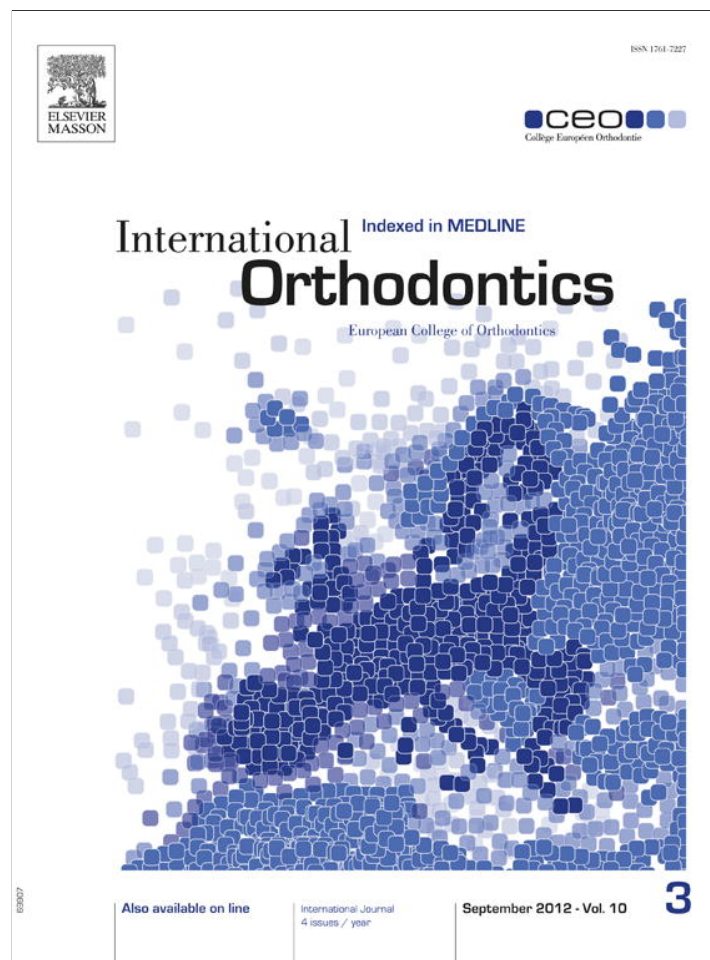


Provided for non-commercial research and education use.  
Not for reproduction, distribution or commercial use.



This article appeared in a journal published by Elsevier. The attached copy is furnished to the author for internal non-commercial research and education use, including for instruction at the authors institution and sharing with colleagues.

Other uses, including reproduction and distribution, or selling or licensing copies, or posting to personal, institutional or third party websites are prohibited.

In most cases authors are permitted to post their version of the article (e.g. in Word or Tex form) to their personal website or institutional repository. Authors requiring further information regarding Elsevier's archiving and manuscript policies are encouraged to visit:

<http://www.elsevier.com/copyright>

Original article  
Article originalAssessment of lower lip changes following  
incisor displacement in 92 orthodontically-  
treated adultsÉvaluation des changements à la lèvre inférieure  
suite au déplacement orthodontique des incisives  
chez 92 patientsDavide MIRABELLA, Luigi QUARTARONE, Luca LOMBARDO\*, Antonio GUARNERI,  
Maria-Paola GUARNERI, Giuseppe SICILIANIPostgraduate School of Orthodontics, University of Ferrara, Via Montebello 31, Ferrara 44100,  
Italy

Available online: 21 August 2012 / Disponible en ligne : 21 août 2012

## Summary

*Aim: A retrospective assessment of the lower lip changes consequent to incisor displacement in correction of malocclusion in a sample of 92 post-adolescent subjects.*

*Methods: The study sample comprised two groups, subdivided according to the direction of incisor movement achieved during orthodontic treatment: the retraction group (Group 1), made up of 41 patients in which the maxillary incisor had been moved in a palatal direction (palatal tipping); and the protraction group (Group 2), composed of 51 patients who had undergone labial movement of the upper incisors (labial tipping). In order to evaluate the mean changes in lower lip position, and consequent alterations in the quality of the patients' profiles, between T1 (prior to orthodontic displacement of the incisors) and T2 (following treatment), the following parameters were measured on lateral head film X rays: variation in lower lip vermilion thickness (dLVT); variation in lower lip sulcus depth (dLLSD); variation in lower vermilion height (dLVH); variation in exposure of the upper and lower incisors in relation to the lower stomion (dls-STOi and dli-STOi, respectively); variation in upper and lower incisor tipping with respect to the palatal plane (d1/PP and dinf1/PP); and variation in lower facial height (dLFH).*

## Résumé

*Objectif: Une évaluation rétrospective des changements de la lèvre inférieure à la suite du déplacement des incisives pour corriger une malocclusion chez 92 sujets post-adolescents.*

*Méthode: Selon la direction du déplacement incisif obtenu pendant le traitement orthodontique, deux groupes ont été étudiés: le groupe rétraction (Groupe 1) constitué de 41 patients chez qui les incisives maxillaires avaient été déplacées en palatin (version corono-palatine) et le groupe protraction (Groupe 2) composé de 51 patients qui avaient subi un déplacement vestibulaire des incisives supérieures (version corono-vestibulaire). Afin d'évaluer les modifications moyennes de la position de la lèvre inférieure et les changements consécutifs au niveau de la qualité des profils des patients entre T1 (avant le déplacement orthodontique des incisives) et T2 (post-traitement), les paramètres suivants ont été mesurés sur les téléradiographies de profil: les variations de l'épaisseur du vermillon de la lèvre inférieure (dLVT); les variations de profondeur du sillon labial inférieur (dLLSD); les variations de hauteur du vermillon inférieur (dLVH); les variations d'exposition des incisives supérieures et inférieures par rapport au stomion inférieur (dls-STOi et dli-STOi, respectivement); les variations au niveau de la version des incisives supérieures et inférieures par rapport au plan palatin (d1/PP et dinf1/PP); et les variations de la hauteur faciale inférieure (dLFH).*

\*Correspondence and reprints / Correspondance et tirés à part.  
e-mail address / Adresse e-mail : lulombardo@tiscali.it (Luca Lombardo)

*Results: Assessment of the changes due to incisor translocation revealed significant differences between Group 1 and Group 2 in all lower lip soft tissue parameters, except for dLVT, dLVH and dLi-STOi. Furthermore, using multiple linear regression analysis to predict the behaviour of the dependent (cutaneous) lower lip variables, a good coefficient of determination (r-square) value was only obtained for the horizontal variation of the labrale inferius point (dxLi), found to be dependent on horizontal movement of the upper and lower incisors (dxIs and dxLi) and thickness of the lower vermillion (LVT).*

*Conclusions: The results of this study highlight great variability among the patients studied, and suggest that the behaviour of the soft tissues (lower lip changes) following displacement of the upper and lower incisors is multifactorial and very difficult to predict.*

© 2012 CEO. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved

## Key-words

- Extraction treatment.
- Profil.
- Incisor torque.

## Introduction

Facial harmony and balance derive from the interaction between various factors, including the skeletal characteristics, the quality of the soft tissues and the position and angulation of the teeth of a subject. All of these factors must be taken into consideration during diagnosis and treatment planning, as their interaction determines the facial aesthetics of an individual [1–3].

Evaluating the soft tissue response to orthodontic treatment, several authors have noted a marked correlation between movement of the upper incisors in a palatal direction and retraction of the upper lip [4–7]. In contrast, other authors have found that a change in occlusion is not necessarily accompanied by a modification of the profile [8–10]. Furthermore, the literature contains only scarce information regarding the behaviour of the soft tissues and lips in response to labial tipping of the incisors, a movement which may result from non-extractive expansive treatment [11].

Concerning palatalization, Hershey evaluated changes in soft tissue profile after incisor retraction in 36 post-adolescent females, but obtained very variable results, leading him to conclude that simple or multiple linear correlation of clinically useful coefficients cannot be used to predict tissue changes during orthodontic treatment, especially if a large

*Résultats : L'évaluation des modifications dues au déplacement des incisives en gression a révélé des différences significatives entre le Groupe 1 et le Groupe 2 pour tous les paramètres relatifs aux tissus mous de la lèvre inférieure à l'exception de dLVT, dLVH et de dLi-STOi. Par ailleurs, l'utilisation de l'analyse par régression linéaire multiple pour prédire le comportement des variables dépendantes (cutanées) de la lèvre inférieure n'a montré un bon coefficient de détermination ( $r^2$ ) que pour le « labrale inferius » (dxLi), qui s'est révélé dépendre du déplacement horizontal des incisives supérieures et inférieures et de l'épaisseur du vermillon inférieur (LVT).*

*Conclusions : Les résultats de cette étude soulignent la variabilité importante entre les patients étudiés et suggèrent que le comportement des tissus mous (les changements au niveau de la lèvre inférieure) consécutif au déplacement des incisives supérieures et inférieures est multifactoriel et très difficile à prédire.*

© 2012 CEO. Édité par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

## Mots-clés

- Traitement avec extractions.
- Profil.
- Torque incisif.

## Introduction

L'harmonie et l'équilibre du visage résultent de l'interaction entre divers facteurs dont : les caractéristiques squelettiques, la qualité des tissus mous et la position et l'angulation des dents du patient. Tous ces facteurs doivent être pris en compte lors du diagnostic et de l'élaboration du plan de traitement puisque leur interaction détermine l'esthétique faciale de tout individu [1–3].

Plusieurs auteurs ont évalué la réponse des tissus mous à la suite d'un traitement orthodontique et ont noté une relation prononcée entre le mouvement palatin des incisives supérieures et la rétraction de la lèvre supérieure [4–7]. En revanche, d'autres auteurs ont trouvé qu'une modification occlusale ne s'accompagne pas nécessairement d'un changement de profil [8–10]. Par ailleurs, la littérature contient peu de données relatives au comportement des tissus mous et des lèvres à la suite de la version corono-vestibulaire des incisives, mouvement qui peut être la conséquence d'un traitement d'expansion sans extraction [11].

Pour ce qui concerne le mouvement palatin, Hershey a mesuré le profil des tissus mous après rétraction des incisives chez 36 post-adolescentes et a obtenu des résultats très variables, ce qui lui a fait conclure qu'une corrélation linéaire simple ou multiple des coefficients cliniquement pertinents ne peut pas prédire les changements tissulaires qui vont

degree of overjet characterises the point of departure [9]. However, Park et al. studied changes in the vertical dimensions of the lip resulting from orthodontic treatment involving extraction of the four first premolars in African-American patients, and did find a correlation between incisor retraction and an increase in upper lip depth, vertical interlabial dimension and mentolabial angle [12]. Similarly, Bloom, in a study of male and female adolescents, reported a high correlation between upper central incisor displacement and changes in the upper labial sulcus and other upper and lower lip parameters. This study also highlighted a strong correlation between lower incisors, sulcus and values relative to the lower lip [4].

Interestingly, Rudee's analysis of soft tissues in a group of 85 orthodontically-treated patients revealed a mean relationship between upper incisor retraction and upper lip retraction of 2.9:1, whereas the relationship between lower lip and incisors was found to be 1:1. However, the standard deviation reported for the two measurements were 4.2 mm and 7.62 mm, respectively and, moreover, the effects of growth and gender on the soft tissues were not evaluated [5]. Talass et al., on the other hand, in a study of 80 patients, determined that growth does have a small impact on the soft tissue profile during orthodontic treatment, the greater changes being retraction of the lower and upper lip, an increase in lower lip length, and an increase in the nasolabial angle. In general, the changes in lower lip values in response to orthodontic treatment were found to be more predictable than those relating to the upper lip, whose degree of predictability was found to be poor [13]. In another study, Bishara et al. compared dentofacial and soft tissue changes in adolescents with class II malocclusion, and discovered that the hard and soft tissues were less convex after extractive treatment, compared to non-extractive, treatment and that the lips were retruded in patients of both genders [14].

