patients with TPE (TRP and control)/ Patients avec EST (TRP et témoin)	Patients without TPE (TRP and control)/ Patients sans EST (TRP et témoin)	Patients with action on mandibular growth center (TRP and control)/ Patients avec action sur le centre de croissance mandibulaire (TRP et témoin)	Patients without action on mandibular growth center (TRP and control)/ Patients sans action sur le centre de croissance mandibulaire (TRP et témoin)
n	51	43	36	58
Mean variations PhSup/ Variations moyennes PhSup	+9.91%	+4.35%	+9.47%	+6.10%
SD PhSup	±2.27%	±1.11%	±2.29%	±1.46%
P-value/Valeur de p	0.302		0.538	
Mean variations AX-GO/ Variations moyennes AX-GO	+4.66%	+14.04%	+11.61%	+7.06%
SD AX-GO	±4.06%	±5.52%	±6.36%	±3.71%
P-value/Valeur de p	0.166		0.511	
Mean variations Axis-SN/ Variations moyennes Axis-SN	+1.47%	+2.61%	+3.12%	+1.24%
SD Axis-S-NA	±0.73%	±1.24%	±1.08%	±0.86%
P-value/Valeur de p	0.413		0.175	
Mean variations GENIO/ Variations moyennes GENIO	-3.10%	-4.00%	-2.90%	-3.70%
SD GENIO	±2.90%	±2.00%	±2.70%	±2.60%
P-value/Valeur de p	0.816		0.829	

negative correlation between the variation in the PhSup distance during treatment and the pre-treatment measurement (Table III) suggests that the narrower the anteroposterior diameter of the oropharynx before treatment, the more likely it is to increase during treatment.

We checked to see whether palatal expansion by TRP (TRP group) or Quad-Helix (control group) and orthodontic action on mandibular growth were linked with anteroposterior enlargement of the oropharynx. Our results showed that the increase in PhSup in patients with expansion was not significant compared to those without ($P = 0.302$; Table IV). They also showed that action on the mandibular growth center did not lead to a significantly different increase in PhSup compared to patients who had not received this treatment ($P = 0.538$; Table IV). These results suggest that palatal expansion or action on the mandibular growth center did not lead, in the patients in our study, to significant anteroposterior enlargement of the oropharynx.

Correlation tests were performed between the measurements, which varied significantly during TRP treatment (Table IV). These data showed that variations of AX-GO and axis-S-NA were strongly correlated ($R = 0.507$; $P < 0.001$). Moreover, the drop in GENIO was correlated with the increase in PhSup ($R = -0.402$; $P < 0.01$). This result suggests that, during TRP treatment, anteroposterior enlargement of the oropharynx is closely linked to thinning of the buccal floor.

In our protocol, the time elapsed between headfilms 1 and 2 corresponded to the duration of functional reeducation treatment for the tongue (cf. Materials and methods). This period was, on average \pm SD, 14.8 ± 11 months for the TRP group and 33 ± 13 months for the control group. This result suggests that acquisition of mature swallowing with the TRP is faster than functional reeducation of the tongue without the TRP.

Discussion

This study highlights the link between the beneficial effects of treatment with the TRP on the acquisition of a mature tongue function and the potential improvement in breathing on account of enlargement of the upper airways.

Study limitations

The aim of this study was to analyze the effects of the TRP on the oropharyngeal zone in adolescents equipped with a TRP in parallel with their orthodontic treatment. The beneficial clinical effects of the TRP noted by the practitioner (Dr C. Mauclaire) and presented in *fig. 1B* through H were the justification for this retrospective single-center study. As designer of the TRP, Dr Mauclaire has experimented with the device and is consequently the only person with a statistically adequate cohort of patients treated with the TRP. Dr Mauclaire was also responsible for the reeducation of the patients. However, the methods used to check the results of

moyenne est de 25,30 %. La corrélation négative entre la variation de la distance PhSup au cours du traitement et sa mesure avant traitement (Tableau III) suggère que plus le diamètre antéro-postérieur de l'oropharynx est étroit avant traitement, plus il a tendance à augmenter avec le traitement.

