

Upper incisor intrusion: An anatomical analysis via CBCT

Ingression des incisives supérieures : une analyse anatomique à l'aide de CBCT

Antonio GRACCO^{a,*}, Stefano GEMELLI^b, Luca LOMBARDO^a, Giuseppe SICILIANI^a

^aUniversity of Ferrara, Via Montebello 31, 44100 Ferrara, Italy

^b45100 Adige 24, Granzette, Rovigo, Italy

Available online: 29 April 2011 / Disponible en ligne : 29 avril 2011

Summary

Objective: To verify, via CBCT, the existence of a definable distance for bodily intrusion of maxillary incisors, and its correlation to age, sex and/or facial biotype.

Materials and methods: The sample consisted of sagittal sections obtained from 79 CBCTs of 220 maxillary incisors correctly aligned on their osseous base (maxillary plane/long axis between 105° and 115°). The same sagittal sections were then used to measure the distance between the root apex and upper internal cortical bone of the jaw at each incisor, along the extension of the long axis. The patient sample was divided into three distinct subgroups based on the degree of divergence; it was also subdivided by gender and by age.

Results: The mean distances between the apex and upper internal cortical bone were higher than 5 mm for the four maxillary incisors. Statistically significant differences were evidenced between the two age groups in the means measured for the right lateral incisor, left central and lateral incisor. The mean of the distance measured for the right lateral incisor in the hyperdivergent patients was significantly greater with respect to that of the hypodivergent patients.

Conclusion: The CBCT data obtained permitted identification of the alveolar anatomy and quantification of the intrusion possible. In the older age group, potential intrusion was significantly greater for teeth 12, 21 and 22. Furthermore, a directly

Résumé

Objectif : Vérifier à l'aide de la tomographie à faisceau conique (CBCT) l'existence d'une distance quantifiable permettant l'ingression axiale des incisives maxillaires, de même que sa corrélation avec l'âge, le sexe et/ou le biotype facial du patient.

Matériels et méthodes : L'échantillon consistait en des coupes sagittales obtenues à partir de 79 CBCT de 220 incisives maxillaires correctement alignées sur leur base osseuse (plan maxillaire/axe long entre 105° et 115°). Ensuite, les mêmes coupes sagittales ont été utilisées pour mesurer la distance entre l'apex et la corticale supéro-interne de la mâchoire au niveau de chaque incisive, dans le prolongement du grand axe. La cohorte de patients a été divisée en trois sous-groupes distincts en fonction de leur type de divergence ; elle a également été subdivisée en fonction du sexe et de l'âge des patients.

Résultats : Les distances moyennes entre l'apex et le cortex interne supérieur étaient supérieures à 5 mm pour les quatre incisives maxillaires. Des différences statistiquement significatives ont été observées entre les deux groupes d'âge pour les mesures moyennes de l'incisive latérale droite ainsi que des incisives centrale et latérale gauches. La distance moyenne relevée pour la latérale droite chez les patients hyperdivergents était significativement plus élevée que chez les hypodivergents.

Conclusion : Les données CBCT ont permis d'identifier l'anatomie alvéolaire et de quantifier la longueur possible de l'ingression. Chez les patients du groupe plus âgé, le potentiel d'ingression était significativement plus élevé pour les 12, 21

*Correspondence and reprints / Correspondance et tirés à part.
e-mail address / Adresse e-mail : antoniogracco@gmail.com (Antonio Gracco)

proportional relationship between the measurements pertaining to each tooth in a single patient was noted.

© 2011 CEO. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved

Key-words

- Maxillary incisors.
- Intrusion.
- CBCT.

Introduction

While upper incisor intrusion is one of the most common movements required during orthodontic treatment, it is also one of the most difficult to achieve and to measure. Intrusion, the movement of a tooth along its long axis (LA) in an apical direction I, is exploited in the upper frontal group to correct deep bite in hyperdivergent and Class II patients in which mandibular growth has ceased [1]; to compensate for over-eruption of the upper incisors in cases of gummy smile; to facilitate restorative therapy of uneven gingival margins and abraded incisal edges [2,3]; and to accompany periodontal surgery in treatment of migration and extrusion of the incisors due to periodontal disease [4,5].

