



Assessment of the efficiency of Erbium-YAG laser as an assistant method to rapid maxillary expansion: An in vivo study

Évaluation de l'efficacité du laser Erbium-YAG comme méthode associée à l'expansion maxillaire rapide : une étude in vivo

Shadi George MOAWAD^{a,*}, Joseph BOUSERHAL^{b,c,d}, Mohammad Kusai AL-MUNAJED^e

^aDepartment of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Tishreen University, Lattakia, Syria

^bDepartment of Orthodontics, School of Dental Medicine, Saint-Joseph University, Beirut, Lebanon

^cDepartment of Orthodontics, School of Dentistry, Beirut Arab University, Beirut, Lebanon

^dDepartment of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Goldman School of Dental Medicine, Boston University, Boston, USA

^eDepartment of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Albaath University, Homs, Syria

Available online: 14 November 2016 / Disponible en ligne : 14 novembre 2016

Summary

Introduction: Maxillary transverse deficiency (MTD) is one of the most pervasive and common skeletal problems in the craniofacial complex. This study aimed to evaluate the effect of associating the application of Erbium-YAG laser with rapid maxillary expansion (RME) for treating MTD in young adult patients with permanent dentition in regard to skeletal and dental effects.

Methods: Twenty-four subjects, aged from 15.5 to 19 years and needing RME as a therapeutic procedure, were randomly assigned to either the laser group (n = 12) or the control group (n = 12). The RME was realized by a two bands hyrax expander cemented on upper first molars. Patients in the laser group were undergone mucosal-bony perforations along the midpalatal suture every month, for three consecutive months, using Erbium-YAG laser. Postero-anterior cephalograms were taken for all patients. Skeletal and dental changes before and after RPE as well as at the end of the retention phase were collected

Résumé

Introduction : Le déficit transversal maxillaire (DTM) est l'un des problèmes squelettiques les plus largement répandus et les plus fréquents affectant le complexe craniofacial. Cette étude a cherché à évaluer les effets squelettiques et dentaires de l'association de l'application du laser Erbium-YAG à l'expansion maxillaire rapide (EMR) dans le traitement des DTM chez de jeunes adultes.

Méthodes : Vingt-quatre sujets, âgés de 15,5 à 19 ans et candidats à une EMR, ont été randomisés soit dans le groupe laser (n = 12), soit dans le groupe témoin (n = 12). L'EMR a été réalisée utilisant un disjoncteur hyrax bibague scellé sur les premières molaires supérieures. Tous les mois pendant trois mois consécutifs, les patients dans le groupe laser ont subi des perforations muco-osseuses le long de la suture palatine médiane en utilisant un laser Erbium-YAG. Des céphalogrammes antéropostérieurs ont été réalisés pour tous les patients. Les modifications squelettiques et dentaires

* Correspondence and reprints / Correspondance et tirés à part :

S.G. MOAWAD, Almutanabbi Street, Almutanabbi trading building, Ground floor, Lattakia, Syria.

e-mail address / Adresse e-mail : shadi.moawad@gmail.com (Shadi George MOAWAD)

and compared for both groups. Total time needed for expansion and retention were recorded and compared.

Results: The findings showed more significant changes in most maxillofacial components in the laser group after the expansion phase. However, there was no significant differences with respect to retention or total treatment duration.

Conclusions: Laser assisted rapid maxillary expansion (LARME) can be a good approach to use for improving skeletal effects in young adult patients suffering from MTD.

© 2016 CEO. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved

Key-words

- Maxillary transverse deficiency.
- Rapid maxillary expansion.
- Erbium-YAG laser.
- Postero-anterior cephalometry.

Introduction

Maxillary transverse deficiency (MTD) is one of the most pervasive and common skeletal problems in the craniofacial complex, often combined with a simultaneous vertical or antero-posterior skeletal discrepancy [1].

The most frequently reported clinical manifestations are uni- or bilateral posterior crossbites, buccal inclination of teeth, dental crowding, high palatal vault, narrow, tapering arch form and problems associated with nasal breathing [2]. The prevalence of MTD is reported to be 8.5 to 22 percent [3,4]. The maxillary constriction can be purely skeletal, purely dental or a combination of both [5].

Correction of posterior crossbites in young patients is often accomplished by a combination of skeletal and dental expansion. Skeletal expansion involves separating the right and the left maxillary halves at the midpalatal suture; dental expansion leads more to buccal tipping of the maxillary posterior teeth. The proportion of skeletal and dental movement is dependent on the rate of expansion, the age of the patient and the expander type. The ideal goal of palatal expansion is to maximize skeletal movements and minimize dental effects, while allowing for physiologic adjustment of the suture during separation [6].

Rapid maxillary expansion (RME) has been shown to be a valuable aid in the orthodontic treatment of young patients exhibiting transverse maxillary deficiency [7-9]. Bishara and Staley [5] stated that the optimal age for expansion is before 13 to 15 years and it may be possible to accomplish expansion in

avant et après l'EMR ainsi qu'en fin de contention ont été recueillies et comparées entre les deux groupes. La durée totale de la disjonction et de la contention a été notée et comparée.

Résultats : Les résultats ont révélé des changements plus significatifs pour la plupart des composantes maxillofaciales dans le groupe laser après la phase d'expansion. Cependant, nous n'avons pas observé de différences significatives relatives à la contention ou à la durée totale de traitement.

Conclusions : L'expansion maxillaire rapide assistée par laser (EMRAL) représente une bonne approche à utiliser pour corriger les effets squelettiques du DTM chez de jeunes patients adultes.

© 2016 CEO. Édité par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

Mots-clés

- Déficit transversal maxillaire.
- Expansion maxillaire rapide.
- Laser Erbium-YAG.
- Céphalométrie antéropostérieure.

Introduction

Le déficit transversal maxillaire (DTM) constitue l'un des problèmes squelettiques les plus largement répandus et les plus fréquents affectant le complexe craniofacial, souvent associé à un déficit squelettique vertical ou antéropostérieur [1].