Nous avons vérifié si une EST par TRP (groupe TRP) ou Quad-Helix (groupe témoin) et une action orthodontique sur la croissance mandibulaire étaient liées à un élargissement antéro-postérieur de l'oropharynx. Nos résultats montrent que l'augmentation de PhSup chez les patients avec EST n'est pas significative par rapport à celle des patients sans EST ($p = 0,302$; Tableau IV). Ils montrent également qu'une action sur le centre de croissance mandibulaire n'induit pas une augmentation de PhSup significativement différente par rapport aux patients qui n'en ont pas eu ($p = 0,538$, Tableau IV). Ces résultats suggèrent que l'EST ou l'action sur la croissance mandibulaire n'induisent pas chez les patients de notre étude un élargissement antéro-postérieur significatif de l'oropharynx. Des tests de corrélation ont été réalisés entre les mesures qui varient significativement au cours du traitement TRP (Tableau IV). Ces données montrent que les variations de AX-GO et axis-S-NA sont fortement corrélées ($R = 0,507$; $p < 0,001$). D'autre part, la diminution de GENIO est corrélée à l'augmentation de PhSup ($R = -0,402$; $p < 0,01$). Ce résultat suggère que lors du traitement TRP, l'élargissement antéro-postérieur de l'oropharynx est étroitement lié à l'amincissement du plancher buccal.

Dans notre protocole, le temps écoulé entre les clichés 1 et 2 correspond à la durée du traitement de rééducation fonctionnelle de la langue (voir Matériels et méthodes). Cette durée est en moyenne \pm SD de $14,8 \pm 11$ mois pour le groupe TRP et 33 ± 13 mois pour le groupe témoin. Ce résultat suggère que l'instauration de la déglutition mature avec le TRP est plus rapide qu'avec la rééducation de la fonction linguale sans TRP.

Discussion

Cette étude met en évidence le lien entre l'effet bénéfique du traitement avec le TRP sur l'instauration d'une fonction linguale mature et l'amélioration potentielle de la ventilation du fait de l'élargissement des voies aériennes supérieures.

Limites de l'étude

Le but de cette étude est d'analyser les effets du TRP sur la sphère oropharyngée chez des patients adolescents équipés d'un TRP en parallèle de leur traitement orthodontique. Les effets cliniques bénéfiques du TRP constatés par le praticien (Dr C. Mauclaire) et présentés *fig. 1B* à H, ont justifié cette étude rétrospective et unicentrique. En tant que concepteur du TRP, le Dr Mauclaire a expérimenté cet appareil et de ce fait, est la seule à disposer d'une cohorte statistiquement suffisante de patients traités avec le TRP. Le Dr Mauclaire assure également la rééducation des patients. Toutefois, les méthodes de contrôle des résultats de la rééducation utilisées

reeducation were the same in the two groups, TRP and control, thus reducing the impact of this bias. Standardized orthodontic imaging protocols were used. X-ray films allow the cephalometric measurements of interest to be obtained with sufficient accuracy. MRI is not justified, particularly for control group patients. Nevertheless, 2D cephalometrics have limitations when it comes to appreciating cephalic posture. The measurements presented depend on points that are themselves subject to movement. In order to minimize these limitations, the headfilms were all taken on the same equipment by the same technician who ensured that patients all adopted the same posture, with breath-hold. X-ray headfilms are not the technique of reference for soft tissue imaging but they nevertheless enable the upper airways to be measured with sufficient accuracy [21].

The average PhInf distance was greater in the control group than in the TRP group. This difference appears to be due to chance. PhInf increased significantly in both groups after treatment. In the control group, the variation in PhInf was positively correlated with patient age (Table III). This shows that widening of the hypopharynx is not an effect specific to the TRP.

The TRP contributes to correction of tongue dysfunction.

When the mode of swallowing is infantile, the cervico-pelvi-mandibular angle is obtuse, reflecting the ptosis of the tongue. On the contrary, when swallowing becomes mature, this angle becomes a right angle, reflecting the thinning of the buccal floor [22]. Our results showed that the thickness of the floor of the mouth diminished by 8.38% in the presence of a TRP compared with +1.20% in the control group (GENIO, Table II). Thinning of the buccal floor thus marks the combined tensing of the tongue muscles (styloglossi, genioglossi and genioglossoids) involved in the passage of the food bolus towards the pharynx during mature swallowing [22]. Mobilization of these muscles leads to a reduction in their volume since it is generally accompanied by disappearance of the fatty reserves in the intramuscular adipocytes.

These results corroborate the observation of the acquisition of mature swallowing by TRP patients.