An analysis of the radiographic documentation of 30 female patients in early adulthood carried out by Rains and Nanda revealed a complex interaction between dentition, bone structure and perioral soft tissues: a greater variability in lower, rather than upper, lip values in response to upper incisor movement was reported, while no correlation was found between lower incisor displacement and alterations in upper or lower lip values [15]. In contrast, Perkins and Staley analysed vertical changes in upper and lower lip vermilion following orthodontic treatment in 40 fully-grown females, and documented a statistically significant correlation between lower incisor retraction and reduction in lower lip vermilion. In all likelihood, the factors affecting vermilion changes are

résulter du traitement orthodontique, surtout en présence d'un overjet important en début de traitement [9]. Cependant, Park et al. ont étudié les modifications des dimensions verticales de la lèvre résultant d'un traitement orthodontique avec extraction des quatre premières prémolaires chez des patients afro-américains et a trouvé une corrélation entre la rétraction des incisives et l'augmentation de la profondeur de la lèvre supérieure, ainsi qu'entre la dimension interlabiale verticale et l'angle labio-mentonnier [12]. De même, Bloom, dans une étude de garçons et de filles adolescents, a fait état d'une corrélation importante entre le déplacement des incisives centrales supérieures et les changements au niveau du sillon labial supérieur et d'autres paramètres des lèvres supérieure et inférieure. Cette étude a mis en exergue la forte corrélation entre les incisives inférieures, le sillon et les valeurs relatives à la lèvre inférieure [4].

À noter, l'analyse de Rudee des tissus mous dans un groupe de 85 patients traités en orthodontie a montré une relation moyenne entre la rétraction des incisives supérieures et le recul de la lèvre supérieure de 2,9:1, tandis que la relation entre la lèvre inférieure et les incisives inférieures était de 1:1. Cependant, les écarts-types qu'il rapporte pour les deux valeurs étaient de 4,2 mm et 7,62 mm, respectivement. Par ailleurs, l'impact de la croissance et du sexe des sujets sur les tissus mous n'a pas été évalué [5]. En contrepartie, Talass et al., dans une étude portant sur 80 patients, ont calculé que la croissance a un léger impact sur le profil des tissus mous lors d'un traitement orthodontique, les changements les plus importants étant le recul des lèvres supérieure et inférieure, l'augmentation de la longueur de la lèvre inférieure, et l'augmentation de l'angle naso-labial. De façon générale, les modifications des valeurs relatives à la lèvre inférieure à la suite du traitement orthodontique étaient plus prévisibles que celles de la lèvre supérieure dont la prévisibilité était faible [13]. Dans une autre étude, Bishara et al. ont comparé les changements dento-faciaux et ceux des tissus mous chez des adolescents présentant une malocclusion de Classe II et ont trouvé que les tissus durs et mous étaient moins convexes après un traitement avec extraction par rapport à un traitement sans extraction et que les lèvres étaient rétrusives chez les patients des deux sexes [14].

L'analyse des documents radiographiques de 30 jeunes patientes adultes réalisée par Rains et Nanda a révélé une interaction complexe entre la denture, la structure osseuse et les tissus mous péri-oraux avec une variabilité plus importante des valeurs des lèvres inférieures par rapport aux lèvres supérieures en réponse à un déplacement des incisives supérieures alors qu'aucune corrélation n'a été trouvée entre le déplacement des incisives inférieures et les changements des valeurs des lèvres supérieure et inférieure [15]. En revanche, Perkins et Staley ont analysé les changements verticaux des vermillons supérieur et inférieur à la suite du traitement orthodontique chez 40 femmes adultes et ont rapporté une corrélation statistiquement significative entre la rétraction

manifold, and will only be revealed by more detailed evaluation [16].

Thus, the aim of this study was to evaluate the changes occurring in the lower lip in response to movement of the incisors during correction of malocclusion in a sample of 92 post-adolescent patients (minimum age 19 years), thereby excluding almost all influence of growth on treatment outcomes.

## Materials and methods

The sample was selected on the basis of documentation analysed for two groups of patients. The first group of 50 patients was chosen from among the clinical records of over 340 adult patients consecutively treated by four orthodontic specialists, all holders of certification from the American Board of Orthodontics. The second group of 42 patients was selected from among records pertaining to over 900 patients consecutively treated by two orthodontic specialists, all certified by the Italian Board of Orthodontics and the European Board of Orthodontics, as well as being active members of the Angle Society of Europe.

The inclusion criteria were: finished orthodontic treatment using edgewise multibracket fixed appliances, upper incisor tipping of at least 2 mm in either a palatal or lingual direction, evaluated on the horizontal plane at the incisal margin; Caucasian race; a minimum age of 19 upon commencement of treatment (T1); and the presence of complete, good quality clinical records. Patients for whom a combination of surgical and orthodontic treatment had been planned, those with evident deformity, disease or disorders involving facial or soft tissues, and those with severe asymmetries were excluded from the study.

Laterolateral telerradiograms taken both prior to and following treatment of patients standing with the lips in repose and teeth in habitual occlusion were required for the analysis. Hence, a total of 92 patients were considered: 26 males (28.3%) and 66 females (71.7%). Mean age was 29 years and 6 months at the beginning of treatment. The above sample was divided into two separate groups:

- group 1: palatal tipping (retraction or posterior movement) of at least 2 mm, measured at the incisal margin of the upper central incisor;
- group 2: labial tipping (proinclination-expansion or anterior movement) of at least 2 mm, measured at the incisal margin of the upper central incisor.

Keeping the telerradiograms oriented with the anterior part of the cranium towards the right, a cephalometric tracing was performed by means of a black pencil with a lead 0.5 mm in diameter. The tracings (of 45 patients) carried out by the first operator were repeated by a second operator as control, and in order to verify the reliability of the method.

des incisives inférieures et la réduction du vermillon de la lèvre inférieure. Il est très probable que de nombreux facteurs influent sur les changements du vermillon et qu'ils ne seront mis en évidence que par des évaluations plus détaillées [16].

Ainsi, l'objectif de cette étude était d'évaluer les changements qui se produisent à la lèvre inférieure en réponse au déplacement des incisives pour corriger une malocclusion chez 92 patients post-adolescents. L'âge minimum était de 19 ans afin d'exclure tout impact de la croissance sur les résultats de traitement.

## Patients et méthodes

L'échantillon a été sélectionné à partir de l'analyse des documents de deux groupes de patients. Le premier groupe comprenait 50 patients choisis parmi les documents cliniques de plus de 340 patients adultes traités consécutivement par quatre orthodontistes, tous certifiés de l'American Board of Orthodontics. Le deuxième groupe de 42 patients a été sélectionné parmi les documents de plus de 900 patients traités consécutivement par deux orthodontistes, tous les deux certifiés par le Board Italien d'Orthodontie et par le Board Européen d'Orthodontie. Ils sont également membres actifs de la Angle Society of Europe.

Les critères d'inclusion étaient les suivants : traitement orthodontique terminé, traitement utilisant des appareils fixes multi-attaches, version des incisives supérieures inférieure à 2 mm en palatin ou en lingual évaluée dans le plan horizontal au niveau du bord incisif ; patient de race caucasienne ; âge de 19 ans minimum en début de traitement (T1) ; présence de documents cliniques complets et de bonne qualité. Les patients pour lesquels il avait été prévu une combinaison de traitements chirurgical et orthodontique, ceux qui présentaient une déformation, une pathologie ou des troubles évidents touchant les tissus mous et le visage, et ceux qui présentaient des asymétries sévères ont été exclus de l'étude.

Aux fins d'analyse, des télerradiographies de profil pré- et post-traitement ont été réalisées avec les patients en position debout et les lèvres au repos, les dents en occlusion habituelle. Ainsi, un total de 92 patients ont été retenus : 26 hommes (28,3 %) et 66 femmes (71,7 %) avec un âge moyen de 29 ans et six mois en début de traitement. L'échantillon a été divisé en deux sous-groupes :

- groupe 1 : version corono-palatine (rétraction ou mouvement postérieur) d'au moins 2 mm, mesurée au niveau du bord de l'incisive centrale supérieure ;
- groupe 2 : version corono-vestibulaire (protraction-expansion ou mouvement antérieur) d'au moins 2 mm, mesurée au niveau du bord incisif de l'incisive centrale supérieure.

Les télerradiographies étant orientées avec la partie antérieure du crâne vers la droite, un tracé céphalométrique a été réalisé au moyen d'un crayon noir avec une mine de 0,5 mm de diamètre. Les tracés (de 45 patients) effectués par le premier opérateur ont été répétés par le deuxième opérateur à titre de contrôle et pour vérifier la fiabilité de la méthode.

The anatomical points identified on the soft tissues were the following:

- *subnasale* (Sn'): the point on the upper lip 3 mm below the anatomical point Sn;
- tegumental point A (At): the deepest point of the curve of the upper lip between the subnasal point and the *labrale superius* (Ls);
- *labrale superius* (Ls): the point on the mediosagittal plane of the upper lip at the edge of the vermilion border where the upper lip vermilion arises;
- *stomion superius* (STOs): the lowest point of the upper lip;
- *stomion inferius* (STOi): the highest point of the lower lip;
- *stomion* (STO): the anteriormost point of contact between closed lips;
- *labrale inferius* (Li): the point on the mediosagittal plane of the lower lip at the edge of the vermilion border where the lower lip vermilion arises;
- tegumental point B (Bt): the deepest point of the curve of the lower lip;
- tegumental point Pg (Pgt): the anteriormost point on the curve of the soft tissues of the menton;
- *incision superius* (Is): the incisal edge of the upper central incisor crown;
- *incision inferius* (Ii): the incisal edge of the lower central incisor crown.

The palatal plane (PP), joining the anterior nasal spine (ANS) to the posterior nasal spine (PNS), and the mandibular plane (MP), connecting the menton (Me) to the gonion (Go) points, were also marked on the tracings. The palatal plane was chosen as a reference for all linear and angular skeletal and soft tissue measurements taken of the upper and lower jaws.

Each post-treatment (T2) cephalometric tracing was superimposed on its pre-treatment (T1) counterpart according to the best-anatomical-fit principle, i.e. the best possible superimposition of the anatomical structures held to be stable, and measurement of the changes in points and thicknesses between T1 and T2 was performed. Measurements were taken manually by one operator by means of a transparent 0.5 mm grid sheet overlaying the cephalometric tracings, and were approximated to the nearest 0.5 mm. In all cases, except for determination of the vermilion thickness (described below), the grid was oriented in such a way as to be parallel or perpendicular, depending on the measurement in question, to the palatal plane. Angular measurements were performed using a goniometer with a minimum discrimination of 0.5°, and values were approximated to the nearest 0.5°.

The following measurements were recorded (*figs. 1–4*):

- upper vermilion thickness (UVT): the shortest distance between point Ls to the upper incisor or the labial cortex of the maxilla (in this case the palatal plane was not used as reference);

Les points anatomiques repérés sur les tissus mous étaient les suivants :

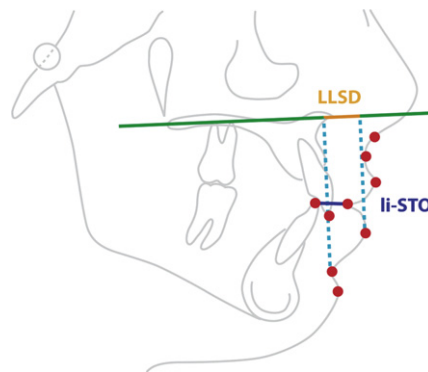
- *subnasal* (Sn') : point sur la lèvre supérieure à 3 mm en dessous du point anatomique Sn ;
- point A cutané (At) : point le plus profond de l'incurvation de la lèvre supérieure entre le point subnasal et le *labrale superius* (Ls) ;
- Ls : point sur le plan médio-sagittal de la lèvre supérieure au bord du vermillon où prend naissance le vermillon de la lèvre supérieure ;
- *stomion superius* (STOs) : point le plus inférieur de la lèvre supérieure ;
- *stomion inferius* (STOi) : point le plus supérieur de la lèvre inférieure ;
- *stomion* (STO) : point de contact le plus antérieur entre les lèvres fermées ;
- *labrale inferius* (Li) : point sur le plan médio-sagittal de la lèvre inférieure au bord du vermillon où prend naissance le vermillon de la lèvre inférieure ;
- point B cutané (Bt) : point le plus profond de l'incurvation de la lèvre inférieure ;
- point Pg cutané (Pgt) : point le plus antérieur du menton cutané ;
- *incision superius* (Is) : bord incisif de l'incisive centrale supérieure ;
- *incision inferius* (Ii) : bord incisif de l'incisive centrale inférieure.

Le plan palatin (PP), reliant l'épine nasale antérieure (ANS) à l'épine nasale postérieure (PNS), et le plan mandibulaire (MP), reliant le menton (Me) au gonion (Go), ont également été relevés sur les tracés. Le plan palatin a été retenu comme référence pour toutes les mesures linéaires et angulaires du squelette et des tissus mous au niveau des mâchoires supérieure et inférieure.