Les manifestations cliniques les plus fréquemment rapportées sont les articulés croisés uni- ou bilatéraux, la version dentaire vestibulaire, l'encombrement dentaire, une voûte palatine haute, une forme d'arcade étroite et effilée et des problèmes associés à la respiration nasale [2]. La prévalence du DTM est rapportée entre 8,5 et 22 % [3,4]. La constriction maxillaire peut être purement squelettique, purement dentaire ou une combinaison des deux [5].

La correction des articulés croisés postérieurs est souvent obtenue par une combinaison de l'expansion squelettique et de l'expansion dentaire. L'expansion squelettique implique la séparation des moitiés droite et gauche de la suture palatine médiane ; l'expansion dentaire résulte le plus souvent en la version vestibulaire des dents maxillaires postérieures. La proportion de mouvement squelettique ou dentaire dépend du rythme d'expansion, de l'âge du patient et du type de disjoncteur. L'objectif idéal de l'expansion palatine consiste à maximiser les mouvements squelettiques et à minimiser les effets dentaires, tout en permettant l'ajustement physiologique de la suture pendant la séparation [6].

L'expansion maxillaire rapide (EMR) s'est révélée un outil précieux dans le traitement des jeunes adultes présentant un déficit maxillaire transversal [7-9]. Bishara et Staley [5] ont rapporté que l'âge optimal pour l'expansion est avant 13 à 15 ans et qu'il serait peut-être possible de réaliser l'expansion

older patients, the results are neither as predictable nor as stable. Proffit [10] and McNamara and Brudon [11] supported this opinion by suggesting that the feasibility of palatal expansion in the late teens and early twenties is questionable. Surgically-assisted RME combined with fixed orthodontic treatment has been suggested to overcome this problem [12].

In clinical practice, skeletal correction of the transverse discrepancy via orthodontic means is successful until the age of approximately 14 to 15 years depending on the gender of the patient. After this age, orthopedic widening becomes virtually impossible and very painful. In general, it is assumed that closure of the midpalatal suture prevents this type of expansion [13].

Laser applications in dentistry have shown significant therapeutic advantages over conventional forms of treatment [14]. Since 1988, Erbium lasers are the mainly used laser system in dentistry for cavity preparation. Two Erbium laser systems are preferred:

- the Erbium: YAG laser, which emits light at 2.94 μm ;
- the Erbium, chromium: YSGG laser, which emits light at 2.79 μm .

However, Erbium lasers can be operated up to a pulse repetition rate of 40 Hz and average powers of 20 W at pulse energies of 1 J [14].

In modern clinical practice, the laser can be used routinely for the ablation of bone and for the removal of root tips, osseous recountering, apical surgery exposure of bony impacted teeth, and other procedures. Continued research onto the role of the erbium family laser for treatment around implants and the ideal settings for bone to minimize iatrogenic damage is indicated for the future [15].

To date, no research has attempted to study the effect of using Erbium-YAG laser as an alternative of traditional surgical procedures to create perforations along the midpalatal suture in order to facilitate and improve the skeletal results of rapid maxillary expansion in older patient with permanent dentition, who cannot receive traditional therapy because of completion of suture interdigitating.

Material and methods

Sample selection

The study was conducted on 24 patients which were divided into two groups. The Laser Assisted Rapid Maxillary Expansion group (LARME), with a mean age of 17.2 years and composed of 6 females and 6 males, was treated by rapid maxillary expansion appliance assisted with the application of Erbium-YAG Laser interventions. The Rapid Maxillary Expansion group (RME), with a mean age of 17.6 years and

chez des patients plus âgés bien que les résultats ne soient ni aussi prévisibles ni aussi stables. Proffit [10] et McNamara et Brudon [11] ont étayé cette dernière opinion en affirmant que la faisabilité de l'expansion palatine en fin d'adolescence et au début de la vingtaine d'années est contestable. L'EMR chirurgicalement assistée associée à un traitement orthodontique fixe a été suggérée pour surmonter ce problème [12].

En clinique orthodontique, la correction squelettique du déficit transversal peut réussir jusqu'à l'âge de 14 à 15 ans environ, selon le sexe du patient. Après cet âge, l'élargissement orthopédique devient quasiment impossible et très douloureux. De façon générale, on présume que la fermeture de la suture palatine médiane empêche ce type d'expansion [13].

Les applications laser en omnipratique dentaire, comparées aux traitements conventionnels, ont démontré des avantages thérapeutiques significatifs [14]. Depuis 1988, les lasers Erbium sont les systèmes les plus utilisés par les dentistes pour la préparation des cavités. Deux systèmes de laser Erbium sont préférés :

- le laser Erbium-YAG qui génère un rayonnement à 2,94 μm ;
- l'Erbium chromium, qui émet à 2,79 μm .

Cependant, les lasers Erbium peuvent fonctionner à un taux de répétition des impulsions de 40 Hz et des puissances moyennes de 20 W à des énergies d'impulsion de 1 J [14].

En pratique clinique moderne, le laser peut servir en routine pour l'ablation de l'os et pour l'élimination des pointes radiculaires, pour le remodelage osseux, pour l'exposition apicale chirurgicale de dents incluses par l'os, ainsi que pour d'autres procédures. La recherche se poursuit afin de déterminer le rôle de la famille de lasers Erbium pour le placement d'implants et pour les réglages optimaux dans le traitement de l'os afin de minimiser les dommages iatrogènes [15].

Jusqu'à ce jour, aucune étude n'a cherché à étudier l'utilisation du laser Erbium-YAG comme outil alternatif dans les procédures chirurgicales traditionnelles pour réaliser des perforations le long de la suture palatine médiane afin de faciliter et améliorer les résultats squelettiques de l'expansion maxillaire rapide chez les patients plus âgés possédant leur denture permanente et qui ne peuvent pas recevoir un traitement traditionnel à cause de l'interdigitation complète de la suture.

Matériel et méthodes

Sélection de l'échantillon

L'étude a été réalisée sur 24 patients divisés en deux groupes. Le groupe recevant l'expansion maxillaire rapide assistée par laser (EMRAL) et comprenant 6 femmes et 6 hommes, âge moyen 17,2 ans, a été traité avec un disjoncteur maxillaire rapide en association avec des interventions utilisant un Laser Erbium-YAG. Le groupe expansion maxillaire rapide (EMR) comprenant 6 femmes et 6 hommes, âge moyen

Table I

Characteristics of laser and control groups.