It was also observed that mature swallowing began more quickly in the TRP group than in the control group (after respectively 14.8 months and 33 months on average, see Results). This can be explained by the permanent constraint imposed by the TRP on the muscles of the oropharyngeal space, whereas muscle tonus in the control group patients depended on proper daily performance of the reeducation exercises. Patient compliance with treatment is known to be an essential factor in the success of reeducation. This result shows that a fixed appliance like the TRP can usefully increase the success and rapidity of reeducation treatments designed to promote the establishment of mature swallowing.

sont les mêmes dans les deux groupes TRP et témoin, ce qui réduit l'effet de ce biais. Le protocole d'imagerie standard en orthodontie a été utilisé. Les clichés radiologiques permettent la prise de mesures céphalométriques d'intérêt avec une précision suffisante. L'IRM ne se justifie pas, a fortiori pour les patients du groupe témoin. Néanmoins, la céphalométrie 2D présente des limites concernant l'appréciation de la posture céphalique. Les mesures présentées sont dépendantes de points eux-mêmes soumis à des déplacements. Afin de réduire ces limites, les téléradiographies ont été réalisées avec le même matériel par le même technicien devant veiller au maintien d'une posture unique, respiration retenue pour les patients. Les téléradiographies, bien que n'étant pas la technique de référence pour les tissus mous, fournissent toutefois des mesures des voies aériennes supérieures suffisamment précises [21].

La distance moyenne PhInf avant traitement est supérieure dans le groupe témoin par rapport au groupe TRP. Cette différence entre les deux groupes semble fortuite. PhInf augmente significativement dans les deux groupes après traitement. Dans le groupe témoin, la variation de PhInf est positivement corrélée à l'âge des patients (Tableau III). Ceci montre que l'élargissement de l'hypopharynx n'est pas un effet spécifique du TRP.

Le TRP contribue à la correction de la dysfonction linguale.

Lorsque le mode de déglutition est infantile, l'angle cervico-pelvi-mandibulaire est obtus et traduit une ptose de la langue. Au contraire, lorsque la déglutition devient mature, cet angle est droit, traduisant un amincissement du plancher buccal [22]. Nos résultats montrent que l'épaisseur du plancher buccal diminue de -8,38 % en présence du TRP versus +1,20 % dans le groupe témoin (GENIO, Tableau II). Ainsi, l'amincissement du plancher buccal est la marque de la mise en tension conjointe des muscles de la langue (styloglosses, genioglosses et genioglossoides...) impliqués dans le passage du bol alimentaire vers le pharynx lors de la déglutition mature [22]. La mobilisation des muscles entraîne leur réduction de volume car elle est généralement accompagnée d'une fonte des réserves graisseuses des adipocytes intramusculaires. Ces résultats corroborent l'observation de l'instauration de la déglutition mature chez les patients TRP.

On observe également que l'instauration de la déglutition mature est plus rapide dans le groupe TRP que dans le groupe témoin (respectivement 14,8 mois et 33 mois en moyenne, voir Résultats). Ce résultat peut s'expliquer par la contrainte permanente exercée par le TRP sur les muscles de l'espace oropharyngé alors que la tonification musculaire chez les patients du groupe témoin est liée à la réalisation effective d'exercices quotidiens de rééducation. L'observance du traitement par les patients est connue pour être un facteur déterminant dans la réussite de traitement de rééducation. Ce résultat montre l'intérêt d'un appareil fixe comme le TRP pour augmenter le succès et la rapidité des traitements de rééducation pour l'instauration d'une déglutition mature.

The TRP makes it possible to increase pharynx diameter

Our results showed that the oropharynx widened by 10.48% in the presence of the TRP (PhSup, [Table II](#)). Distance HY–ME increased significantly in the two groups after treatment because the patients were still in their growth period. There was no link between variations in PhSup and mandibular growth as represented by HY–ME ([Table IV](#)). The anteroposterior enlargement of the oropharynx was thus not dependent on the effects of mandibular growth. It was, however, linked to pre-treatment diameter.

We checked to see whether the use of other devices (Quad-Helix, Andresen) during orthodontic treatment had any impact on measurements showing significant variations for TRP patients. Whether in the TRP or control groups, there was no significant difference in PhSup between patients who had received orthodontic stimulation of the mandibular growth center with an Andresen appliance and those who had not ([Table IV](#)). Similarly, PhSup increased in 61% in patients who underwent palatal expansion and in 61.5% of those who did not (data not presented). Statistical analysis shows that whichever group they belonged to, TRP or control, there was no significant difference in the variation of PhSup between patients who had undergone palatal expansion and those who had not ([Table IV](#)). These results suggest that the main factor leading to the observed anteroposterior enlargement of the oropharynx is enhanced muscle tonus thanks to the TRP rather than action on the mandibular growth center where the TPE takes place. However, the hypothesis that TPE induces a transverse enlargement of the oropharynx cannot be ruled out.