The orthodontic mechanics proposed to perform upper incisor intrusion are numerous, including techniques utilizing modelled continuous archwires with accentuated Spee curves [6], intrusion loops [7] and utility archwires [8], as well as intrusion wires according to the Burstone technique [1]. Furthermore, techniques using aligners [9], sectional wires and skeletal anchorage [10] have also recently been described.

All of the above techniques have their advantages and disadvantages, but their main limitations are the undesirable application of force to the crowns of the teeth and problematic anchorage control. The intrusive force applied has a vector of direction distant from the centre of resistance (CR) of the tooth and determine a moment which, in addition to intruding the tooth, cause inclination of its axis. Moreover, the reaction force generated during intrusion tends to generate extrusive forces and undesirable moments on the rest of the arch, which can be counteracted via extraoral support or skeletal anchorage.

Thus, in clinical practice, intrusion is achieved partly via 'pure' intrusion, partly via pseudo-intrusion (due to inclination of the tooth), and partly by relative intrusion (extrusion of the adjacent teeth). It is therefore particularly difficult to verify whether 'pure' intrusion has occurred using clinical examination and/or telerradiogram superimposition alone, although a recent review of the relevant literature [11]

et 22. Par ailleurs, on a observé, chez un patient donné, une relation directement proportionnelle entre les mesures relatives à chaque dent.

© 2011 CEO. Édité par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

Mots-clés

- Incisives maxillaires.
- Ingression.
- CBCT.

Introduction

Si l'ingression des incisives supérieures constitue l'un des mouvements les plus fréquents lors d'un traitement orthodontique, elle est également l'une des plus difficiles à réussir et à quantifier. L'ingression, le mouvement d'une dent sur son grand axe (LA) dans une direction apicale, est réalisée pour les incisives supérieures afin de (1) corriger une supraclusion chez des patients hyperdivergents et en Classe II n'ayant plus de potentiel de croissance mandibulaire [1] ; (2) compenser la supraclusion des incisives supérieures en présence d'un sourire gingival ; (3) faciliter la restauration de crêtes gingivales irrégulières et de bords incisifs usés [2,3] ; elle peut être également associée à la chirurgie lors de traitements de migration et d'égression des incisives à la suite d'une pathologie parodontale [4,5].

Il existe de nombreuses mécaniques pour la réalisation d'une ingression des incisives supérieures. Parmi elles, les techniques faisant appel aux fils à mémoire de forme avec des courbes de Spee accentuées [6], aux boucles d'ingression [7], aux arcs de base [8], ainsi qu'aux fils d'ingression de la technique de Burstone [1]. Par ailleurs, des techniques utilisant des aligneurs [9] et des fils segmentaires associés à un ancrage squelettique [10] ont récemment été rapportées.

Toutes ces techniques ont leurs avantages et leurs inconvénients. Leurs principales limitations, cependant, relèvent de l'application d'une force indésirable au niveau des couronnes dentaires et des difficultés à contrôler l'ancrage. La force d'ingression appliquée a un vecteur de direction éloigné du centre de résistance (CR) de la dent et détermine un moment qui, outre l'ingression de la dent, provoque l'inclinaison de son axe. De plus, la force de réaction générée lors de l'ingression a tendance à engendrer des forces égressives et des moments indésirables partout ailleurs sur l'arcade, ce qui peut être pallié à l'aide d'un support extra-oral ou d'un ancrage squelettique. Ainsi, dans notre pratique clinique, l'ingression est réalisée en partie par une ingression « pure », en partie par une pseudo-ingression (due à l'inclinaison des dents), et en partie par une ingression relative (égression des dents voisines). Par conséquent, il est particulièrement difficile de vérifier, à l'aide d'un examen clinique et/ou de superpositions télerradiographiques seules, si une ingression « pure » a été

suggested that the Burstone technique is the most efficacious, determining a mean intrusion of 1.46 mm (1.05 to 1.86 mm).

Recently, the introduction and rapid diffusion of cone-beam computed tomography (CBCT), has led to the possibility of more precision in the identification of anatomical reference points [12], and consequently more accurate measurement [13] with respect to traditional radiographic techniques.