	<i>n</i>	Male / <i>Hommes</i>	Female / <i>Femmes</i>	Max age / <i>Âge max</i>	Min age / <i>Âge min</i>	Mean age / <i>Âge moyen</i>	SD / <i>ET</i>
Control group / <i>Groupe témoin</i>	12	6	6	18.7	16.5	17.6	1.1
Laser group / <i>Groupe laser</i>	12	6	6	18.6	15.8	17.2	1.4

Tableau I

Caractéristiques des groupes laser et témoin.

formed by 6 females and 6 males, was treated uniquely by rapid palatal expansion appliance and was used as a control group (Table I). Ethical approval was obtained from the ethical committee of the Faculty of Dentistry of Hama University in Syria for all procedures used in our study (Resolution No. 245, dated on 18/8/2013).

The inclusion criteria were patients:

- aged from 15 to 19 years;
- in permanent dentition;
- having good general and oral health with no diseases or any medical problem which may prevent local anesthesia or laser interventions;
- presenting transverse maxillary deficiency with presence of bilateral posterior crossbite;
- not having any medications which may affect any orthodontic or orthopedic movements.

The exclusion criteria were limited to patients:

- having congenital anomalies;
- presenting jaw fracture.

Expansion procedure

Consents forms were handed over and signed by all patients. A set of records, including postero-anterior cephalograms, dental casts and intraoral and extraoral photographs, was obtained for each patient as diagnostic records before the application of the expander (T1), at the end of expansion (T2) and after three months at the end of retention (T3).

The RME appliance, used in this study for both groups, was fabricated using a median screw (Dentaurum®, Germany) soldered on bands and cemented to upper right and left first molars with two bilateral arms extending to the mesial limit of the upper canines (fig. 1).

Activation phase

First screw activation was done immediately after expander insertion in the RME group, whereas it was activated after first laser intervention in the LARME group. The expansion was stopped when overcorrection was obtained. A semi-rapid expansion protocol, consisting of two activations per day for the first week and then one activation every other day, was chosen according to Proffit et al. [8] and Iseri and Ozsoy [7], who referred to the benefits of this protocol of activation in achieving better skeletal results and more stability tendency.

17,6 ans, a été traité uniquement avec l'appareil d'expansion palatine rapide et a servi de groupe témoin (Tableau I). L'approbation éthique a été obtenue du comité d'éthique de la faculté d'odontologie de l'université de Hama en Syrie pour toutes les procédures utilisées dans l'étude (résolution n° 245, datée le 18 août 2013).

Les critères d'inclusion étaient les suivants :

- patients âgés de 15 à 19 ans ;
- avec leur denture permanente ;
- ayant une bonne santé générale et orale sans pathologies ou autre problème médical interdisant les anesthésies locales ou les interventions laser ;
- présentant un déficit maxillaire transversal associé à un articulé croisé postérieur bilatéral ;
- ne prenant pas de médicaments susceptibles de modifier les mouvements orthodontiques ou orthopédiques.

Les critères d'exclusion se limitaient aux patients :

- présentant des anomalies congénitales ;
- une fracture de la mâchoire.

La procédure d'expansion maxillaire

Un consentement éclairé a été remis et signé par chaque patient. Un dossier contenant des céphalogrammes antéro-postérieurs, des moulages dentaires et des photographies intra- et extraorales a été établi pour faciliter le diagnostic de chaque patient avant l'application du disjoncteur (T1), en fin d'expansion (T2) et à trois mois postcontention (T3).

Le dispositif EMR utilisé dans cette étude (Dentaurum®, Allemagne) pour les deux groupes était muni d'un vérin médian, soudé à des bagues et scellé aux premières molaires droite et gauche supérieures avec deux bras bilatéraux s'étendant jusqu'à la limite mésiale des canines supérieures (fig. 1).

Phase d'activation

La première activation du vérin a été effectuée immédiatement après l'insertion du disjoncteur dans le groupe EMR, alors que, dans le groupe EMRAL, elle s'est faite après la première intervention au laser. L'expansion a été arrêtée lorsqu'une surcorrection a été obtenue. Un protocole d'expansion semi-rapide, comprenant deux activations par jour pendant la première semaine suivies d'une seule activation par jour tous les deux jours, a été choisi selon les protocoles de Proffit et al. [8] et d'Iseri et al. [7], qui ont rapporté les avantages de cette



Fig. 1: The design of the rapid maxillary expander used in the study.

Fig. 1 : Le design du disjoncteur maxillaire rapide utilisé dans cette étude.

Retention phase

After the expansion phase, the appliance was removed in both groups and the screw locked with cold acrylic, then re-cemented and used as a retainer for three months according to the semi-rapid expansion protocol [7,10].

Laser intervention procedure

The patients of the LARME group underwent a laser intervention, by the surgeon and the orthodontist, every month for three consecutive months by using of Erbium-YAG laser machine (KaVo KEY Laser 3 1243-Germany). Each patient was asked to use oral rinse in order to have clean work field, then the Erbium-YAG laser machine was prepared and set accurately for the programs chosen for every step, as the following:

- the handpiece type 2062, with laser program “Energy 400 mj, frequency 15 Hz”, was used to make 8 perforations along the palatal mucosa above the midpalatal suture area directly in order to create a hole for the second handpiece (figs. 2 and 3);
- the handpiece type 2060, with laser program “Energy 400 mj, frequency 15 Hz”, was used to make bony perforations in the sites of the previous mucosal holes for about 5 seconds until bleeding appears in the radiated points (figs. 4 and 5). Similar approach was reported in previous studies [13].

technique pour obtenir de meilleurs résultats squelettiques et une plus grande stabilité.

Phase de rétention

Après la phase d'expansion, l'appareil a été déposé chez les deux groupes et le vérin a été verrouillé dans de l'acrylique à froid, puis de nouveau scellé et utilisé comme dispositif de contention pendant trois mois selon le protocole d'expansion semi-rapide [7,10].