The pharynx can be compared to a tube composed of three cylinders with different cross-sections. The upper and lower parts are rigid. The central part or intermediate cylinder has flexible musculo-membranous walls with bottlenecks at the level of the velopharynx, the oropharynx and the hypopharynx. Patency of the upper airways depends in practice on the generation of an endo-thoraco-pharyngeal pressure drop by local dilating muscular forces and the inspirational muscular forces [23]. Lessening of compliance and an increase in the dilating muscular forces increase the inspirational flow rate and avoid pharyngeal obstruction. In this study, we showed that treatment by TRP to support the establishment of mature swallowing strengthened the muscles at the base of the tongue, which was associated with an anteroposterior enlargement of the pharynx. The effective activation of the genioglossal muscles on account of the constraints imposed by the TRP helps to develop and maintain the diameter of the oropharynx. In atypical swallowing, the tongue-lowering muscles, including the hyoglossi, predominate. On the contrary, in mature swallowing, the elevator muscles of the tongue, including the styloglossi, predominate and accompany a specific contraction of the genioglossi [22,24]. These genioglossus muscles are attached to the spina mentalis and their branches are

Le TRP permet d'augmenter le diamètre du pharynx

Nos résultats montrent que l'oropharynx s'élargit de 10,48 % en présence du TRP (PhSup, [Tableau II](#)). La distance HY–ME augmente significativement dans les deux groupes après traitement, du fait que les patients sont en période de croissance. Il n'y a pas de lien entre la variation de PhSup et la croissance mandibulaire représentée par HY–ME ([Tableau IV](#)). L'élargissement antéro-postérieur oropharyngé est donc indépendant des effets de la croissance mandibulaire. Il est par contre lié à son diamètre avant traitement.

Nous avons évalué les effets éventuels de l'application de dispositifs lors du traitement orthodontique (Quad-Helix, Andresen) sur les mesures présentant des variations significatives pour les patients TRP. Indépendamment du groupe TRP ou témoin, il n'y a pas de différence significative de PhSup entre les patients qui ont eu une stimulation orthodontique du centre de croissance mandibulaire par Andresen et ceux qui n'en ont pas eu ([Tableau IV](#)). De même, PhSup augmente chez 61 % des patients ayant eu une EST et chez 61,5 % de ceux qui n'en ont pas eu (données non présentées). Une analyse statistique montre qu'indépendamment du groupe TRP ou témoin, il n'y a pas de différence significative de la variation de PhSup entre les patients qui ont eu une EST et ceux qui n'en ont pas eu ([Tableau IV](#)). Ces résultats suggèrent que la tonification musculaire par le TRP serait le principal facteur de l'élargissement antéro-postérieur de l'oropharynx observé et non l'action sur le centre de croissance mandibulaire où l'EST est réalisée. Par ailleurs, l'hypothèse que l'EST induise un élargissement transversal de l'oropharynx ne peut pas être écartée.

Le pharynx peut être assimilé à un tube composé de trois cylindres de sections différentes. Les parties supérieures et inférieures sont rigides. La partie centrale ou cylindre moyen a des parois souples et musculomembraneuses avec des points d'étranglements au niveau du vélopharynx, de l'oropharynx et de l'hypopharynx. La perméabilité des voies aériennes supérieures dépend en pratique des forces musculaires dilatatrices locales et des forces musculaires inspiratoires générant une dépression endo-thoraco-pharyngienne [23]. Une diminution de la compliance et une augmentation des forces musculaires dilatatrices augmentent le flux inspiratoire et évitent l'obstruction pharyngée. Dans cette étude, nous montrons que le traitement TRP qui accompagne l'établissement de la déglutition mature, produit un renforcement musculaire de la base de la langue, associé à un élargissement antéro-postérieur de l'oropharynx. L'activation efficace des génioglosses, du fait des contraintes imposées par le TRP, participe au développement et au maintien du diamètre oropharyngien. Dans la déglutition atypique, les muscles abaisseurs de la langue, dont les hyoglosses, sont prédominants. En revanche, dans la déglutition mature, les muscles éleveurs, dont les styloglosses, sont prédominants et accompagnent une contraction spécifique des

Table V

Correlations between cephalometric measurements.