The aim of the present study was to verify, via CBCT, the existence of a definable distance for bodily intrusion of incisors correctly aligned on the maxillary base, and whether such a distance can be correlated to age, sex and/or facial biotype.

Materials and methods

In order to conduct the study, CBCTs of 79 patients were selected according to the following inclusion criteria:

- an age of over 11 years;
- no previous or ongoing orthodontic treatment;
- no previous facial trauma or cranial malformation;
- clear and easy-to-read radiographic images.

The final sample consisted of CBCTs from 29 males and 50 females; the mean age of these patients was 19.4 years.

Cone-beam tomography was performed using a NewTom 3G Volume Scanner QR Sr1, Verona, and a secondary reconstruction of each digital volumetric tomogram was obtained with the aid of NNT NewTom 3G software. The data obtained from each CBCT was then used to determine the axial plane (*fig. 1*), which was in turn employed to obtain an axial section showing the incisor canals (*fig. 2*). Subsequently, a section passing

obtenue, et ce, bien qu'une revue récente de la littérature pertinente [11] suggère que la technique de Burstone, réalisant une ingression moyenne de 1,46 mm (1,05 à 1,86 mm), soit la méthode la plus efficace.

Récemment, l'introduction et l'adoption rapide de la tomographie à faisceau conique (CBCT en anglais) permettent plus de précision dans l'identification des points de référence anatomiques [12], et par conséquent des mesures plus précises [13] au niveau des techniques traditionnelles de radiographie. L'objectif de l'étude présente était de vérifier, à l'aide de la CBCT, l'existence d'une distance quantifiable permettant l'ingression axiale d'incisives correctement alignées sur leur base maxillaire et de déterminer si une telle distance pourrait être corrélée à l'âge, au sexe et/ou au biotype facial du patient.

Matériels et méthodes

Dans le cadre de l'étude, 79 CBCT de patients ont été sélectionnées selon les critères d'inclusion suivants :

- patient âgé de plus de 11 ans ;
- aucun traitement orthodontique préalable ou en cours ;
- aucun traumatisme facial ou malformation crânienne ;
- images radiographiques nettes et faciles à interpréter.

L'échantillon final consistait en CBCT provenant de 29 patients hommes et de 50 patientes femmes ; âge moyen : 19,4 ans.

La tomographie à faisceau conique a été réalisée utilisant un NewTom 3G Volume Scanner QR Sr1, Vérone ; une reconstruction secondaire de chaque vue de tomographie volumétrique numérique a été obtenue à l'aide du logiciel NNT NewTom 3G. Puis, les données obtenues de chaque CBCT ont été exploitées pour déterminer le plan axial (*fig. 1*) qui, à son tour, a été utilisé pour obtenir une coupe axiale montrant

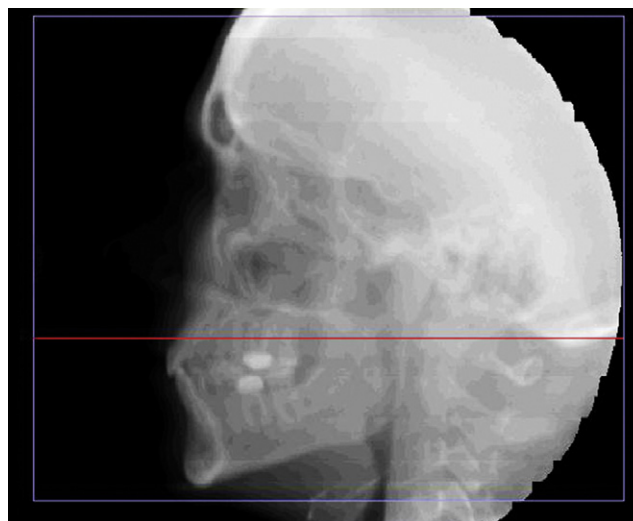


Fig. 1: Identification of axial plane.

Fig. 1 : Identification du plan axial.