L'intervention au laser : la procédure

Les patients dans le groupe EMRAL ont subi une intervention au laser par le chirurgien et l'orthodontiste chaque mois pendant trois mois consécutifs en utilisant un laser Erbium-YAG (KaVo KEY Laser 3 1243-Allemagne). Il a été demandé à chaque patient d'utiliser un rince-bouche afin de nettoyer le champ d'intervention ; ensuite, le laser Erbium-YAG a été préparé et réglé avec précision pour les programmes sélectionnés pour chaque étape, comme suit :

- la pièce à main référence 2062 équipée du programme laser « Energie 400 mj, fréquence 15 Hz » a été utilisée pour réaliser 8 perforations le long de la muqueuse palatine au-dessus de la région de la suture palatine afin de créer un puits pour la deuxième pièce à main (fig. 2 et 3) ;
- la pièce à main référence 2060 équipée du programme laser « Energie 400 mj, fréquence 15 Hz » a été utilisée pour réaliser des perforations osseuses à l'emplacement des puits déjà pratiqués dans la muqueuse pendant environ 5 secondes jusqu'à ce qu'un saignement soit visible aux points irradiés (fig. 4 et 5). Une approche similaire a été rapportée dans d'autres études [13].



Fig. 2: The handpiece 2062 used to create a pass along palatal mucosa to the bone.

Fig. 2 : La pièce à main 2062 utilisée pour ouvrir un passage au travers de la muqueuse palatine jusqu'à l'os.



Fig. 3: Mucosal perforations resulted from application of laser radiation by means of handpiece 2062.

Fig. 3 : Des perforations muqueuses résultant de l'application du faisceau laser avec la pièce à main 2062.



Fig. 4: The handpiece 2060 used for bone ablation.

Fig. 4 : La pièce à main 2060 utilisée pour l'ablation osseuse.



Fig. 5: Bleeding resulted from application of laser radiation by means of handpiece 2060, which refers to penetrating of whole cortex bone.

Fig. 5 : Saignement résultant de l'application du faisceau laser avec la pièce à main 2060 indiquant la pénétration totale du cortex.

Cephalometric analysis

Postero-anterior cephalograms were hand traced with a 0.5 mm lead pencil on 0.003 mm matte acetate tracing paper for each patient at T1, T2 and T3. Ten width linear measurements (Eight skeletal and two dental) were used and calculated for each patient at each observation time (Table II) (fig. 6). Cephalograms were digitized, the landmarks determined and the distances calculated, two times by the same investigator (ShM) at a one-week interval, using the software View Box[®], V 3.1.1.13 (Athens, Greece, 2002). The averages

L'analyse céphalométrique

Des céphalogrammes sagittaux ont été tracés manuellement pour chaque patient avec un crayon à mine 0,5 mm sur du papier calque mat acétate 0,003 mm à T1, T2 et T3. Dix mesures linéaires de la largeur (huit squelettiques et deux dentaires) ont été utilisées et calculées pour chaque patient à chaque temps d'observation (Tableau II) (fig. 6). Les céphalogrammes ont été numérisés, les repères déterminés et les distances calculées deux fois par le même chercheur (ShM) à une semaine d'intervalle en utilisant le logiciel View

Table II

Linear measurements derived from skeletal and dental landmarks.

Tableau II

Mesures linéaires obtenues à partir des repères squelettiques et dentaires.

Linear measurements of skeletal landmarks / <i>Mesures linéaires des repères squelettiques</i>		Linear measurements of dental landmarks / <i>Mesures linéaires des repères dentaires</i>	
Lo-Lo	Latero-orbital width / <i>Largeur latéro-orbitale</i>	Um-Um	Upper inter-molar width / <i>Largeur intermolaire supérieure</i>
Mo-Mo	Medio-orbital width / <i>Largeur médio-orbitale</i>	Lm-Lm	Lower inter-molar width / <i>Largeur intermolaire inférieure</i>
Cdl-Cdl	Condylar width / <i>Largeur condyloire</i>		
Ln-Ln	Latero-nasal width / <i>Largeur latéronasale</i>		
Mmd-Mmd	Maxillo-mandibular width / <i>Largeur maxillomandibulaire</i>		
Mx-Mx	Maxillary width / <i>Largeur maxillaire</i>		
Go-Go	Bigonial width / <i>Largeur bigoniale</i>		
Ag-Ag	Antegonial width / <i>Largeur antégoniale</i>		

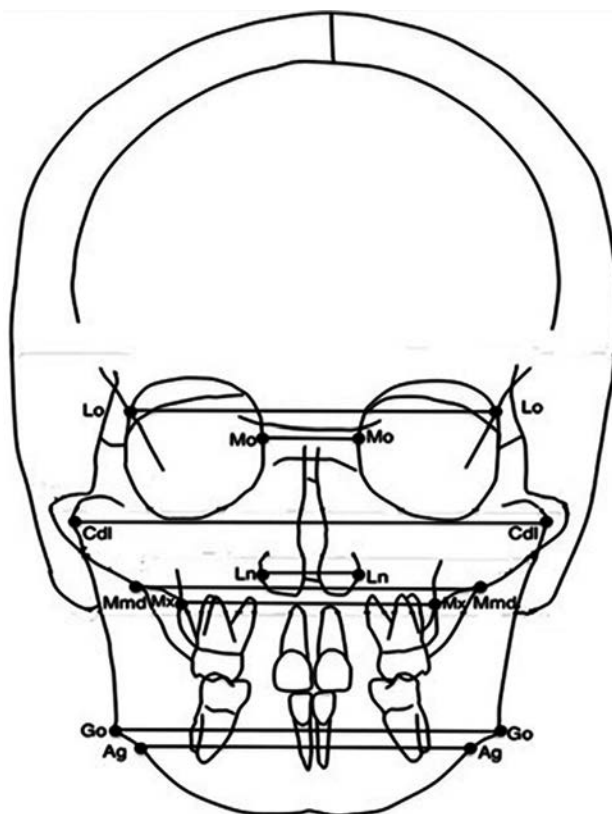


Fig. 6: Skeletal landmarks and linear measurements.

Fig. 6 : Repères squelettiques et mesures linéaires.

of the two repeated recordings were obtained and used in the statistical analysis in order to calculate the method error.