Tous les tracés céphalométriques post-traitement (T2) ont été superposés sur leur équivalent prétraitement (T1) selon le principe du meilleur ajustement anatomique, à savoir, la meilleure superposition possible des structures anatomiques considérées comme stables, et les changements intervenus au niveau des points et des épaisseurs entre T1 et T2 ont été mesurés. Des mesures ont été effectuées manuellement par un opérateur à l'aide d'une feuille transparente quadrillée de 0,5 mm d'épaisseur placée sur les tracés céphalométriques et ont été appréciées au 0,5 mm près. Dans tous les cas, mise à part la détermination de l'épaisseur du vermillon (décrite ci-dessous), la grille a été orientée de manière à être parallèle ou perpendiculaire, selon la mesure en cours, au plan palatin. Les mesures angulaires ont été réalisées au moyen d'un goniomètre avec une discrimination minimale de 0,5° et les valeurs ont été faites au 0,5° près.

Les mesures suivantes ont été enregistrées (*figs. 1–4*) :

- épaisseur du vermillon supérieur (UVT) : distance la plus courte entre le point Ls et les incisives supérieures ou la corticale vestibulaire du maxillaire (dans ce cas, le plan palatin n'a pas été pris comme référence) ;

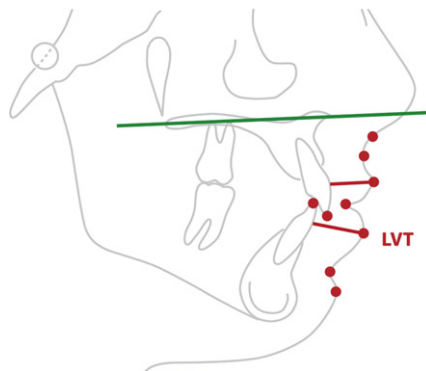


**Fig. 1:** LLSD (lower lip sulcus depth): the distance between the lines perpendicular to the palatal plane (PP) passing through points Li and Bt; li-STOi (lower incisor to lower lip): the distance from point Li to point STOi, perpendicular to the palatal plane (positive values reflect a point Li higher than point STOi, and negative values reflect the opposite collocation of points).

**Fig. 1 :** Profondeur du sillon de la lèvre inférieure (LLSD) : la distance entre les lignes perpendiculaires au plan palatin (PP) passant par les points Li et Bt ; incisives inférieures à la lèvre inférieure (li-STOi) : la distance du point Li au point STOi perpendiculaire au plan palatin (les valeurs positives indiquent un point Li plus élevé que le point STOi, et les valeurs négatives indiquent la collocation opposée des points).

- upper lip sulcus depth (ULSD): the distance between the lines perpendicular to the palatal plane (PP) passing through points Ls and At;
- lower vermilion thickness (LVT): the shortest distance between point Li and the lower incisor or the labial cortex of the mandible (in this case the palatal plane was not used as reference);
- lower lip sulcus depth (LLSD): the distance between the lines perpendicular to the palatal plane (PP) passing through points Li and Bt;
- upper lip length (ULL): the distance between points Sn' and STOs, perpendicular to the palatal plane;
- upper vermilion height (UVH): the distance between points Ls and STOs, perpendicular to the palatal plane;
- lower vermilion height (LVH): the distance between points Li and STOi, perpendicular to the palatal plane;
- upper incisor to upper lip (Is-STOs): the distance between points Is and STOs, perpendicular to the palatal plane (positive values reflect a point Is lower than point STOs, and negative values reflect the opposite collocation of points);

- profondeur du sillon labial supérieur (ULSD) : distance entre les lignes perpendiculaires au plan palatin (PP) passant par les points Ls et At ;
- épaisseur du vermillon inférieur (LVT) : distance la plus courte entre le point Li et les incisives inférieures ou la corticale vestibulaire de la mandibule (dans ce cas, le plan palatin n'a pas été pris comme référence) ;
- profondeur du sillon labial inférieur (LLSD) : distance entre les lignes perpendiculaires au plan palatin (PP) passant par les points Li et Bt ;
- longueur de la lèvre supérieure (ULL) : distance entre les points Sn' et STOs, perpendiculaire au plan palatin ;
- hauteur du vermillon supérieur (UVH) : distance entre les points Ls et STOs ;
- hauteur du vermillon inférieur (LVH) : distance entre les points Li et STOi, perpendiculaire au plan palatin ;
- incisives supérieures à la lèvre supérieure (Is-STOs) : distance entre les points Is et STOs perpendiculaire au plan palatin (les valeurs positives indiquent un point Is inférieur au point STOs et les valeurs négatives indiquent la collocation opposée des points) ;



**Fig. 2:** Upper vermilion thickness (UVT): the shortest distance between point Ls to the upper incisor or the labial cortex of the maxilla (in this case the palatal plane was not used as reference); lower vermilion thickness (LVT): the shortest distance between point Li and the lower incisor or the labial cortex of the mandible (in this case the palatal plane was not used as reference).

**Fig. 2 :** Épaisseur du vermillon supérieur (UVT) : la distance la plus courte entre le point Ls et les incisives supérieures ou le cortex labial du maxillaire (en ce cas, le plan palatin n'a pas été pris comme référence) ; épaisseur du vermillon inférieur (LVT) : la distance la plus courte entre le point Li et les incisives inférieures ou le cortex labial de la mandibule (en ce cas, le plan palatin n'a pas été pris comme référence).

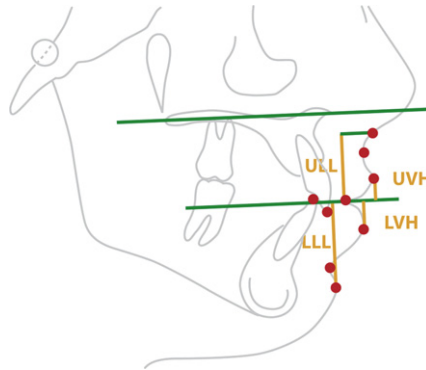
- lower lip length (LLL): the distance from point STO<sub>i</sub> to point Pog', perpendicular to the palatal plane;
- upper incisor to lower lip (Is-STO<sub>i</sub>): the distance from point Is to point STO<sub>i</sub>, perpendicular to the palatal plane (positive values reflect a point Is lower than point STO<sub>i</sub>, and negative values reflect the opposite collocation of points);
- lower incisor to lower lip (Ii-STO<sub>i</sub>): the distance from point Ii to point STO<sub>i</sub>, perpendicular to the palatal plane (positive values reflect a point Ii higher than point STO<sub>i</sub>, and negative values reflect the opposite collocation of points);
- interlabial gap (IG): distance from point STOs to point STO<sub>i</sub>, perpendicular to the palatal plane;
- upper incisor to palatal plane (U1/PP°): inclination of the upper incisor with respect to the palatal plane;
- lower incisor to palatal plane (L1/PP°): inclination of the lower incisor with respect to the palatal plane;
- lower facial height (LFH°): angle formed by the intersection of the mandibular and palatal planes.

The differences between these values at T1 and T2 were also calculated so as to quantify the variation for statistical

- longueur de la lèvre inférieure (LLL) : distance du point STO<sub>i</sub> au point Pog' perpendiculaire au plan palatin ;
- incisive supérieure à la lèvre inférieure (Is-STO<sub>i</sub>) : distance du point Is au point STO<sub>i</sub> perpendiculaire au plan palatin (les valeurs positives indiquent un point Is inférieur au point STO<sub>i</sub> et les valeurs négatives indiquent la collocation opposée des points) ;
- incisives inférieures à la lèvre supérieure (Ii-STO<sub>i</sub>) : distance du point Ii au point STO<sub>i</sub> perpendiculaire au plan palatin (les valeurs positives indiquent un point Ii supérieur au point STO<sub>i</sub> et les valeurs négatives indiquent une collocation opposée des points) ;
- écart interlabial (IG) : distance du point STOs au point STO<sub>i</sub> perpendiculaire au plan palatin ;
- incisives supérieures au plan palatin (U1/PP°) : inclinaison des incisives supérieures par rapport au plan palatin ;
- incisives inférieures au plan palatin (L1/PP°) : inclinaison des incisives inférieures par rapport au plan palatin ;
- hauteur du tiers facial inférieur (LFH°) : angle formé par l'intersection des plans mandibulaire et palatin.

Les différences entre ces valeurs à T1 et T2 ont également été calculées afin de quantifier la variation pour l'analyse





**Fig. 3:** Upper lip length (ULL): the distance between points Sn' and STOs, perpendicular to the palatal plane; upper vermilion height (UVH): the distance between points Ls and STOs, perpendicular to the palatal plane; lower vermilion height (LVH): the distance between points Li and STOi, perpendicular to the palatal plane; lower lip length (LLL): the distance from point STOi to point Pog', perpendicular to the palatal plane.

**Fig. 3 :** Longueur de la lèvre supérieure (ULL) : la distance entre les points Sn' et STOs perpendiculaire au plan palatin ; hauteur du vermillon supérieur (UVH) : la distance entre les points Ls et STOs perpendiculaire au plan palatin ; longueur de la lèvre inférieure (LLL) : la distance entre le point STOi et le point Pog' perpendiculaire au plan palatin.

analysis. As would be expected, a positive value was assigned to an increase and a negative value to a reduction. The soft tissue reference points and incisal margins were measured on the tracings taken at T1 and T2 so as to determine their variation over time. For convention's sake, movements upwards and towards the front (the right of the cephalogram) were assigned a positive value, while movements downwards and towards the back (left) were denoted by a negative value. As shown below, the values for several points were then expressed as the two vectors in order to study the displacement in two dimensions.

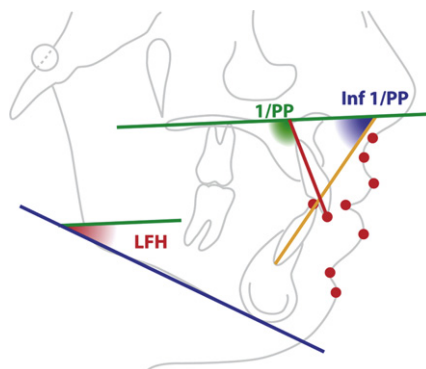
The following measurements were made, considering the planes perpendicular to and parallel to the palatal plane as the vertical and horizontal axes, respectively (*fig. 5*):

- change in *subnasale* (DxSn'): horizontal distance between points Sn' at T1 and T2;
- change in At (DxAt): horizontal distance between points At at T1 and T2;
- change in Ls, x axis (DxLs): horizontal distance between points Ls at T1 and T2;
- change in Ls, y axis (DyLs): vertical distance between points Ls at T1 and T2;

statistique. Comme prévu, une valeur positive a été attribuée à une augmentation et une valeur négative à une réduction. Les points de référence des tissus mous et des bords incisifs ont été mesurés sur les tracés réalisés à T1 et T2 afin de déterminer les variations au fil du temps. En accord avec la tradition, nous avons attribué une valeur positive aux mouvements vers le haut et vers l'avant (à droite sur le céphalogramme) et une valeur négative aux mouvements vers le bas et vers l'arrière (à gauche). Ainsi, comme nous le montrons ci-dessous, les valeurs de plusieurs points ont été exprimées sous la forme de deux vecteurs afin d'étudier le déplacement dans les deux dimensions de l'espace.

Les mesures suivantes ont été réalisées en prenant les plans perpendiculaire et parallèle au plan palatin comme, respectivement, les axes horizontal et vertical (*fig. 5*) :

- changement des *subnasale* (DxSn') : distance horizontale entre les points Sn' à T1 et T2 ;
- changement des At (DxAt) : distance horizontale entre les points At à T1 et T2 ;
- changement des Ls, axe x (DxLs) : distance horizontale entre les points Ls à T1 et T2 ;
- changement des Ls, axe y (DyLs) : distance verticale entre les points Ls à T1 et T2 ;



**Fig. 4:** Upper incisor to palatal plane (U1/PP°): inclination of the upper incisor with respect to the palatal plane; lower incisor to palatal plane (L1/PP°): inclination of the lower incisor with respect to the palatal plane; lower facial height (LFH°): angle formed by the intersection of the mandibular and palatal planes.

**Fig. 4 :** Incisives supérieures au plan palatin (U1/PP°) : inclinaison des incisives supérieures par rapport au plan palatin ; incisives inférieures au plan palatin (L1/PP°) : inclinaison des incisives inférieures par rapport au plan palatin ; hauteur du tiers facial inférieur (LFH°) : l'angle formé par l'intersection des plans mandibulaire et palatin.