Tableau V

Corrélations entre mesures céphalométriques.

	HY-ME		HY-MA		AX-GO		Axis-S-NA		GENIO		PhSup	
	cor	P-value/ Valeur de p	cor	P-value/ Valeur de p	cor	P-value/ Valeur de p	cor	P-value/ Valeur de p	cor	P-value/ Valeur de p	cor	P-value/ Valeur de p
TRP Group/Groupe TRP												
PhInf	0.294	4.72E-02	-0.110	4.61E-01	0.196	1.92E-01	0.204	1.84E-01	-0.006	9.70E-01	0.206	1.70E-01
PhSup	-0.143	3.37E-01	-0.051	7.37E-01	0.071	6.36E-01	0.107	4.86E-01	-0.402	6.91E-03		
GENIO	0.241	1.14E-01	0.019	9.03E-01	-0.111	4.75E-01	0.030	8.53E-01				
Axis-S-NA	0.527	1.98E-04	-0.074	6.30E-01	0.507	3.78E-04						
AX-GO	0.516	2.03E-04	0.204	1.68E-01								
HY-MA	0.270	6.69E-02										
Control group (without TRP)/Groupe témoin (sans TRP)												
PhInf	-0.006	9.68E-01	0.269	7.04E-02	0.134	3.73E-01	0.127	4.07E-01	0.345	1.88E-02	0.345	1.89E-02
PhSup	0.238	1.07E-01	0.193	1.94E-01	0.428	2.69E-03	0.540	1.06E-04	0.124	4.05E-01		
GENIO	-0.059	6.93E-01	0.275	6.17E-02	0.053	7.25E-01	-0.005	9.76E-01				
Axis-S-NA	0.598	1.14E-05	0.376	9.99E-03	0.645	1.31E-06						
AX-GO	0.545	7.58E-05	0.200	1.77E-01								
HY-MA	0.411	4.13E-03										

connected to the septum of the tongue almost as far as the apex. They cause protrusion of the tongue. On the posterior side, other branches (geniohyoid) are connected to the hyoid bone and permit dilatation of the pharynx. During mature swallowing, the apex of the tongue rests on the bunoïd papilla on account of contraction of the genioglossi, thereby promoting opening of the oropharynx and nasal breathing [1]. It is therefore logical that enlargement of the pharynx should be correlated with thinning of the floor of the mouth in TRP group patients ($R = -0.402$; $P < 0.01$; [Table V](#)).

Obese patients who do not suffer from apnea tend to display stronger activity of the genioglossus muscles than obese patients with apnea [25]. Genioglossal tonus is diminished in patients suffering from OSAS, leading to longer recovery time than for healthy patients [26]. These data suggest that the activity and strengthening of the genioglossi are essential factors for the increase and maintenance of the caliber of the pharyngeal airways. This makes it easy to understand that techniques aimed at the establishment of correct tongue functions, such as mature swallowing, should encourage the correction of OSAS, as has been observed in adults [1,14], or should prevent relapse after treatment in children [1,15]. The improved muscle tone induced by the TRP and the observed oropharyngeal enlargement are thus likely to prevent its narrowing during sleep. Further studies could be performed to evaluate the effects of TRP on oropharyngeal breathing in patients suffering from SDB and the persistence of these disorders. This would make it possible to determine to what degree the TRP might be a comfortable, effective and sustainable alternative for patients suffering from sleep-disordered breathing for whom existing mechanical treatments are contra-indicated or poorly tolerated.

The TRP induces improvement of cranio-cervical posture

Straightening of the spine reflects a change in cranio-cervical posture, generally associated with a change from mouth breathing to nasal breathing [27]. The probable improvement in breathing of TRP patients, due to the anteroposterior enlargement of the pharynx, can thus be linked to a change in posture. This is explained by the functional link between tongue behavior and the first vertebra. Modification of tongue behavior, and particularly strengthening of the styloglossus muscles, is probably one factor at work in the change of posture observed in TRP group patients, with an increase in distance AX-GO (+12.58%) and angle axis-S-NA (+2.52%; [Table II](#)). TPE can lead to a correction of posture. However, the absence of any significant link between the palatal expansions performed on patients ([Table V](#)) and postural improvement suggests that the effects of muscle strengthening thanks to the TRP contribute to correction of cranio-cervical posture, independently of TPE. In addition, the lateral forces resulting