Statistical analysis

A pilot study was carried out on four patients, two from each group, and the sample number was determined consequently by using G-Power software (G-Power v 3.1.9.2). In order to have a 95% power sample, the number of patients needed was of twenty-four patients, twelve patients in each group.

The method error was determined by using Dahlberg's formula " $ME = \sqrt{\sum d^2/2n}$ ", where n is the number of subjects and d is the difference between the two measures.

Descriptive statistics were obtained for each cephalometric measurement at T1, T2 and T3 for both the LARME and the RME groups. Independent sample *t*-tests for the comparisons between the groups were used to evaluate the effects of Erbium-YAG laser interventions. Statistical computations were performed by means of the software SPSS for Windows, release 8.0.0 (SPSS, Inc, Chicago, Ill). Statistical significance was tested at $P < 0.05$.

Box[®], V 3.1.1.13 (Athènes, Grèce, 2002). Les moyennes des deux enregistrements répétés ont été évaluées et utilisées pour l'analyse statistique afin de calculer l'erreur de méthode.

L'analyse statistique

Une étude pilote a été réalisée sur quatre patients, deux dans chaque groupe, et le nombre de patients dans l'échantillon a été déterminé en utilisant le logiciel G-Power software (G-Power v 3.1.9.2). Pour obtenir une puissance d'échantillon de 95 %, le nombre de patients requis était de 24, avec 12 patients dans chaque groupe.

L'erreur de méthode a été déterminée en utilisant la formule de Dahlberg « $ME = \sqrt{\sum d^2/2n}$ », où n est le nombre de sujets et d est la différence entre les deux mesures.

Les statistiques descriptives ont été obtenues pour chaque mesure céphalométrique à T1, T2 et T3 pour les deux groupes, EMRAL et EMR. Des tests-*t* pour échantillons indépendants comparant les groupes ont été effectués pour évaluer les effets des interventions du laser Erbium-YAG. Des calculs statistiques ont été réalisés en utilisant le logiciel SPSS pour Windows, version 8.0.0 (SPSS, Inc, Chicago, Ill). La significativité statistique a été testée à $p < 0,05$.

Results

Descriptive statistics

The main characteristics of the samples were summarized in [Table I](#). The LARME group ($n = 12$) consisted of 6 girls and 6 boys with a mean age of 17.2 years \pm 1.4 at T1.

Whereas the RME group ($n = 12$) consisted of 6 females and 6 males with the mean age of 17.6 years \pm 1.1 at T1.

[Table III](#) shows the mean time of expanders wearing for both groups for each phase. It was noted that the time of appliances wearing was almost similar for both groups: about 5.5 months for the activation phase and 3.2 for the retention phase ([Table III](#)).

Analytic statistics

By using of Dahlberg's formula, we found that the method error did not exceed 0.1 mm for the measurements.

Descriptive statistics for values and changes of the skeletal and dental measurements with comparisons were reported in [Table IV](#). The evaluation of the dental and skeletal changes after RME in the LARME group showed significant increase of widths Ln-Ln ($P < 0.01$), Mmd-Mmd ($P < 0.01$), Mo-Mo ($P < 0.05$), Mx-Mx ($P < 0.01$), and Um-Um ($P < 0.01$). Whereas the changes of measurements in the RME group (T2-T1) showed significant increase of widths Mo-Mo ($P < 0.01$), Mx-Mx ($P < 0.01$), Go-Go ($P < 0.01$), Um-Um ($P < 0.01$) and Lm-Lm ($P < 0.01$).

When comparing the differences (T2-T1) between the two groups, the significant differences were reported for the widths Ln-Ln ($P < 0.01$), Mmd-Mmd ($P < 0.01$), Mx-Mx ($P < 0.01$) ([Table IV](#)).

With respect to retention changes (T3-T2), the evaluation of LARME group showed a significant decrease in widths Mmd-Mmd ($P < 0.05$) and Um-Um ($P < 0.01$), whereas the changes of dental and skeletal measurements in the RME group showed significant decrease of widths Mo-Mo ($P < 0.01$), Mx-Mx ($P < 0.01$), Go-Go ($P < 0.01$) and Um-Um ($P < 0.01$).

When comparing the differences (T3-T2) between the two groups, the significant differences were reported for the widths

Table III

Mean time of activation and retention stage for laser and control groups.

	Laser group / <i>Groupe laser</i>	Control group / <i>Groupe témoin</i>
Activation time / <i>Durée d'activation</i>	5.36 months / <i>5,36 mois</i>	5.54 months / <i>5,54 mois</i>
Retention time / <i>Durée de contention</i>	3.22 months / <i>3,22 mois</i>	3.32 months / <i>3,32 mois</i>

Résultats

Statistiques descriptives

Les caractéristiques principales des échantillons sont résumées dans le [Tableau I](#). Le groupe EMRAL ($n = 12$) comprenait 6 filles et 6 garçons, moyenne d'âge à T1 17,2 ans \pm 1,4.

Le groupe EMR comprenait 6 filles et 6 garçons, moyenne d'âge à T1 17,6 ans \pm 1,1.

Le [Tableau III](#) montre la durée moyenne du port des disjoncteurs dans les deux groupes à chaque phase. Il a été observé que la durée de port des appareils était presque identique pour les deux groupes, environ 5,5 mois pour la phase d'activation et 3,2 mois pour la phase de contention ([Tableau III](#)).

Statistiques analytiques

À l'aide de la formule de Dahlberg, nous avons trouvé que l'erreur de méthode ne dépassait pas 0,1 mm en ce qui concerne les mesures.

Les statistiques descriptives des valeurs et des modifications des mesures squelettiques et dentaires sont rapportées dans le [Tableau IV](#). L'évaluation des modifications squelettiques et dentaires après EMR dans le groupe EMRAL a affiché une augmentation significative des largeurs Ln-Ln ($p < 0,01$), Mmd-Mmd ($p < 0,01$), Mo-Mo ($p < 0,05$), Mx-Mx ($p < 0,01$), et Um-Um ($p < 0,01$). Dans le groupe EMR les modifications des valeurs à T2-T1 ont montré une augmentation significative des largeurs Mo-Mo ($p < 0,01$), Mx-Mx ($p < 0,01$), Go-Go ($p < 0,01$), Um-Um ($p < 0,01$) et Lm-Lm ($p < 0,01$).