- change in Li, x axis (DxLi): horizontal distance between points Li at T1 and T2;
- change in Li (DyLi): vertical distance between points Li at T1 and T2;
- change in Bt (DxBt): horizontal distance between points Bt at T1 and T2;
- change in Pgt, x axis (DxPgt): horizontal distance between points Pgt at T1 and T2;
- change in Is, x axis (DxIs): horizontal distance between points Is at T1 and T2,
- change in Is, y axis (DyIs): vertical distance between points Is at T1 and T2;
- change in Ii, x axis (DxIi): horizontal distance between points Ii at T1 and T2;
- change in Ii, y axis (DyIi): vertical distance between points Ii at T1 and T2.

Finally, in order to study the lower lip, measurements pertaining to the lower lip and the upper and lower incisors were considered singly.

### Reliability of measurements

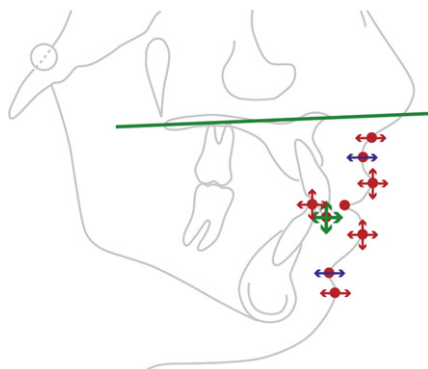
The repeatability of measurement was evaluated by statistically analysing, in a set of 15 pairs of randomly-selected

- changement des Li, axe x (DxLi) : distance horizontale entre les points Li à T1 et T2 ;
- changement des Li (DyLi) : distance verticale entre les points Li à T1 et T2 ;
- changement des Bt (DxBt) : distance horizontale entre les points Bt à T1 et T2 ;
- changement des Pgt, axe x (DxPgt) : distance horizontale entre les points Pgt à T1 et T2 ;
- changement des Is, axe x (DxIs) : distance horizontale entre les points Is à T1 et T2 ;
- changement des Is, axe y (DyIs) : distance verticale entre les points Is à T1 et T2 ;
- changement des Ii, axe x (DxIi) : distance horizontale entre les points Ii à T1 et T2 ;
- changement des Ii, axe y (DyIi) : distance verticale entre les points Ii à T1 et T2.

Enfin, afin d'étudier la lèvre inférieure, des mesures relatives à la lèvre inférieure et aux incisives supérieures et inférieures ont été traitées séparément.

### Fiabilité des mesures

La reproductibilité des mesures a été évaluée par une analyse statistique portant sur un ensemble de 15 paires de



**Fig. 5:** The soft tissue reference points and incisal margins were measured on the tracings taken at T1 and T2 so as to determine their variation over time. For convention's sake, movements upwards and towards the front (the right of the cephalogram) were assigned a positive value, while movements downwards and towards the back (left) were denoted by a negative value.

**Fig. 5 :** Les points de référence des tissus mous et les bords incisifs ont été mesurés sur les tracés effectués à T1 et T2 afin de déterminer leur variation au cours du temps. Pour respecter la convention, nous avons attribué une valeur positive aux mouvements vers le haut et vers l'avant (à droite sur le céphalogramme) et une valeur négative aux mouvements vers le bas et vers l'arrière (à gauche).

teleradiograms, the difference between the values obtained by the first operator and those obtained, one month later, by a second operator. The measurement error, calculated using Dahlberg's formula [17], was found to be less than 5%, and therefore should not affect the results.

### Statistical analysis

The means and standard deviations for each value considered were calculated for the two groups of patients. In order to determine whether the differences between the mean values calculated for Groups 1 and 2 were statistically significant, a two-sample *t*-test was performed. The *P*-values resulting from this test provided the probability associated with the variations in the paired values. *P*-values lower than or equal to 0.005 were considered significant at 5%, and those less than 0.001% denoted a significance of 1%.

Subsequently, multiple linear regression analysis was carried out so as to verify the presence of any association between the vertical, horizontal and sulcus depth changes in the lower lip and the other dental and skeletal variables altered by

téléradiographies choisies au hasard et qui a affiché la différence entre les valeurs obtenues par le premier opérateur et celles obtenues, un mois plus tard, par le deuxième opérateur. Le taux d'erreur de mesure, calculé à l'aide de la formule de Dahlberg [17], était inférieur à 5 % et ne devrait pas, en conséquence, influencer sur les résultats.

### Analyse statistique

Les moyennes et les écart-types de chaque valeur considérée ici ont été calculés pour les deux groupes de patients. Afin de déterminer si les différences entre les valeurs moyennes des Groupes 1 et 2 étaient statistiquement significatives, nous avons réalisé un test *t* sur deux échantillons. Les valeurs *p* fournies par ce test montraient la probabilité associée aux variations des valeurs appariées. Les valeurs *p* inférieures ou égales à 0,005 étaient considérées comme étant significatives à 5 % et celles inférieures à 0,001 dénotaient une significativité de 1 %.

Ultérieurement, une analyse par régression linéaire multiple a été réalisée pour vérifier la présence d'une éventuelle association entre les changements au niveau des profondeurs verticale, horizontale et du sillon de la lèvre inférieure et des

orthodontic treatment. The following lower lip parameters are modified during orthodontic treatment, thereby describing the changes occurring, and were therefore selected as dependent variables (regressands):

- DxLi: the horizontal variation in point *labrale inferius* (Li) from T1 to T2, the point on the lower lip on the mediosagittal plane at the edge of the vermilion border;
- D LVH (D Li-STOi): the vertical variation in vermilion height (distance from point Li to point STOi) from T1 to T2;
- D lower lip sulcus depth (D LLSd): the variation in depth of the mentolabial sulcus (lower lip vermilion) from T1 to T2.

The independent variables (regressors) considered were:

- $X_1 = DxIs$  (horizontal variation in the incisal margin of the upper incisor);
- $X_2 = DxLi$  (horizontal variation in the incisal margin of the lower incisor);
- $X_3 = LVT$  (T1) (pretreatment thickness of the lower lip vermilion);
- $X_4 = DinfI/PP$  (variation in inclination of the lower incisor axis);
- $X_5 = DLFH$  (variation in inclination of the mandibular plane);
- $X_6 = Is-STOi$  (T1) (pretreatment vertical exposure of the upper incisor with respect to the lower lip);
- $X_7 = Is-STOi$  (T2) (posttreatment vertical exposure of the upper incisor with respect to the lower lip);
- $X_8 = li-STOi$  (T1) (pretreatment vertical exposure of the lower incisor with respect to the lower lip);
- $X_9 = li-STOi$  (T2) (posttreatment vertical exposure of the lower incisor with respect to the lower lip).

The linear regression equation was:  $Y = n_1X_1 + n_2X_2 + n_3X_3 + n_4X_4 + a$ , in which  $X_1, X_2, X_3, X_4$  represent the independent variables and  $n_1, n_2, n_3, n_4$  are the regression coefficients calculated for each variable;  $a$  is a constant which represents the value the dependent value assumes when all of the others are nil, i.e. the point on the two-dimensional graph at which the straight line intercepts the  $y$  axis, namely the distance from the origin to the point at which the straight line meets the ordinate. Regression lines were thus obtained for each dependent variable and for the two groups of patients (a total of six regressions lines).

## Results

The means and standard deviations of each value considered for Groups 1 and 2 are reported in Table I, along with the comparative  $P$ -values calculated using Student's  $t$ -test. Graph I (fig. 6) illustrates the values reported in Table I. The means of the patients in Group 1 are represented by the blue bars, the red bars represent the corresponding values of the patients in Group 2, and the black lines show the standard deviations.

autres variables dentaires et squelettiques modifiées par le traitement orthodontique. Les paramètres suivants pour la lèvre inférieure sont modifiés pendant le traitement orthodontique et décrivent ainsi les changements qui se produisent. Par conséquent, ils ont été sélectionnés comme variables dépendantes (régressantes) :

- DxLi : variation horizontale entre T1 et T2 du point *labrale inferius* (Li), le point sur la lèvre inférieure dans le plan médiosagittal au bord du vermillon ;
- D LVH (D Li-STOi) : variation verticale de la hauteur du vermillon (distance du point Li au point STOi) entre T1 et T2 ;
- D profondeur du sillon de la lèvre inférieure (D LLSd) : variation de profondeur du sillon mento-labial (vermillon de la lèvre inférieure) entre T1 et T2.

Les variables indépendantes (régresseurs) dont nous avons tenu compte étaient les suivantes :

- $X_1 = DxIs$  (variation horizontale du bord incisif des incisives supérieures) ;
- $X_2 = DxLi$  (variation horizontale du bord incisif des incisives inférieures) ;
- $X_3 = LVT$  (T1) (épaisseur prétraitement du vermillon de la lèvre inférieure) ;
- $X_4 = DinfI/PP$  (variation de l'inclinaison de l'axe des incisives inférieures) ;
- $X_5 = DLFH$  (variation de l'inclinaison du plan mandibulaire) ;

- $X_6 = Is-STOi$  (T1) (exposition verticale prétraitement des incisives supérieures par rapport à la lèvre inférieure) ;
- $X_7 = Is-STOi$  (T2) (exposition verticale post-traitement des incisives supérieures par rapport à la lèvre inférieure) ;
- $X_8 = li-STOi$  (T1) (exposition verticale prétraitement des incisives inférieures par rapport à la lèvre inférieure) ;
- $X_9 = li-STOi$  (T2) (exposition verticale post-traitement des incisives inférieures par rapport à la lèvre inférieure) ;

L'équation de la régression linéaire était :  $Y = n_1X_1 + n_2X_2 + n_3X_3 + n_4X_4 + a$ , où  $X_1, X_2, X_3, X_4$  représentent les variables indépendantes et  $n_1, n_2, n_3, n_4$  sont les coefficients de régression calculés pour chaque variable ;  $a$  est une constante qui représente la valeur que prend la valeur dépendante lorsque toutes les autres sont zéro, c'est-à-dire, le point sur le graphique bidimensionnel auquel la droite intercepte l'axe  $y$ , à savoir, la distance depuis l'origine jusqu'au point auquel la droite intercepte l'ordonnée. Ainsi, nous avons pu obtenir les lignes de régression pour chaque variable dépendante et pour les deux groupes de patients (six lignes de régression en tout).

## Résultats

Les moyennes et les écart-types de chaque valeur étudiée pour les Groupes 1 et 2 sont donnés dans le Tableau I de même que les valeurs  $p$  comparatives calculées avec le test  $t$  de Student. Le graphique I (fig. 6) illustre les valeurs rapportées dans le Tableau I. Les moyennes des patients dans le Groupe 1 sont représentées par les barres bleues, celles du Groupe 2 par les barres rouges et les écart-types

**Table I**

Mean and standard deviation for group 1 and group 2 are reported. In the last column are indicated the two-sample t-test results.

**Tableau I**

Les moyennes et écarts-types des groupes 1 et 2 sont rapportés. La dernière colonne indique les résultats du test *t* sur deux échantillons.

Parameter/ Paramètre	Group 1/Groupe 1		Group 2/Groupe 2		P-value/ Valeur <i>p</i>
	Mean/ Moyenne	Standard deviation/ Écart-type	Mean/ Moyenne	Standard deviation/ Écart-type	
DxLi (mm)	-1.51	1.71	1.05	1.60	< 0.0001
DLVH (mm)	-0.17	1.30	0.10	1.81	0.43
DLSulcusDepth (mm)	-0.94	1.47	0.43	1.57	< 0.0001
DxIs (mm)	-4.07	1.89	3.54	1.04	
DXLi (mm)	-0.87	2.26	3.56	1.65	< 0.0001
LVThickness (T1)(mm)	16.02	2.82	15.23	2.30	0.142
DLVThickness (mm)	-1.46	1.68	-0.99	2.08	0.241
D inf1/pp (°)	-1.51	7.96	-13.33	7.36	< 0.0001
D LFH (°)	0.78	1.44	0.66	1.17	0.654
Is-STOi (T1) (mm)	2.28	2.17	3.52	1.55	< 0.01
Is-STOi (T2) (mm)	3.04	1.67	2.56	1.58	0.010
Ii-STOi (T1) (mm)	2.65	3.23	1.66	2.31	0.094
Ii-STOi (T2) (mm)	0.85	3.40	-0.05	2.11	0.126
DIIs-STOi (mm)	0.76	1.66	-0.96	1.38	< 0.0001
DII-STOi (mm)	-1.79	1.72	-1.71	2.42	0.847

Dinf1/PP is the parameter with the highest standard deviation, and therefore shows greater variability.