généoglosses [22,24]. Les généoglosses sont attachés aux apophyses géni, leurs rameaux sont reliés au septum lingual jusque vers l'apex. Ils effectuent la protrusion de la langue. Du côté postérieur, d'autres rameaux sont rattachés à l'os hyoïde (généiohyoïde) qui permettent la dilatation du pharynx. Lors de la déglutition mature, l'apex lingual prend appui sur la papille bunoïde par contraction des généoglosses, favorisant ainsi l'ouverture de l'oropharynx et la ventilation nasale [1]. Il est donc cohérent que l'élargissement du pharynx soit corrélé avec l'affinement du plancher buccal chez les patients du groupe TRP ($R = -0,402$; $p < 0,01$; [Tableau V](#)).

Les patients obèses non apnéiques ont tendance à présenter une activité renforcée des généoglosses par rapport aux patients obèses apnéiques [25]. La tonicité des généoglosses, réduite chez les patients souffrant de SAOS, entraîne un temps de récupération supérieur par rapport à des sujets sains [26]. Ces données suggèrent que l'activité et le renforcement des généoglosses sont centraux pour l'augmentation et le maintien du calibre des voies pharyngées. Il est alors compréhensible que des techniques visant à rétablir des fonctions linguales correctes, comme la déglutition mature, favorisent la guérison du SAOS telle que cela a été obtenu chez les adultes [1,14] ou évitent les récurrences après traitement chez les enfants [1,15]. La tonification musculaire apportée par le TRP et l'élargissement observé de l'oropharynx sont donc susceptibles d'éviter son rétrécissement pendant le sommeil.

Des études complémentaires pourraient être menées afin d'évaluer des effets du TRP sur la ventilation oropharyngée de patients atteints de TVS et leur persistance. Ceci permettrait de déterminer dans quelle mesure le TRP pourrait être une alternative confortable, efficace et durable pour les patients souffrant de ces troubles et avec intolérance ou contre-indication aux traitements mécaniques existants.

Le TRP induit un redressement de posture craniocervicale

Le redressement du rachis témoigne d'un changement de posture craniocervicale associé généralement à une évolution de la ventilation buccale vers la ventilation nasale [27]. L'amélioration probable des conditions de ventilation des patients TRP due à l'élargissement antéro-postérieur de l'oropharynx peut donc être associée à un changement de posture. Ce changement s'explique par le lien fonctionnel existant entre le comportement de la langue et la première vertèbre. La modification du comportement lingual, en particulier avec le renforcement des styloglosses, est probablement l'un des facteurs du changement de posture observé chez les patients du groupe TRP avec l'augmentation de la distance AX-GO (+12,58 %) et de l'angle axis-S-NA (+2,52 % ; [Tableau II](#)). L'EST peut induire un redressement de posture. Toutefois, l'absence de lien significatif entre les EST ([Tableau V](#)) réalisées chez les patients et le redressement de la posture suggère que les effets du renforcement musculaire liés

from styloglossal mobilization complement those produced by TRP in favor of transverse expansion, and encourage the persistence of the effect. It was, however, not possible to measure them in the framework of the protocol adopted for this study.

Conclusion

The TRP is a functional physiological activator that is non-invasive and has no known iatrogenic effects. Its mode of action is synergistic with that of reeducation, the effects of which it prolongs throughout the duration of treatment. The aim of the permanent stimulation and constraint applied by the TRP is to establish physiological tongue function.

The results of this retrospective study show that, for all patients benefiting from orthodontic treatment and suffering from tongue dysfunction, the strengthening of the muscles of the base of the tongue induced by the TRP leads specifically to a significant thinning of the floor of the mouth (-8.38%), a sign of the definitive acquisition of mature swallowing. This correction is obtained more rapidly by TRP patients than by those in the control group. These modifications are associated with an enlargement in the anteroposterior diameter of the oropharynx (PhSup: +10.48%) and a correction of cranio-cervical posture (AX-GO: +12.58%; axis-S-NA: +2.52%), independently of any orthodontic action undertaken during treatment.