En comparant les différences (T2-T1) entre les deux groupes, les différences significatives ont été observées pour les largeurs Ln-Ln ($p < 0,01$), Mmd-Mmd ($p < 0,01$) et Mx-Mx ($p < 0,01$) ([Tableau IV](#)).

Concernant les modifications durant la contention (T3-T2), l'évaluation du groupe EMRAL a montré une diminution significative des largeurs Mmd-Mmd ($p < 0,05$) et Um-Um ($p < 0,01$), alors que les modifications des valeurs dentaires et squelettiques dans le groupe EMR ont montré une diminution significative des largeurs de Mo-Mo ($p < 0,01$), Mx-Mx ($p < 0,01$), Go-Go ($p < 0,01$) et Um-Um ($p < 0,01$).

En comparant les différences (T3-T2) entre les deux groupes, les différences significatives rapportées concernaient les

Tableau III

Durée moyenne d'activation et de contention dans les groupes laser et témoin.

Table IV

Comparison of differences of PA cephalometric variables (T1 and T2).

Tableau IV

Comparison des différences entre les variables céphalométriques PA (T1 & T2).

Skeletal measure (mm) / Mesure squelettique (mm)	Laser group / <i>Groupe laser</i>				Control group / <i>Groupe témoin</i>				Comparison of mean difference among treatment and control groups (<i>P</i> -value) / <i>Comparaison des différences moyennes entre les groupes traité et témoin (valeur de p)</i>	
	T1	T2	T2-T1	Significance (<i>P</i> -value) / <i>Significativité (valeur de p)</i>	T1	T2	T2-T1	Significance (<i>P</i> -value) / <i>Significativité (valeur de p)</i>		
Skeletal measurements / <i>Mesures squelettiques</i>										
0.000**	0.260 ns	-0.19	31.80	31.99	0.000**	2.00	35.62	33.62	Ln-Ln	
0.868 ns	0.657 ns	0.32	94.04	93.73	0.298 ns	0.45	90.77	90.31	Lo-Lo	
0.871 ns	0.876 ns	-0.03	125.86	125.88	0.950 ns	0.01	127.51	127.50	Cdl-Cdl	
0.000**	0.713 ns	0.02	80.31	81.15	0.000**	3.10	82.66	79.56	Mmd-Mmd	
0.057 ns	0.000**	0.19	23.98	23.79	0.010*	0.53	25.22	24.69	Mo-Mo	
0.000**	0.000**	0.39	60.41	60.02	0.000**	3.37	61.59	58.22	Mx-Mx	
0.239 ns	0.000**	0.47	93.98	93.51	0.546 ns	0.16	94.53	94.37	Go-Go	
0.843 ns	0.602 ns	0.09	87.44	87.35	0.000 ns	0.27	83.92	83.65	Ag-Ag	
Dental measurements / <i>Mesures dentaires</i>										
0.067 ns	0.000**	5.22	64.37	59.15	0.000**	7.17	64.90	57.73	Um-Um	
0.333 ns	0.001**	-0.56	64.16	64.72	0.727 ns	-0.14	60.13	60.27	Lm-Lm	

T1: pretreatment value; T2: posttreatment value; ns: not significant; **P* < 0.05; ***P* < 0.01.

Ln-Ln (*P* < 0.05), Mmd-Mmd (*P* < 0.05), Mo-Mo (*P* < 0.05), Mx-Mx (*P* < 0.01), Go-Go (*P* < 0.01) and Lm-Lm (*P* < 0.05).

After evaluation of table values, the relapse tendency was less for measurements Ln-Ln, Mmd-Mmd and Ag-Ag in the RME group, whereas it was less in measurements Mx-Mx, Lm-Lm, Go-Go and Mo-Mo (Table V).

Regarding active treatment time and retention phase, it was noticed that there was no significant differences between either of this variable in both groups (Table VI).

Discussion

Haas [16] began popularizing the fixed palatal expander to significantly widen the maxillary arch. This procedure has generally been considered unsuccessful in mature patients [5,10,11]. The pessimistic view of RME in adults is based partially on anatomic studies of the human face showing the midpalatal suture and adjacent circummaxillary articulations

largeurs Ln-Ln (*p* < 0,05), Mmd-Mmd (*p* < 0,05), Mo-Mo (*p* < 0,05), Mx-Mx (*p* < 0,01), Go-Go (*p* < 0,01) et Lm-Lm (*p* < 0,05).

Après évaluation des valeurs des tableaux, la tendance à la récurrence était moins marquée pour les valeurs Ln-Ln, Mmd-Mmd et Ag-Ag dans le groupe EMR alors qu'elle était moins prononcée pour les valeurs Mx-Mx, Lm-Lm, Go-Go et Mo-Mo (Tableau V).

Concernant la durée de traitement actif et la phase de rétention, il n'a été observé aucune différence significative entre ces deux variables dans les deux groupes (Tableau VI).

Discussion

Haas [16] a popularisé l'usage du disjoncteur palatin fixe pour obtenir une augmentation significative de la largeur de l'arcade maxillaire. De façon générale, on considère que cette procédure ne réussit pas chez les patients adultes [5,10,11]. Cette vue pessimiste des résultats de l'EMR chez les patients plus âgés est basée en partie sur les études anatomiques du

Table V

Comparison of differences of PA cephalometric variables (T2 and T3).