Examination of the values analysed by means of Student's t-test revealed significant differences in the following parameters:

- DxLi: the horizontal displacement of point Li was significantly different between the two groups, with a very small *P*-value of less than 0.0001. As predicted, the displacement of the lip differed between the group in which the incisor was moved palatally to that in which it was labialized during orthodontic treatment;
- DLSulcusDepth: the variation in depth of the mentolabial sulcus was significantly different between the two groups; in Group 1 a reduction in depth was evident, whereas in Group 2, an increase was noted;
- DxIs and DxLi: as expected, the upper and lower incisors behaved differently in the two groups, moving labially in Group 2 patients and lingually in Group 1;

sont indiqués par les traits noirs. Dinf1/PP est le paramètre avec l'écart-type le plus élevé et affiche, par conséquent, la variabilité la plus importante.

L'étude des valeurs analysées par le test *t* de Student a révélé des différences significatives pour les paramètres suivants :

- DxLi : le déplacement horizontal du point Li était significativement différent entre les deux groupes avec une très petite valeur *p* inférieur à 0.0001. Comme prévu, le déplacement de la lèvre était différent entre le groupe dans lequel les incisives étaient déplacées en palatin par rapport au groupe dans lequel les incisives étaient vestibulées pendant le traitement orthodontique.
- DLSulcusDepth : la variation de profondeur du sillon labio-mentonnier était significativement différente entre les deux groupes. Dans le Groupe 1, on constatait une réduction prononcée de la profondeur alors que, dans le Groupe 2, une augmentation était relevée ;
- DxIs et Dxli : comme prévu, les incisives supérieures et inférieures se sont comportées de façon différente dans les deux groupes. Le déplacement était vestibulaire dans le Groupe 2 et lingual dans le Groupe 1 ;

Assessment of lower lip changes following incisor displacement in 92 orthodontically-treated adults  
 Évaluation des changements à la lèvre inférieure suite au déplacement orthodontique des incisives chez 92 patients

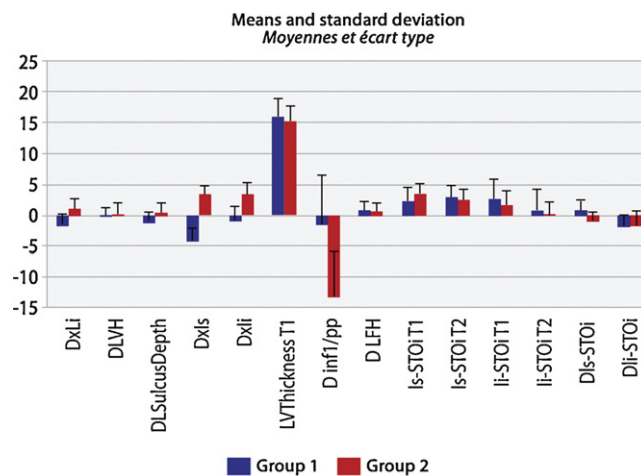


Fig. 6: Graph I of the values reported in Table I.  
 Fig. 6 : Graphique I montrant les valeurs indiquées au Tableau I.

- Dinf1/PP: as forecast and like the incisal margin, the change in inclination of the lower incisor differed in a statistically significant manner between Groups 1 and 2, as the crowns of the latter were subject to a greater labial torque and/or their roots underwent greater lingual (proinclination) movement;
- Is-STOI (T1) and Is STOI (T2): the vertical exposure of the upper incisor was scarcely significantly different ( $P$ -value = 0.010) between the two groups, both at the beginning and end of treatment;
- DIIs-STOI: the difference in variation in upper incisor exposure between the two Groups was statistically significant ( $P$ -value < 0.0001). The patients in Group 1 showed a greater mean vertical exposure after treatment (retraction of the frontal group), whereas the patients in Group 2 exhibited a lessening of upper incisor exposure (treatment involving labialization).

- Dinf1/PP : comme prévu, et semblable au bord incisif, le changement d'inclinaison des incisives inférieures différait de façon statistiquement significative entre les Groupes 1 et 2 puisque les couronnes dans le Groupe 2 étaient soumises à plus de torque corono-vestibulaire et/ou les racines subissaient plus de mouvement lingual (version radiculo-palatine) ;
- Is-STOI (T1) et Is STOI (T2) : l'exposition verticale des incisives supérieures était à peine significativement différente (valeur  $p = 0,010$ ) entre les deux groupes, au début comme en fin de traitement ;
- DIIs-STOI : la différence de variation de l'exposition des incisives supérieures entre les deux groupes était statistiquement significative (valeur  $p < 0,0001$ ). Les patients du Groupe 1 présentaient une exposition verticale moyenne plus importante après le traitement (rétraction du segment antérieur) tandis que les patients du Groupe 2 montraient une diminution de l'exposition verticale des incisives supérieures (traitement avec mouvement vestibulaire).

Multiple linear regression analysis

Not all of the independent variables  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9$  or the variable "Group" were found to be significant. Hence, a reduced model, which considered only the significant regressors and their interaction with the "Group" variable was employed. The F-test for "nested models" (data were distributed in a similar manner to Snedecor's F distribution) was employed at a significance level of 5% to select the reduced model and evaluate the significance of the independent variables.

L'analyse par régression linéaire multiple

Toutes les variables indépendantes  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9$  (ou le "Groupe" des variables) ne se sont pas révélées significatives. Par conséquent, un modèle réduit tenant compte des seuls régresseurs significatifs et de leur interaction avec le « Groupe » des variables a été utilisé. Le test F pour les modèles imbriqués (les données ont été distribuées de façon semblable à la distribution F de Snedecor) a été employé à un niveau de significativité de 5 % pour sélectionner le modèle réduit et pour évaluer la significativité des variables indépendantes.

Dependent Variable Y = DxLi

On average, the values for the regressand Y for Group 2 were higher with respect to Group 1. In fact, the intercept for Group 1 was -0.181, while that of Group 2 was 5.185.

Variable dépendante Y = DxLi

En moyenne, les valeurs du régressant Y pour le Groupe 2 étaient plus élevées que pour le Groupe 1. L'« intercept » du Groupe 1 était de -0,181 alors que celui du Groupe 2 était de 5,185.

The effect of the variables  $X_1$  (DxIs) and  $X_2$  (DxLi) on the Y (DxLi) was positive, and the same in both groups. This means that if the incisal margin of the upper incisor is displaced by 1 mm towards the front (Group 2) or the back (Group 1), the position of the lower lip is moved 0.243 mm forwards or backwards, respectively. Similarly, if orthodontic treatment causes the lower incisal margin to move 1 mm forwards or backwards, the lower lip will move 0.265 mm in the same direction as the incisor. Thus, the lower lip appears to be slightly more sensitive to movement of the lower incisor with respect to that of the upper.

In contrast to the above, the behaviour of the variable  $X_3$  (LVThickness) differs between the two groups. In fact, an increase of 1 millimetre in lower vermilion thickness at the beginning of treatment would lead to a reduction in the dependent variable Y of 0.006 mm in Group 1, that is to say the lip would move horizontally and slightly backwards. Considering the dental variables, as incisor displacement in Group 1 has a negative value, the increased initial lip thickness determines a slightly larger displacement (negative increase in the value of Y) of the lower lip in a lingual direction. In Group 2 (labialization), on the other hand, an increase of 1 mm in  $X_3$  (thickness of lower lip vermilion) would result in a reduction of 0.389 mm in the value of the dependent variable Y (DxLi). This means that in labialization-expansion movements, 1 mm more of initial lower lip thickness results in a noticeable reduction in lip response to the other independent variables and thus incisor displacement. One additional millimetre of lower lip thickness pre-treatment produces 0.389 mm of horizontal backwards movement of the lip, or in any case a negative effect on the interaction with the other variables.

Hence, pretreatment lip thickness had a considerably greater effect on Group 2 (labialization) patients than their Group 1 (lingualization) counterparts. Presumably this response is due to the vermilion thickness exerting “shock-absorber” effect on movements towards the lip.

The reliability index ( $r^2$ ), which quantifies the goodness-of-fit of the model to the results was 0.56.

### Dependent variable Y = DLVH

On average, the values for the variable Y for Group 2 were higher with respect to Group 1. In fact, the intercept for Group 1 was -0.15, while that of Group 2 was 3.31.

The effect on Y (DLVH) of the variables  $X_1$  (DxIs) and  $X_5$  (DLFH) was positive, and the same in both groups. In particular, if  $X_1$  (horizontal variation of upper incisor) was increased by 1 mm, the dependent variable Y (vertical variation in lower

L'impact des variables  $X_1$  (DxIs) et  $X_2$  (DxLi) sur le Y (DxLi) était positif et identique dans les deux groupes. Cela signifie que si le bord incisif des incisives supérieures est avancé (Groupe 2) ou reculé (Groupe 1) de 1 mm, la position de la lèvre inférieure est déplacée, respectivement, de 0,243 mm antérieurement ou postérieurement. De même, si le traitement orthodontique provoque un mouvement du bord incisif inférieur de 1 mm vers l'avant ou vers l'arrière, la lèvre inférieure se déplacera de 0,265 mm dans la même direction que les incisives. Ainsi, la lèvre inférieure semble être légèrement plus sensible que la lèvre supérieure aux mouvements des incisives inférieures.

En revanche, le comportement de la variable  $X_3$  (LVThickness) est différent entre les deux groupes. En effet, une augmentation de 1 mm de l'épaisseur du vermillon inférieur en début de traitement aboutirait à une réduction de la variable dépendante Y de 0,006 dans le Groupe 1, c'est-à-dire que la lèvre se déplacerait horizontalement et légèrement en arrière. En ce qui concerne les variables dentaires, étant donné que le déplacement des incisives dans le Groupe 1 a une valeur négative, l'augmentation de l'épaisseur labiale initiale donne lieu à un déplacement légèrement plus important (augmentation négative de la valeur de Y) de la lèvre inférieure dans le sens lingual. En revanche, dans le Groupe 2 (mouvement vestibulaire), une augmentation de 1 mm du  $X_3$  (épaisseur du vermillon de la lèvre inférieure) donnerait lieu à une réduction de 0,389 mm de la valeur de la variable dépendante Y (DxLi). Cela implique que, dans les mouvements de vestibularisation-expansion, un millimètre supplémentaire par rapport à l'épaisseur initiale de la lèvre inférieure aboutit à une réduction significative de la réponse labiale aux autres variables indépendantes et, par conséquent, au déplacement des incisives. Un millimètre de plus par rapport à l'épaisseur prétraitement de la lèvre inférieure produit 0,389 mm de mouvement labial horizontal et postérieur ou, en tout état de cause, un effet négatif sur les interactions avec les autres variables.

Ainsi, l'épaisseur labiale prétraitement a eu un impact considérablement plus important chez les patients du Groupe 2 (labialisation) que chez ceux du Groupe 1 (lingualisation). On peut présumer que cette réponse est causée par l'impact de type « amortisseur » exercé par l'épaisseur du vermillon sur les mouvements en direction de la lèvre.

L'indice de fiabilité ( $r^2$ ), qui quantifie le bon ajustage du modèle par rapport aux résultats, était de 0,56.

### Variable dépendante Y = DLVH

En moyenne, les valeurs de la variable Y du Groupe 2 étaient plus élevées que celles du Groupe 1. En effet, l'« intercept » du Groupe 1 était de -0,15 alors que celui du Groupe 2 était de 3,31.

L'impact sur Y (DLVH) des variables  $X_1$  (DxIs) et  $X_5$  (DLFH) était positif et le même dans les deux groupes. En particulier, si  $X_1$  (variation horizontale des incisives supérieures) augmentait de 1 mm, la variable dépendante Y (variation verticale de

lip vermilion height) was increased by 0.255 mm in both Group 1 (lingualization) and Group 2 (labialization) patients. Therefore, 1 mm of forwards (Group 2) or backwards (Group 1) movement of the upper incisal margin will produce a respective increase or reduction of 0.255 mm in the height of the lower lip vermilion (Li-STOi).

If, on the other hand, the variable  $X_5$  (DLFH) increased by one degree, the dependent variable  $Y$  (DLVH) would increase by 0.50 mm. Hence, an increase in lower facial height (variation in inclination of the mandibular plane) of one degree provokes a vertical lengthening of the lower lip vermilion of 0.50 mm, and vice versa, a reduction in lower facial height determines a vertical shortening of the lower lip (distance between points Li and STOi).