The results of the study suggest that the TRP enables correction of tongue dysfunction by increasing the tonus of the muscles of the base of the tongue, enlarging the anteroposterior diameter of the oropharynx more effectively than in patients treated with tongue reeducation exercises. Use of this appliance could therefore be beneficial for the treatment of patients suffering from SDB. A study with several years' follow-up would make it possible to assess the stability of results obtained by treatment with the TRP.

Disclosure of interest

Dr Mauclair is the inventor of the TRP appliance, the patent for which is held by Tongue Laboratory, a start-up company, run by a member of her family that develops and sells the TRP. Dr Saint-Georges-Chaumet and Mr. Frederic Vanpouille own shares in Tongue Laboratory. The authors have received no remuneration from this company.

Acknowledgements

We would like to thank Professors Jean Delaire, Jean-Paul Monteil, and Drs Annie Berthet, Jean-François Dessange, Isabelle Millot and Maria Antonia Quera-Salva for their expert

à l'action du TRP participent au redressement de posture craniocervicale, indépendamment de l'EST réalisée. En outre, les forces latérales issues de la mobilisation des styloglosses complètent celles exercées par le TRP pour l'EST et favorisent le maintien de leurs effets. Elles n'ont pas pu être mesurées compte tenu du protocole mis en œuvre pour cette étude.

Conclusion

Le TRP est un activateur fonctionnel physiologique non invasif et sans effet iatrogène constaté à ce jour. Son mode d'action entre en synergie avec l'action du rééducateur et la pérennise le temps du traitement. La stimulation et la contrainte permanente activées par le TRP visent à instaurer des fonctions linguales physiologiques.

Les résultats de cette étude rétrospective montrent que, pour tous les patients bénéficiant d'un traitement d'orthodontie et présentant une dysfonction linguale, les renforcements musculaires de la base de langue induits par le TRP entraînent spécifiquement un amincissement significatif du plancher buccal (-8,38 %), marqueur de l'instauration définitive d'une déglutition mature. Cette correction est obtenue plus rapidement avec TRP que chez les patients témoin. Ces modifications sont associées à un élargissement du diamètre antéro-postérieur de l'oropharynx (PhSup : +10,48 %) et à une posture craniocervicale redressée (AX-GO : +12,58 % ; axis-S-NA : +2,52 %), indépendamment des actions orthodontiques menées au cours des traitements.

Les résultats de cette étude suggèrent que le TRP permet la correction des dysfonctions linguales par tonification des muscles de la base de la langue et élargit le diamètre antéro-postérieur de l'oropharynx plus efficacement que chez des patients traités par des exercices de rééducation linguale. L'utilisation de cet appareil pourrait donc être également bénéfique pour le traitement de patients atteints de TVS. Une étude avec un suivi des patients pendant plusieurs années permettrait d'apprécier la stabilité des résultats obtenus par des traitements avec TRP.

Déclaration d'intérêts

Le docteur Mauclair est inventeur du dispositif TRP, dont le brevet est détenu par la start-up Tongue Laboratory, qui développe et commercialise le TRP et qui est dirigée par un membre de sa famille. Le docteur Saint-Georges-Chaumet et M. Frederic Vanpouille sont actionnaires de Tongue Laboratory. Les auteurs n'ont perçu aucune rémunération de la part de cette société.

Remerciements

Nous remercions les professeurs Jean Delaire, Jean-Paul Monteil, les docteurs Annie Berthet, Jean-François Dessanges, Isabelle Millot et Maria Antonia Quera-Salva pour

advice during the preparation and drafting of this article, and also Tongue Laboratory for its contribution to the study.

leurs conseils avisés lors de la préparation et de la rédaction de cet article ainsi que la société Tongue Laboratory pour sa contribution à cette étude.