Skeletal measure (mm) / Groupe squelettique (mm)	Laser group / <i>Groupe laser</i>				Control group / <i>Groupe témoin</i>				Comparison of mean difference among treatment and control groups (P-value) / <i>Comparaison de différences moyennes entre le groupe laser et le groupe témoin (valeur de p)</i>
	T2	T3	T3-T2	Significance (P-value) / <i>Significativité (valeur de p)</i>	T2	T3	T3-T2	Significance (P-value) / <i>Significativité (valeur de p)</i>	
Skeletal measurements / <i>Mesures squelettiques</i>									
0.021*	0.159 ns	0.10	31.90	31.80	0.068 ns	-0.12	35.50	35.62	Ln-Ln
0.620 ns	0.886 ns	-0.01	94.03	94.04	0.626 ns	0.05	90.82	90.77	Lo-Lo
0.624 ns	0.129 ns	0.42	126.27	125.86	0.207 ns	0.26	127.77	127.51	Cdl-Cdl
0.019*	0.341 ns	0.08	80.39	80.31	0.031*	-0.24	82.42	82.66	Mmd-Mmd
0.034*	0.000**	-0.23	23.75	23.98	0.057 ns	-0.11	25.11	25.22	Mo-Mo
0.001**	0.000**	-0.19	60.21	60.41	0.734 ns	0.02	61.60	61.59	Mx-Mx
0.000**	0.000**	-0.28	93.71	93.98	0.923 ns	0.00	94.52	94.53	Go-Go
0.660 ns	0.317 ns	-0.05	86.94	87.44	0.203 ns	-0.13	83.79	83.92	Ag-Ag
Dental measurements / <i>Mesures dentaires</i>									
0.754 ns	0.000**	-0.40	64.37	64.37	0.000**	-0.44	64.46	64.90	Um-Um
0.024*	0.104 ns	-0.21	64.16	64.16	0.126 ns	0.17	60.30	60.13	Lm-Lm

T1: pretreatment value; T2: posttreatment value; ns: not significant; *P < 0.05; **P < 0.01.

becoming more rigid and beginning to fuse by the midtwenties [17].

Hence, most previous studies showed that RME is able to induce significantly more favorable skeletal changes in the transverse dimension when it is initiated before the pubertal peak of growth. This clinical finding agrees with histological data previously showed by Melsen [18], which demonstrated a higher level of response to mechanical stimuli in the

Tableau V

Comparaison des différences entre les variables céphalométriques p-a (T2 et T3).

visage humain montrant que la suture palatine ainsi que les articulations circummaxillaires voisines se rigidifient et commencent à fusionner dès la mi-vingtaine d'années [17]. Par conséquent, la plupart des études précédentes ont rapporté que l'EMR induit des changements squelettiques significativement plus favorables dans le sens transversal quand elle est initiée avant la poussée de croissance adolescente. Ce résultat clinique s'accorde avec les données histologiques présentées par Melsen [18], qui a démontré un

Table VI

Comparison of differences for treatment and activation time.

	Laser group / <i>Groupe laser</i>	Control group / <i>Groupe témoin</i>	Differences between means / <i>Différences entre les moyennes</i>	Comparison of means (P-value) / <i>Comparaison des moyennes (valeur de p)</i>
Activation time / <i>Durée d'activation</i>	5.36 months / <i>5,36 mois</i>	5.54 months / <i>5,54 mois</i>	-0.18 month / <i>-0,18 mois</i>	0.730 ns
Retention time / <i>Durée de contention</i>	3.22 months / <i>3,22 mois</i>	3.32 months / <i>3,32 mois</i>	-0.10 month / <i>-0,10 mois</i>	0.292 ns

Tableau VI

Comparaison des durées de traitement et d'activation.

midpalatal suture in preadolescent patients due to a lesser degree of interdigitation between the two halves of the maxilla. Wertz and Dreskin [19] also noted greater and more stable orthopedic changes in patients under the age of 12 years [20].

This study was intended to quantify the role of Erbium-YAG laser intervention in improving skeletal and dental effects of RME and the posttreatment changes after an adequate retention period for non-growing adult patients by using antero-posterior cephalograms.

More recent studies [15] confirmed the original finding that Erbium-YAG laser was an effective tool for precise osseous surgery and healing by its affinity for the wavelength to be highly absorbed by water, hydroxyapatite and collagen and its consequently explosive interactions, which will make it the most important alternative of traditional surgical procedures. The use of this tool, in order to create bony perforations along the midpalatal suture instead of traditional burs, could constitute an efficient assistant method before proceeding with traditional RME.

After almost the same duration of activation in both groups, the LARME group achieved better skeletal changes as well as a more significant increase in latero-nasal width, maxilla-mandibular width, maxillary width and antegonial width. No significant differences in dental changes were reported between the two groups.

The results of our study, realized on young adults, showed that the posttreatment skeletal changes for the LARME group were close to those of Sari et al. [21], da Silva Filho et al. [22], Doruk [18], Iseri et al. [7] and Baccetti et al. [19], who studied growing patient. This finding supports the additive effect of using the Erbium-YAG laser as an assistant method with RME in young adult patients.

Regarding the retention phase, after a mean retention time of 3.22 months for the LARME group and 3.32 months for the RME group, there was no significant difference with respect to relapse tendency. The results of both groups were acceptable, compared with the studies of Sari et al. [20], Doruk et al. [18] and Iseri et al. [7].

There were no significant differences in either active treatment time or retention time in both groups supporting that Erbium-YAG laser intervention has no effect on total treatment duration.

Conclusion

Based on these findings and within the limitations of this study, the following conclusions can be drawn:

niveau de réponse plus élevé aux stimuli mécaniques au niveau de la suture palatine médiane chez les patients préadolescents en raison de l'interdigitation moins prononcée des deux moitiés du maxillaire. Wertz et Dreskin [19] ont également noté des modifications orthopédiques à la fois plus importantes et plus stables chez les patients de moins de douze ans [20].

L'objectif de cette étude était de quantifier à l'aide de céphalogrammes antéropostérieurs le rôle des interventions au laser Erbium-YAG dans l'amélioration des effets squelettiques et dentaires de l'EMR ainsi que les changements post-traitement après une période de contention adéquate chez les patients adultes ayant terminé leur croissance.

Des études plus récentes [15] ont confirmé le résultat initial montrant l'efficacité du laser Erbium-YAG pour la chirurgie précise des os et pour la cicatrisation en raison de son affinité avec la longueur d'onde à être absorbée par l'eau, l'hydroxyapatite et le collagène ainsi, par conséquent, de par ses interactions explosives, qui en font l'alternative la plus utile dans les interventions chirurgicales traditionnelles. Cet outil, utilisé à la place des fraises traditionnelles pour créer des perforations osseuses le long de la suture palatine médiane, offrirait une technique auxiliaire efficace avant de poursuivre le traitement avec une EMR traditionnelle.