The behaviour of the variable  $X_3$  (LVThickness T1), on the other hand, differed between the two groups. An increase of 1 mm in lower vermilion thickness led to a slight increase of 0.039 mm in the vertical length of the lower vermilion in Group 1 (lingualization), and a reduction of 0.293 mm in this parameter in Group 2 (labialization). Thus, in the presence of a lingual movement of the upper incisor (which, as we have seen, would in itself account for the vertical lengthening of the lip), an increase in thickness of the lower lip vermilion reduces the effect of its vertical lengthening, whereas in lingualization, a lip more often slightly reduces the vertical shortening, on a par with incisor retraction, the vertical shortening. Also in this case the increase in vermilion thickness acts as a shock-absorber, diminishing the effect of the other variables. The coefficient of determination ( $r^2$ ) of the goodness-of-fit of the model, was 0.25 in this case. This value is low, and it is therefore statistically probable that some relevant aspects were not considered in the study in question. In any case, the relationship between the regressand  $Y$  (DLVH) and the regressors  $X$  were valid, and furnished precious information.

### Dependent variable $Y = DLSulcusDepth$

On average, the values for the regressand  $Y$  (DLSulcusDepth) for Group 2 were higher with respect to Group 1. In fact, the intercept for Group 1 was 3.491, while that of Group 2 was 4.505.

The effect of the regressor  $X_3$  (LVThickness T1) on  $Y$  was negative, and the same in both groups. Specifically, a 1 mm increase in  $X_3$  (initial lower vermilion thickness) would reduce  $Y$  (sulcus depth) by 0.25 mm, and a 1-mm reduction in  $X_3$  would lead to a 0.258 mm increase in  $Y$ . Also in this case, a greater lower lip thickness determines a lesser variability in the dependent variable, having a negative influence on the possibility of variation.

la hauteur du vermillon de la lèvre inférieure) augmentait de 0,255 mm chez les patients du Groupe 1 (lingualisation) comme chez ceux du Groupe 2 (vestibularisation). Il s'ensuit que 1 mm de mouvement antérieur (Groupe 2) ou postérieur (Groupe 1) du bord incisif des incisives supérieures provoquerait, respectivement, une augmentation ou une réduction de 0,255 mm de la hauteur du vermillon de la lèvre inférieure (Li-STOi).

En contrepartie, si la variable  $X_5$  (DLFH) augmente d'un degré, la variable dépendante  $Y$  (DLVH) augmenterait de 0,50 mm. Ainsi, une augmentation de la hauteur du tiers facial inférieur (variation de l'inclinaison du plan mandibulaire) de  $1^\circ$  provoquerait un allongement vertical de 0,50 mm du vermillon de la lèvre inférieure. Réciproquement, une réduction de la hauteur du tiers facial inférieur déterminerait un raccourcissement vertical de la lèvre inférieure (distance entre les points Li et STOi).

D'un autre côté, le comportement de la variable  $X_3$  (LVThickness T1) était différent entre les deux groupes. Une augmentation de 1 mm de l'épaisseur du vermillon inférieur provoquait une légère augmentation de 0,039 mm de la longueur verticale du vermillon inférieur dans le Groupe 1 (lingualisation) et une réduction de 0,293 mm de ce même paramètre dans le Groupe 2 (vestibularisation). Ainsi, en présence d'un mouvement lingual des incisives supérieures (ce qui, comme nous l'avons déjà vu, pourrait déjà expliquer le rallongement vertical de la lèvre), une augmentation de l'épaisseur du vermillon de la lèvre inférieure réduit l'impact de son allongement vertical alors que, dans le cas de lingualisation, de la même manière qu'avec la rétraction des incisives, la lèvre réduit, le plus souvent, le raccourcissement vertical. De même, dans cette situation, l'augmentation de l'épaisseur du vermillon produit un effet « amortisseur » en diminuant l'impact des autres variables. Dans cette situation, le coefficient de détermination ( $r^2$ ) du bon ajustement du modèle était de 0,25. Cette valeur est faible et, par conséquent, il est statistiquement probable que certains aspects pertinents n'ont pas été pris en compte dans cette étude. En tout cas, les relations entre le régressant  $Y$  (DLVH) et les régresseurs  $X$  étaient valides et ont fourni de précieux renseignements.

### Variable dépendante $Y = DLSulcusDepth$

En moyenne, les valeurs du régressant  $Y$  (DLSulcusDepth) dans le Groupe 2 étaient plus élevées que celles du Groupe 1. En effet, l'« intercept » du Groupe 1 était de 3,491 alors que celui du Groupe 2 était de 4,505.

L'impact du régresseur  $X_3$  (LVThickness T1) sur  $Y$  était négatif et le même dans les deux groupes. Plus précisément, une augmentation de 1 mm de  $X_3$  (épaisseur initiale du vermillon inférieur) réduirait  $Y$  (profondeur du sillon) de 0,25 mm et une réduction de 1 mm de  $X_3$  aboutirait à une augmentation de 0,258 mm de  $Y$ . Dans cette même situation, une épaisseur plus importante de la lèvre inférieure détermine une variabilité moindre de la variable dépendante puisqu'elle a un impact négatif sur les possibilités de variation.



The independent variable  $X_2$  (DxLi), on the other hand, displayed contrasting behaviour between the two groups. In Group 1 (lingualization), an increase in lower incisal margin displacement of 1 mm (negative displacement, as the mean lower incisor movement in Group 1 is in a lingual direction) would cause a reduction (negative increase) of 0.336 mm in the depth of the mentolabial sulcus, i.e. the mentolabial profile is flattened. However, in Group 2 (labialization), a 1 mm movement of the lower incisors in a labial direction would result in a slight reduction, of 0.03 mm, in mentolabial sulcus depth. This analysis statistically confirms the general consensus on profile flattening following lingualization of the incisors.

The coefficient of determination ( $r^2$ ) was 0.37, a low value indicating that relevant aspects were not considered in this analysis.

## Discussion

On the whole, the variability of the observed changes in the lower lip following movement of the incisors was very great.

In Group 1, in which orthodontic treatment resulted in at least 2 mm of incisor movement in a palatal direction, the horizontal displacement of point Li was, on average, 1.51 mm in the same direction as the dental movement, but the standard deviation was 1.7 mm, as, in several patients a movement of the soft tissues of the upper lip in the opposite direction was detected. This incongruent behaviour could, however, be explained by the fact that in several patients who presented with a marked overjet prior to treatment, retraction of the lower incisors was minimal or absent, and in some cases, upper incisor retraction was accompanied by a slight protrusion of the lower incisors.

In Group 2 (in which orthodontic treatment resulted in at least 2 mm of upper incisor movement in a labial direction), the mean displacement of the lip was 1.05 mm in the same direction as the upper incisor, but, the variability in this case was also very great, with a standard deviation of 1.60 mm. The difference in behaviour of the lower lip in response to upper incisor movement in the opposite direction was, however, (and obviously) found to be significant by the *t*-test, yielding a very low *P*-value ( $< 0.0001$ ), and thus the two Groups were not comparable.

This great variability in lip behaviour has although been reported in many other studies [6,18–21], albeit mainly with reference to the upper lip, and has been ascribed to intrinsic factors in lip structure. Nevertheless, the literature concerning movement of the teeth and lips with respect to a reference plane has yielded widely different conclusions.

En revanche, la variable indépendante  $X_2$  (DxLi) a affiché un comportement contrasté entre les deux groupes. Dans le Groupe 1 (lingualisation), une augmentation du déplacement du bord incisif inférieur de 1 mm (déplacement négatif puisque le mouvement moyen des incisives dans le Groupe 1 se fait en lingual) provoquerait une réduction (augmentation négative) de 0,366 mm de la profondeur du sillon labio-mentonnier, c'est-à-dire que le profil labio-mentonnier est aplati. Dans le Groupe 2 (vestibularisation), cependant, un déplacement de 1 mm des incisives inférieures dans le sens vestibulaire aboutirait à une légère réduction de 0,03 mm de la profondeur du sillon labio-mentonnier. Cette analyse fournit la confirmation statistique du consensus général de l'aplatissement du profil à la suite de la lingualisation des incisives.

Le coefficient de détermination ( $r^2$ ) était de 0,37, valeur faible qui indique que des aspects pertinents n'ont pas été abordés dans cette étude.

## Discussion

Dans l'ensemble, la variabilité des changements observés à la lèvre inférieure à la suite d'un mouvement des incisives était très importante.

Dans le Groupe 1, où le traitement orthodontique a provoqué au moins 2 mm de déplacement des incisives dans la direction palatine, le déplacement horizontal du point Li était, en moyenne, de 1,51 mm dans la même direction que le déplacement dentaire. L'écart-type, cependant, était de 1,7 mm puisque, chez plusieurs patients, nous avons relevé un déplacement des tissus mous de la lèvre supérieure dans la direction inverse. Ce comportement incongru pourrait s'expliquer, tout de même, par le fait que, chez plusieurs patients présentant un overjet prononcé avant le traitement, la rétraction des incisives était minime ou absente et, dans certains cas, le recul des incisives supérieures s'accompagnait d'une légère version corono-vestibulaire des incisives inférieures.

Dans le Groupe 2 (où le traitement orthodontique a provoqué au moins 2 mm de mouvement vestibulaire des incisives supérieures), le déplacement moyen de la lèvre était de 1,05 mm dans la même direction que celle des incisives supérieures. Cependant, ce cas a présenté une variabilité très importante avec un écart-type de 1,60 mm. Néanmoins, la différence de comportement de la lèvre inférieure à la suite du mouvement des incisives supérieures dans la direction opposée s'est avérée au test *t* (et de façon évidente) être significative, puisqu'elle a donné une valeur *p* très faible ( $< 0,0001$ ). En conséquence, les deux groupes n'étaient pas comparables.

Cette variabilité importante au niveau du comportement labial a été rapportée dans beaucoup d'autres études [6,18–21], quoique le plus souvent en rapport avec la lèvre supérieure, et elle a été attribuée à des facteurs intrinsèques de la structure labiale. Néanmoins, la littérature concernant le mouvement des dents et des lèvres par rapport à un plan de référence aboutit à des résultats extrêmement divers.

Jacobs, researching the labial changes in 20 growing patients, found a retraction of both the upper and lower lips during treatment [22]. Hershey, in contrast, concluded that the lower lip was less linked to the corresponding incisor as regards its position in the profile [9]. Zierhut et al. found greater retrusion of the lower incisors and consequently the lip with respect to the nose and chin in extractive cases. As these patients displayed greater protrusion of the upper incisors before treatment with respect to the non-extractive cases, according to Zierhut et al. this difference did not influence the profile when observed over time [19]. Nevertheless, retrusion of the lip as a consequence of incisor retraction has been confirmed by numerous other studies, for example that performed by Finnoy et al. [23].

As regards lower lip thickness in our study, a similar behaviour was noted in both groups, and analysis of the variation in vermilion thickness via Student's *t*-test revealed no statistically significant differences (a *P*-value of 0.241). In both groups, a reduction in lip thickness with a great variability of results was found (a reduction of  $1.46 \pm 1.68$  mm in Group 1 and a reduction of  $0.99 \pm 2.08$  mm in Group 2). In previous studies, Ricketts demonstrated a reduction in thickness as marked as 1–3 mm accompanying retrusion of the upper lip, whereas the lower lip retruded without a reduction in thickness [24]. Kocadereli, on the other hand, concluded that the response to variation in lip thickness is highly individual, with a considerable retraction of the incisors provoking a marked reduction in thickness in one patient, and the same degree of retraction causing flattening in another [18]. Nonetheless, many authors have reported an increase, however modest, in lip thickness upon retraction of the incisors, for example in extractive cases [25,26], but no study had previously studied changes in the lip following incisor labialization, as in our Group 2. We found a reduction in lower lip thickness, although with a standard deviation twice that of the reduction itself, and therefore a great variability of response, presumably dependent on other factors intrinsic to the soft tissues.

Concerning the depth of the mentolabial sulcus, and therefore the curvature of the lower lip, Student's *t*-test revealed differences of statistical significance between the two patient groups (*P*-value < 0.0001). In Group 1 (incisor retraction), sulcus depth and lip curvature diminished on average by  $0.94 \pm 1.4$  mm, signifying profile flattening, albeit with great variability. In contrast, in Group 2 (labialization), a slight increase in mean lip curvature was observed, although this value was also subject to great variability ( $0.43 \pm 1.5$  mm). Similar results were documented by Mirabella upon examination of the upper lip [11].