References/Références

1. Fournier M, Girard M. Acquisition and sustainment of automatic reflexes in maxillofacial rehabilitation. *Orthod Fr* 2013;84:287–94.
2. Melsen B, Stensgaard K, Pedersen J. Sucking habits and their influence on swallowing pattern and prevalence of malocclusion. *Eur J Orthod* 1979;1:271–80.
3. Ovsenik M. Incorrect orofacial functions until 5 years of age and their association with posterior crossbite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:375–81.
4. Valbuza JS, de Oliveiramm, Zancanella E, et al. Swallowing dysfunction related to obstructive sleep apnea: a nasal fibroscopy pilot study. *Sleep Breath* 2011;15:209–13.
5. Delaire J. Maxillary development revisited: relevance to the orthopaedic treatment of Class III malocclusions. *Eur J Orthod* 1997;19:289–311.
6. Huang YS, Guilleminault C. Pediatric obstructive sleep apnea and the critical role of orofacial growth: evidences. *Front Neurol* 2012;3:184.
7. McNicholas WT. The nose and OSA: variable nasal obstruction may be more important in pathophysiology than fixed obstruction. *Eur Respir J* 2008;32:3–8.
8. Matsumoto MAN, Itikawa CE, Valera FCP, Faria G, Anselmo-Lima WT. Long-term effects of rapid maxillary expansion on nasal area and nasal airway resistance. *Am J Rhinol Allergy* 2010;24:161–5.
9. Sorel O. Rapid palatal expansion for the treatment of maxillary constriction. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 2004;105:26–36.
10. Kingshott RN, Jones DR, Taylor DR, Robertson CJ. The efficacy of a novel tongue-stabilizing device on polysomnographic variables in sleep-disordered breathing: a pilot study. *Sleep Breath* 2002;6:69–76.
11. Chan AS, Sutherland K, Schwab RJ, et al. The effect of mandibular advancement on upper airway structure in obstructive sleep apnoea. *Thorax* 2010;65:726–32.
12. Doff MH, Veldhuis SK, Hoekema A, et al. Long-term oral appliance therapy in obstructive sleep apnea syndrome: a controlled study on temporomandibular side effects. *Clin Oral Investig* 2012;16:689–97.
13. Smithpeter J, Covell Jr. D, Covell D. Relapse of anterior open bites treated with orthodontic appliances with and without orofacial myofunctional therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:605–14.
14. Guimaraes KC, Drager LF, Genta PR, Marcondes BF, Lorenzi-Filho G. Effects of oropharyngeal exercises on patients with moderate obstructive sleep apnea syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 2009;179:962–6.
15. Guilleminault C, Huang YS, Monteyrol PJ, Sato R, Quo S, Lin CH. Critical role of myofascial reeducation in pediatric sleep-disordered breathing. *Sleep Med* 2013;14(6):518–25.
16. Suzuki H, Watanabe A, Akihiro Y, et al. Pilot study to assess the potential of oral myofunctional therapy for improving respiration during sleep. *J Prosthodont Res* 2013;57:195–9.
17. Austin PC. The use of propensity score methods with survival or time-to-event outcomes: reporting measures of effect similar to those used in randomized experiments. *Stat Med* 2014;33(7):1242–58.
18. Chauvois A, Girardin F, Fournier M. Rééducation des fonctions dans la thérapeutique orthodontique. Éditions SID, Paris 1991.
19. Machado AJ, Crespo AN. Cephalometric evaluation of the oropharyngeal space in children with atypical deglutition. *Braz J Otorhinolaryngol* 2012;78:120–5.

20. Castagna A, Rinaldi S, Fontani V, Mannu P. Radioelectric asymmetric brain stimulation and lingual apex repositioning in patients with atypical deglutition. *J Multidiscip Healthc* 2011;4:209–13.
21. Katyal V, Pamula Y, Daynes CN, et al. Craniofacial and upper airway morphology in pediatric sleep-disordered breathing and changes in quality of life with rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144:860–71.
22. Deffez JP, Fellus P, Gérard C. Rééducation par le praticien du temps buccal de la déglutition au cours d'un traitement orthodontique. Rééducation de la déglutition salivaire CdP, Paris 77-106 1994.
23. Georgalas C. The role of the nose in snoring and obstructive sleep apnoea: an update. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2011;268:1365–73.
24. Peng CL, Jost-Brinkmann PG, Yoshida N, Miethke RR, Lin CT. Differential diagnosis between infantile and mature swallowing with ultrasonography. *Eur J Orthod* 2003;25:451–6.
25. Huang J, Pinto SJ, Yuan H, et al. Upper airway collapsibility and genioglossus activity in adolescents during sleep. *Sleep* 2012;35:1345–52.
26. Blumen MB, de La Sota AP, Quera-Salva MA, Frachet B, Chabolle F, Lofaso F. Tongue mechanical characteristics and genioglossus muscle EMG in obstructive sleep apnoea patients. *Respir Physiol Neurobiol* 2004;140:155–64.
27. Silveira W, Mello FC, Guimaraes FS, Menezes SL. Postural alterations and pulmonary function of mouth-breathing children. *Braz J Otorhinolaryngol* 2010;76:683–6.