Après une période d'activation égale dans les deux groupes, le groupe EMRAL a obtenu des modifications squelettiques supérieures de même qu'une augmentation plus significative de la largeur latéronasale, de la largeur maxillomandibulaire, de la largeur maxillaire et de la largeur antégoniale. Aucune différence significative entre les deux groupes n'a été relevée au niveau des changements dentaires.

Les résultats de notre étude, réalisée sur de jeunes adultes, a montré pour le groupe EMRAL que les changements squelettiques post-traitement étaient proches de ceux rapportés par Sari et al. [21], da Silva Filho et al. [22], Doruk [18], Iseri et al. [7] et Baccetti et al. [19], qui ont étudié des patients en croissance. Ce résultat confirme l'effet additif obtenu en utilisant le laser Erbium-YAG comme méthode auxiliaire dans l'ERM chez les jeunes adultes.

Concernant la contention, après une période de contention de 3,22 mois pour le groupe EMRAL et de 3,32 mois pour le groupe EMR, il n'y avait pas de différence significative en ce qui concerne la tendance à la récurrence. Les résultats des deux groupes étaient acceptables comparés aux résultats de Sari et al. [20], Doruk et al. [18] et Iseri et al. [7].

Aucune différence significative n'a été observée concernant la durée de traitement actif ou la durée de contention dans les deux groupes, ce qui conforte l'hypothèse que l'intervention au laser Erbium-YAG n'a pas d'effet sur la durée totale de traitement.

Conclusion

Nous basant sur ces résultats et compte tenu des limites de cette étude, on peut tirer les conclusions suivantes :

— both approaches affected the midpalatal suture in the same way, and resulted in skeletal and dental effects in approximately the same average treatment time;

— more skeletal changes in some maxillofacial components were noted testifying of a possible role of Erbium-YAG laser intervention in decreasing the midpalatal suture interdilatation and creating better environment for expansion response;

— this approach, used in young adult patients needing RME, can increase the magnitude of skeletal changes of the maxillary bony structure.

— les deux techniques ont abordé la suture palatine médiane de la même manière et ont produit des effets squelettiques et dentaires avec des durées moyennes de traitement sensiblement identiques ;

— davantage de modifications squelettiques ont été notées pour certaines composantes maxillofaciales, ce qui témoigne de la contribution possible de l'intervention au laser Erbium-YAG à la réduction de l'interdigitation de la suture palatine médiane ainsi qu'à la création d'un environnement plus propice à l'expansion subséquente ;

— cette approche, utilisée sur de jeunes patients adultes ayant besoin d'une EMR, peut amplifier les changements squelettiques au niveau de la structure osseuse maxillaire.

Disclosure of interest

The authors declare that they have no competing interest.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

References/Références

1. Betts NJ. Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1995;10(2):75–96.
2. Pereira MD. Classification of midpalatal suture opening after surgically-assisted rapid maxillary expansion using computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;110(1):41–5.
3. da Silva Filho OG, Santamaria MJ, Capelozza FL. Epidemiology of posterior crossbite in the primary dentition. *J Clin Pediatr Dent* 2007;32:73–8.
4. Egermark-Eriksson I. A longitudinal study on malocclusion in relation to signs and symptoms of cranio-mandibular disorder in children and adolescents. *Eur J Orthod* 1990;12:399–407.
5. Bishara SE, Staley RN. Maxillary expansion: clinical implications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;91:3–14.
6. Ciambotti C. A comparison of dental and dentoalveolar changes between rapid palatal expansion and nickel-titanium palatal expansion appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119(1):11–20.
7. Iseri H, Ozsoy S. Semi-rapid maxillary expansion – a study of long-term transverse effects in older adolescents and adults. *Angle Orthod* 2004;74:71–8.
8. Kabalan O, Gordon J, Heo G, Lagraverre M. Nasal airway changes in bone-borne and tooth-borne rapid maxillary expansion treatments. *Int Orthod* 2015;13(1):1–15.
9. Chane-Fane C, Darque F. Rapid maxillary expansion assisted by palatal mini-implants in adolescents – preliminary study. *Int Orthod* 2015;13(1):96–111.
10. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. *Contemporary orthodontics*, 4th ed. Mosby Elsevier, St Louis 2007.
11. McNamara Jr. JA, Brudon W. *Orthodontic and orthopedic treatment in the mixed dentition*. Needham Press, Ann Arbor 1993.
12. Magnusson A. Introduction to rapid maxillary expansion. [dissertation] Evaluation of surgically-assisted rapid maxillary expansion and orthodontic treatment s.l.:Liu-tryck, Linköping, Sweden 2013;5–13.
13. Koudstaal MJ. Surgical assisted rapid maxillary expansion (SARME): a review of the literature. *Surgically-assisted rapid maxillary expansion; surgical and orthodontic aspects*. [dissertation]. Erasmus Universiteit, Rotterdam 2008;7–23.

14. Reza F, Katayoun K, Farazaneh A, Nikoo T. Laser in orthodontics. Principles in contemporary orthodontics. China: In Tech, 2011;129–80.
15. Van As G. Erbium lasers in dentistry. *Dent Clin North Am* 2004;48:1017–59.
16. Haas AJ. The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod* 1965;35:200–17.
17. Handelman CS. Nonsurgical rapid maxillary alveolar expansion in adults: a clinical evaluation. *Angle Orthod* 1997;67:291–308.
18. Melsen B. Palatal growth studied on human autopsy material. A histologic microradiographic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1975;68:42–54.
19. Doruk C. A Comparison of the effects of rapid maxillary expansion and fan-type rapid maxillary expansion on dentofacial structures. *Angle Orthod* 2004;74:184–94.
20. Baccetti T, Franchi L, Cameron G, McNamara Jr. A. Treatment timing for rapid maxillary expansion. *Angle Orthod* 2001;71:343–50.
21. Sari Z, Uysal T, Usumez S, Basciftci FA. Rapid maxillary expansion. Is it better in the mixed or in the permanent dentition? *Angle Orthod* 2003;73:654–61.
22. da Silva Filho OG, Boas MC, Capelozza FL. Rapid maxillary expansion in the primary and mixed dentitions: a cephalometric evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;100:171–9.