Jacobs, dans son étude sur les changements labiaux chez 20 patients en croissance, a trouvé un recul des lèvres supérieure et inférieure pendant le traitement [22]. Hershey, au contraire, a conclu que la lèvre inférieure était moins influencée par les incisives correspondantes en ce qui concerne sa position dans le profil [9]. Zierhut et al. ont trouvé une rétrusion plus importante des incisives inférieures et, par voie de conséquence, de la lèvre par rapport au nez et au menton dans les cas avec extractions. Selon ces auteurs, cette différence n'influe pas sur le profil au cours du temps puisque ces patients présentaient une proalvéolie des incisives supérieures par rapport aux cas sans extraction [19]. Néanmoins, de nombreuses études dont celle de Finnoy et al. [23] ont confirmé la rétrusion de la lèvre comme une conséquence de la rétraction des incisives.

En ce qui concerne l'épaisseur de la lèvre inférieure dans notre étude, un comportement similaire a été observé dans les deux groupes et l'analyse de la variation de l'épaisseur du vermillon utilisant le test *t* de Student n'a pas révélé de différences statistiquement significatives (valeur *p* = 0,241). Dans les deux groupes, une réduction de l'épaisseur labiale associée à une variabilité importante des résultats a été relevée (réduction de  $1,46 \pm 1,68$  mm dans le Groupe 1 et une réduction de  $0,99 \pm 2,08$  mm dans le Groupe 2). Dans des études plus anciennes, Ricketts a montré des réductions d'épaisseur allant jusqu'à 1-3 mm associées à une rétrusion de la lèvre supérieure alors que la lèvre inférieure était rétruse mais sans perte d'épaisseur [24]. Kocadereli, en revanche, a conclu que la réponse aux variations d'épaisseur labiale est très individualisée avec une rétraction prononcée d'épaisseur chez un patient et un aplatissement chez un autre provoqué par le même degré de rétraction [18]. Néanmoins, beaucoup d'auteurs ont rapporté une augmentation, parfois modeste, de l'épaisseur labiale suite à la rétraction des incisives, dans les cas avec extractions par exemple [25,26]. Cependant, aucune étude antérieure n'avait analysé les changements au niveau des lèvres à la suite de la vestibularisation des incisives, comme c'est le cas de notre Groupe 2. Nous avons trouvé une réduction de l'épaisseur de la lèvre inférieure, quoiqu'avec un écart-type deux fois plus important que la réduction elle-même, et donc une grande variabilité de réponses, sans doute liée à d'autres facteurs intrinsèques aux tissus mous.

Pour ce qui concerne la profondeur du sillon labio-mentonnier et, par conséquent, la courbure de la lèvre inférieure, le test *t* de Student a mis en évidence des différences statistiquement significatives entre les deux groupes de patients (*p* < 0,0001). Dans le Groupe 1 (rétraction des incisives), la profondeur du sillon et la courbure de la lèvre ont diminué en moyenne de  $0,94 \pm 1,4$  mm, ce qui implique un aplatissement du profil, quoique de façon très variable. En revanche, dans le Groupe 2 (vestibularisation), une légère augmentation de la courbure labiale moyenne a été notée, quoique ce résultat fût également sujet à des variations importantes ( $0,43 \pm 1,5$  mm). Des résultats similaires ont été trouvés par Mirabella lors d'une étude sur la lèvre supérieure [11].

The vertical length of the lower lip vermilion, on the other hand, i.e. the distance between point *labrale inferius* (Li) and point *stomion inferius* (STOi), exhibited similar behaviour in both groups. Indeed, based on our data, it is impossible to affirm that the variation in this parameter is modified between the two groups in a statistically significant fashion. In contrast, Perkins and Staley, measuring the change in vermilion during orthodontic treatment in adult patients with initial Class I or II occlusion, found that retraction of the incisors leads to a reduction in its vertical dimension [16].

### Multiple linear regression analysis

From these equations, the effect of displacement of the maxillary and mandibular incisors was the same in our two groups as regards the horizontal changes in the lower lip. In fact, a 1 mm horizontal displacement of the upper incisors led to a 0.243 mm shift in point Li of the lower lip, and an identical displacement of the lower incisors yielded a translocation of lower lip point Li of 0.265 mm in the same direction.

Several ratios between incisor movement and consequent soft tissue changes have been reported in the literature, although the majority of authors have focussed on the upper lip and incisors. In fact, studies have reported a mean ratio of upper lip response to maxillary incisor retraction of between 1:2 and 1:2.9, while the corresponding relationship between lower lip and mandibular incisor varies between 1:0.4 and 1:0.59 [5,27,28]. Our data reveal a slightly smaller value (0.243 for the upper incisor and a slightly larger 0.265 for the lower) with respect to the few values reported in the literature. However, it should be emphasized that single values can only be theoretically extrapolated from the linear regression equation.

In fact, in a high-quality orthodontic intervention to obtain correct overjet and overbite the contemporaneous translocation of the upper and lower incisors, as well as the proper canine guide, is required. The global effect of the horizontal incisor displacement on the lower lip should be obtained taking into account the indications provided by the linear regression, and therefore the contribution of the lower incisors and the initial thickness of the lower lip.

The effect of pretreatment thickness of the lower lip on horizontal displacement of the lower lip differed between the two patient Groups. In Group 1, an increase of 1 mm of initial lip thickness led to a very slight increase (0.006 mm) in lingual displacement of the lower lip, although as the contribution of the lower lip to this variable is so small, it can be ignored. In

D'un autre côté, la hauteur verticale du vermillon de la lèvre inférieure, à savoir la distance entre le point *labrale inferius* (Li) et le point *Stomion inferius* (STOi), a présenté des comportements similaires dans les deux groupes. En effet, selon nos données, il est impossible d'affirmer que la variation de ce paramètre entre les deux groupes soit modifiée de façon statistiquement significative. En revanche, Perkins et Staley ont mesuré les changements du vermillon pendant le traitement orthodontique chez des patients adultes avec une occlusion de Classe I ou de Classe II et ont trouvé que la rétraction des incisives provoque une réduction de sa dimension verticale [16].

### Analyse par régression linéaire multiple

Ces équations ont montré pour nos deux groupes que l'impact du déplacement des incisives maxillaires et mandibulaires était le même en ce qui concerne les changements horizontaux de la lèvre inférieure. En effet, un déplacement de 1 mm des incisives supérieures a entraîné un déplacement de 0,243 mm du point Li de la lèvre inférieure alors qu'un déplacement identique des incisives inférieures a provoqué un mouvement de 0,265 mm dans la même direction du point Li de la lèvre inférieure.

La plupart des auteurs se sont penchés sur la relation entre la lèvre et les incisives supérieures. Néanmoins, il existe plusieurs études dans la littérature qui donnent des ratios relatifs au mouvement des incisives et aux modifications des tissus mous. En effet, ces études ont rapporté des ratios moyens de la réponse de la lèvre supérieure par rapport à la rétraction des incisives maxillaires entre 1:2 et 1:2,9 alors que la relation correspondante entre la lèvre inférieure et les incisives mandibulaires varie entre 1:0,4 et 1:0,59 [5,27,28]. Nos données révèlent une valeur légèrement plus faible (0,243 pour les incisives supérieures et légèrement plus grande, 0,265 pour les incisives inférieures) par rapport aux quelques valeurs rapportées dans la littérature. Il faudrait souligner, cependant, que des valeurs uniques ne peuvent être extrapolées que théoriquement à partir de l'équation de régression linéaire.

En effet, pour obtenir des surplombs horizontal et vertical corrects, un traitement orthodontique de qualité est nécessaire, associant le déplacement simultané des incisives supérieures et inférieures et le mouvement contrôlé des canines. L'effet global sur la lèvre inférieure du déplacement horizontal des incisives doit être évalué en tenant compte des indications fournies par la régression linéaire et, par conséquent, de la contribution des incisives inférieures et de l'épaisseur initiale de la lèvre inférieure.

L'impact de l'épaisseur prétraitement de la lèvre inférieure sur le déplacement horizontal de la lèvre inférieure était différent entre les deux groupes de patients. Dans le Groupe 1, une augmentation de 1 mm de l'épaisseur labiale initiale aboutissait à une augmentation très légère (0,006 mm) du déplacement en lingual de la lèvre inférieure, valeur dont il

labial movement, however, the increase in initial lip thicknesses has a far greater effect. Indeed, an increase of one millimetre of this parameter would cause retraction of the lip (or an impediment to anterior displacement) of 0.28 mm. The greater thickness of the lip acts as a shock-absorber or brake following incisor displacement.

For the second dependent variable ( $Y = DLVH$ ), the vertical variation in lower lip vermilion length, a horizontal upper incisor movement (negative since directed lingually) of 1 mm vertically shortened (because the movement was negative) the lower lip vermilion by 0.255 mm in Group 1 patients (orthodontic lingual displacement of the incisors). Also in these patients, an increase in lower facial height of one degree led to an increase of 0.507 mm in the vertical length of the lower lip vermilion.

For the Group 2 patients, 1 mm of horizontal movement (positive) of the upper incisor determined a vertical increase of 0.255 millimetres in lower lip vermilion height. These results are similar to those of Perkins and Staley, who also studied variation in the height of the lower lip vermilion [16]. In Group 2 subjects, the regression line predicts an increase in vermilion height following labial translocation of the upper incisors. We found no data to confirm these results in the literature, as no studies evaluating the effect of labialization of the incisors on vermilion height appear to have been documented.

Also in Group 2 patients, an increase of one degree in lower facial height resulted in a vertical lengthening of 0.507 mm of the lower lip vermilion.

In both groups of patients, an increase in the vertical dimension of lower facial height (mandibular post-rotation) triggered an increase in vertical lip length, in all probability due to a vertical stretching of the soft tissues. In our sample of post-adolescent subjects, the change in skeletal divergence was very modest ( $0.78 \pm 1.44^\circ$  for Group 1 and  $0.66 \pm 1.17^\circ$  for Group 2), indirectly confirming the quality of the orthodontic treatment studied and the control of the vertical dimension during the procedures carried out.

Pre-treatment lower lip thickness had contrasting influences on the vertical variation in lip length between the two groups. A greater initial thickness led to a slight increase in vertical length of the lower lip in patients in whom retraction of the incisors was carried out. In patients subject to labialization of the incisors, a greater lower lip thickness of 1 mm determined a 0.293 mm shortening of the lower lip, and a tendency to vertical lip shortening in general. Hence, in cases of incisor

n'est pas nécessaire de tenir compte étant donné la contribution minimale de la lèvre inférieure à cette variable. En ce qui relève du mouvement labial, cependant, l'augmentation de l'épaisseur initiale de la lèvre a un impact autrement plus important. Effectivement, une augmentation de 1 mm de ce paramètre entraînerait une rétraction de la lèvre (ou constituerait un obstacle au déplacement antérieur) de 0,28 mm. L'épaisseur plus grande de la lèvre agit comme un amortisseur ou un frein à la suite du déplacement des incisives.

Concernant la deuxième variable dépendante ( $Y = DLVH$ ), la variation verticale de la longueur du vermillon de la lèvre inférieure, un mouvement horizontal des incisives supérieures (mouvement négatif puisque orienté en lingual) de 1 mm raccourcissait verticalement (puisque le mouvement était négatif) le vermillon de la lèvre inférieure de 0,255 mm chez les patients du Groupe 1 (déplacement orthodontique lingual des incisives). Par ailleurs, chez ces patients, une augmentation de 1 degré de la hauteur du tiers facial inférieur résultait en une augmentation de 0,507 mm de la longueur verticale du vermillon de la lèvre inférieure.

Chez les patients du Groupe 2, un mouvement horizontal (positif) de 1 mm des incisives supérieures provoquait une augmentation verticale de 0,255 mm de la hauteur du vermillon de la lèvre inférieure. Ces résultats sont similaires à ceux de Perkins et Staley, qui ont également étudié les variations de hauteur du vermillon de la lèvre inférieure [16]. Chez les patients du Groupe 2, la ligne de régression prédit une augmentation de la hauteur du vermillon à la suite du déplacement des incisives supérieures. Nous n'avons pas trouvé de données dans la littérature pour confirmer ces résultats puisqu'aucune étude analysant l'impact de la vestibularisation des incisives sur la hauteur du vermillon ne semble avoir été rapportée.

Également dans le groupe 2, une augmentation de  $1^\circ$  de la hauteur du tiers facial inférieur donnait lieu à un allongement vertical de 0,507 mm du vermillon de la lèvre inférieure.

Dans les deux groupes de patients, une augmentation de la dimension verticale du tiers facial inférieur (rotation mandibulaire postérieure) provoquait une augmentation de la longueur verticale de la lèvre, très probablement due à l'étirement vertical des tissus mous. Dans notre échantillon de sujets post-adolescents, la modification de la divergence squelettique était très faible ( $0,78 \pm 1,44^\circ$  pour le Groupe 1 et  $0,66 \pm 1,17^\circ$  pour le Groupe 2), ce qui confirme indirectement la qualité du traitement orthodontique dans l'étude et le contrôle de la dimension verticale pendant les interventions.

L'épaisseur prétraitement de la lèvre inférieure a eu des impacts contrastés sur la variation verticale de la longueur de la lèvre entre les deux groupes. Une épaisseur initiale plus importante conduisait à une légère augmentation de la longueur verticale de la lèvre inférieure chez les patients qui avait subi une rétraction des incisives. Chez les patients ayant subi une vestibularisation des incisives, une augmentation de l'épaisseur de la lèvre supérieure de 1 mm provoquait un

labialization, a thicker lip produces a smaller vertical dimension of the lip, whose height is also reduced.

For the third dependent variable ( $Y = \text{DL Sulcus Depth}$ ), the effect of the initial lip thickness was the same in both of our patient Groups. A 1-mm increase in this parameter yielded a reduction of 0.258 mm in mentolabial sulcus depth, and therefore a flatter profile. However, horizontal translocation of the lower incisor exerted apparently opposite effects on curvature of the lower lip in the two groups. In fact, in Group 1, characterised by lingualization of the upper incisors, a mean retraction of the lower incisor of  $0.87 \pm 2.26$  mm was recorded, and therefore the movement was, on average, negative, although subject to very great variability which, in some subjects, involved displacement in the opposite direction. One millimeter of lingual (negative) displacement led to a reduction of 0.336 mm in sulcus depth, and therefore a flattening of the profile, whereas labial displacement resulted in a deepening of the mentolabial sulcus. In Group 2 patients, in which the upper incisors were labialized, the lower incisors also moved forwards, with a mean displacement of  $3.56 \pm 1.65$  mm. According to the regression line, 1 mm of forward movement of the lower incisor would determine a slight reduction of 0.039 mm in mentolabial sulcus depth.

Rains and Nanda failed to find a strong correlation between incisor movement and labial changes, and their multiple regression analysis revealed a complex interaction between dentition, bone structure and perioral soft tissues, with the lower lip showing a greater variability with respect to the upper in response to incisor translocation. Furthermore, their regression equation revealed that the change in upper lip sulcus depth had a more direct relationship with retraction of the upper and lower lips with respect to dental movement in the same direction. Moreover, Rains and Nanda reported no correlation between the upper and lower lip and lower incisor displacement [15]. Oliver, on the other hand, found that the correlation coefficients between osseous and aesthetic changes were only significant in thin-lipped subjects [26].

Finally, concerning the change in mentolabial sulcus depth, the proposed model yielded a low coefficient of determination ( $r^2 = 0.37$ ), but does seem to describe the behaviour of the dependent variable in a satisfactory manner, but, in any case, provides precious information for the present study. In fact, the variation in mentolabial sulcus depth, and thus the curvature of the lower lip, were found to be linked to displacement

raccourcissement de 0,293 mm de la lèvre inférieure et une tendance générale au raccourcissement vertical de la lèvre. Ainsi, dans les cas de vestibularisation des incisives, une lèvre plus épaisse diminue la dimension verticale de la lèvre, ainsi que sa hauteur.

Concernant la troisième variable dépendante ( $Y = \text{DL Sulcus Depth}$ ), l'impact de l'épaisseur labiale initiale était le même dans les deux groupes de patients. Une augmentation de 1 mm de ce paramètre produisait une réduction de 0,258 mm de la profondeur du sillon labio-mentonnier, ce qui générait un profil plus plat. Cependant, le déplacement horizontal des incisives inférieures semblait exercer des effets opposés sur la courbure de la lèvre inférieure entre les deux groupes. Effectivement, dans le Groupe 1, caractérisé par la lingualisation des incisives supérieures, une rétraction moyenne des incisives inférieures de  $0,87 \pm 2,26$  mm a été enregistrée. Par conséquent, en moyenne, le mouvement était négatif bien que sujet à des variations très importantes qui, chez certains sujets, aboutissait même à un déplacement dans le sens opposé. 1 mm de déplacement lingual (négatif) donnait lieu à une réduction de 0,336 mm de la profondeur du sillon ainsi qu'à un aplatissement du profil, alors qu'un déplacement vestibulaire résultait en un approfondissement du sillon labio-mentonnier. Dans le Groupe 2, où les patients avaient subi une vestibularisation des incisives supérieures, les incisives inférieures ont également connu une vestibularisation avec un déplacement moyen de  $3,56 \pm 1,65$  mm. D'après la ligne de régression, 1 mm d'avancement des incisives inférieures produirait une légère réduction de 0,039 mm de la profondeur du sillon labio-mentonnier.

Rains et Nanda n'ont pas réussi à trouver une corrélation forte entre le mouvement des incisives et les changements au niveau des lèvres. Leur analyse par régression multiple a révélé une interaction complexe entre la denture, la structure osseuse et les tissus mous péri-oraux. Dans ce contexte, la lèvre inférieure a montré une variabilité plus importante par rapport à la lèvre supérieure en réponse au déplacement des incisives. Par ailleurs, leur équation de régression a révélé que le changement de la profondeur du sillon de la lèvre supérieure avait une relation plus directe avec la rétraction des lèvres supérieure et inférieure par rapport au mouvement des dents dans la même direction. Par ailleurs, Rains et Nanda ont rapporté l'absence de corrélation entre les lèvres supérieure et inférieure et le déplacement des incisives inférieures [15]. Oliver, en revanche, a trouvé que les coefficients de corrélation entre les modifications osseuses et esthétiques n'étaient significatifs que chez les sujets aux lèvres minces [26].

Enfin, en ce qui relève des modifications de la profondeur du sillon labio-mentonnier, le modèle proposé a fourni un coefficient de détermination faible ( $r^2 = 0,37$ ), mais semble néanmoins décrire le comportement de la variable dépendante de manière satisfaisante. Il offre, en tout état de cause, des renseignements précieux dans le cadre de la présente étude. En effet, la variation de la profondeur du sillon

of the lower incisor and the pretreatment thickness of the lower lip.

## Conclusions

We can conclude that:

- the aesthetic result of orthodontic treatment was significantly different between the two study groups as regards the horizontal translocation of the lower lip, modification of the lower lip curvature and variation in upper incisor exposure with respect to the lower lip;
- the multiple linear regression analysis yielded a good coefficient of determination value ( $r^2 = 0.52$ ) for the regression line, which consents prediction of the horizontal dislocation of the lower lip once the horizontal displacement of the upper and lower incisors and the initial thickness of the lower lip are known;
- the multiple linear regression analysis yielded regression lines predictive of the variation in vermilion height and curvature of the lower lip, but the coefficients of determination were low ( $r^2 = 0.25$  and  $r^2 = 0.37$  for the variations in height and curvature, respectively) and it is therefore probable that some relevant aspects were not considered during the study.

It should be noted that there exists great initial individual variability in the quality, position, thickness and dimension of the soft tissues, as well as a considerable variability in tissue response to the treatment.

## Disclosure of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest concerning this article.

### Acknowledgements

The authors thank Dr. Artun J, Dr. Kokich V and Shapiro PA for help with this work.

labio-mentonnier et, par voie de conséquence, de la courbure de la lèvre inférieure, s'est révélée être liée au déplacement des incisives inférieures et à l'épaisseur prétraitement de la lèvre inférieure.

## Conclusions

Nous pouvons conclure que :

- le résultat esthétique du traitement orthodontique était significativement différent entre les deux groupes dans l'étude en ce qui concerne le déplacement horizontal de la lèvre inférieure, la modification de la courbure de la lèvre inférieure et la variation de l'exposition des incisives supérieures par rapport à la lèvre inférieure ;
- l'analyse par régression linéaire multiple a fourni un bon coefficient de détermination ( $r^2 = 0,52$ ) en ce qui concerne la ligne de régression, permettant ainsi de prédire la modification horizontale de la lèvre inférieure une fois connus le déplacement horizontal des incisives supérieures et inférieures et l'épaisseur initiale de la lèvre inférieure ;
- l'analyse par régression linéaire multiple a fourni des lignes de régression prédictives de la variation de la hauteur du vermillon et de la courbure de la lèvre inférieure. Cependant, les coefficients de détermination étaient faibles ( $r^2 = 0,25$  et  $r^2 = 0,37$ , respectivement, pour les variations de hauteur et de courbure). Il est probable, donc, que certains aspects pertinents n'ont pas été pris en considération dans notre étude. Il est à noter qu'il existe une importante variabilité individuelle initiale en ce qui relève de la qualité, de la position, de l'épaisseur et de la dimension des tissus mous, ainsi qu'une grande variabilité de la réponse tissulaire.

## Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

### Remerciements

Tous nos remerciements aux Dr Artun J, Dr Kokich V et Shapiro PA pour l'aide qu'ils nous ont apportée.

## References/Références

1. Bowman SJ. More than lip service: facial esthetics in orthodontics. *J Am Dent Assoc* 1999;130:1173–81.
2. Prah-Andersen B, Ligthelm-Bakker, Wattel E, Nanda R. Adolescent growth changes in soft tissue profile. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;107:476–83.
3. Zylinski CG, Nanda RS, Kapila S. Analysis of soft tissue facial profile in white males. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;101:514–8.
4. Bloom LA. Perioral profile changes in orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1969;47:371–9.

5. Rudee DA. Proportional profile changes concurrent with orthodontic therapy. *Am J Orthod* 1964;50:421–34.
6. Garner LD. Soft tissue changes concurrent with orthodontic tooth movement. *Am J Orthod* 1974;66:367–77.
7. Riedel RA. Esthetics and its relation to orthodontic therapy. *Angle Orthod* 1950;20:168–78.
8. Angelle PL. A cephalometric study of soft tissue changes during and after orthodontic treatment. *Trans Eur Orthod Soc* 1973;49:267–80.
9. Hershey HG. Incisor tooth retraction and subsequent profile change in postadolescent female patients. *Am J Orthod* 1972;61:45–54.
10. Burstone CT. The integumental profile. *Am J Orthod* 1958;44:1–25.
11. Mirabella D, Bacconi S, Gracco A, Lombardo L, Siciliani G. Patients. *World J Orthod* 2008;9(4):337–48.
12. Park S, Kudlick EM, Abrahamian A. Vertical dimensional changes of the lips in the North American black patient after four first-premolar extraction. *Am J Orthod* 1989;96:152–60.
13. Talass MF, Talass L, Baker RC. Soft-tissue profile changes resulting from retraction of maxillary incisors. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1987;91:385–94.
14. Bishara SE, Cummins DM, Jakobsen JR, Zaher AR. Dentofacial and soft tissue changes in class II, division I cases treated with and without extractions. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995;107:28–37.
15. Rains MD, Nanda R. Soft-tissue changes associated with maxillary incisor retraction. *Am J Orthod* 1982;81(6):481–8.
16. Perkins RA, Staley RN. Change in lip vermilion height during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1993;103:147–54.
17. Dahlberg G. Statistical methods for medical and biological students. George Allen and Unwin Ltd, London, p. 122–32 1940.
18. Kocadereli I. Changes in soft tissue profile after orthodontic treatment with and without extractions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122:67–72.
19. Zierhut EC, Joondeph DR, Artun J, Little RM. Long-term profile changes associated with successfully treated extraction and nonextraction Class II Division I malocclusions. *Angle Orthod* 2000;70(3):208–19.
20. Moseling KP, Woods MG. Lip curve changes in females with premolar extraction or nonextraction treatment. *Angle Orthod* 2004;74:51–62.
21. Lai J, Ghosh J, Nanda RS. Effects of orthodontic therapy on the facial profile in long and short vertical facial patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:505–13.
22. Jacobs JD. Vertical lip changes from maxillary incisor retraction. *Am J Orthod* 1978;74:396–404.
23. Finnoy JP, Wisth PJ, Boe OE. Changes in soft tissue profile during and after orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 1987;9:68–78.
24. Ricketts RM. Esthetics, environment, and the law of lip relation. *Am J Orthod* 1968;54:272–89.
25. Anderson JP, Joondeph DR, Turpin DL. A cephalometric study of profile changes in orthodontically treated cases ten years out of retention. *Angle Orthod* 1973;43:324–36.
26. Oliver BM. The influence of lip thickness and strain on upper lip response to incisor retraction. *Am J Orthod* 1982;82(2):141–9.
27. Roos N. Soft tissue profile changes in Class II treatment. *Am J Orthod* 1977;72:165–75.
28. Wisth PJ. Soft tissue response to upper incisor retraction in boys. *Br J Orthod* 1974;1:199–204.