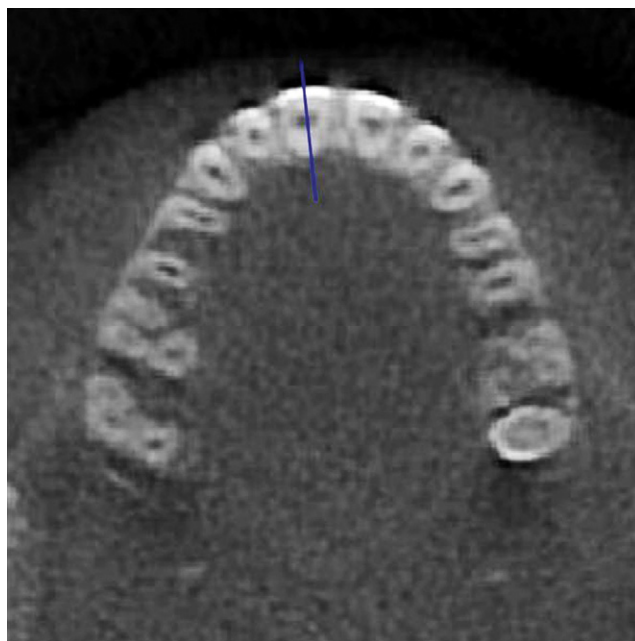


Fig. 2: Axial section with identification of vestibular-palatal axis of tooth 11.

Fig. 2 : Coupe axiale avec identification de l'axe vestibulo-palatin de la 11.

through the palatal axis of each patient was acquired (*fig. 3*). On sagittal sections corresponding to the central axis of each incisor, the inclination of the four upper incisors of each patient was measured with respect to the maxillary plane (MP), determining the LA of the tooth, the MP and the angle between the two.

Of the 316 selected incisors, 96 were excluded from the study due to an angle of less than 105° or greater than 115° between the LA and the MP. Thus, the following teeth were analysed:

- 53 right lateral incisors;
- 53 right central incisors;
- 59 left central incisors;
- 55 left lateral incisors, giving a total of 220 teeth correctly aligned on their osseous base (MP/LA between 105° and 115°).

The same sagittal sections were then used to measure the distance between the root apex and upper internal cortical bone of the jaw at each incisor, along the extension of the LA; this line represents the path the tooth would take to effect bodily intrusion (*fig. 4*).

A sagittal image, which permitted correct identification of the Frankfurt and mandibular planes, was obtained from the study data, and was subsequently used to perform cephalometric tracing according to Tweed's diagnostic triangle, with the aid of Dolphin Imaging 10.5 software.

les canaux incisifs (*fig. 2*). Ensuite, nous avons obtenu une coupe traversant l'axe palatin de chaque patient (*fig. 3*). Sur des coupes sagittales correspondant à l'axe central de chaque incisive, nous avons mesuré pour chaque patient l'inclinaison des quatre incisives supérieures par rapport au plan maxillaire (MP), déterminant ainsi le LA de la dent, le MP et l'angle qu'ils forment.

Sur les 316 incisives sélectionnées, 96 ont été exclues de l'étude à cause d'un angle inférieur à 105° ou supérieur à 115° entre le LA et le MP. Ainsi, les incisives suivantes ont été analysées :

- 53 latérales droites ;
- 53 centrales droites ;
- 59 centrales gauches ;
- 55 latérales gauches, soit un total de 220 dents correctement alignées sur leurs bases osseuses (MP/LA entre 105° et 115°).

Ensuite, les mêmes coupes sagittales ont été utilisées pour calculer la distance entre l'apex et la corticale supéro-interne du maxillaire au niveau de chaque incisive le long du LA ; cette ligne représente le tracé qu'emprunterait la dent en effectuant une intrusion axiale (*fig. 4*).

Une image sagittale obtenue à partir des données de l'étude permettait d'identifier correctement le plan de Francfort et le plan mandibulaire. Elle était ensuite utilisée pour réaliser un tracé céphalométrique selon le triangle diagnostique de Tweed, à l'aide du logiciel Dolphin Imaging 10.5.



Fig. 3: Sagittal section used for measurement.

Fig. 3 : Coupe sagittale utilisée pour faire les mesures.

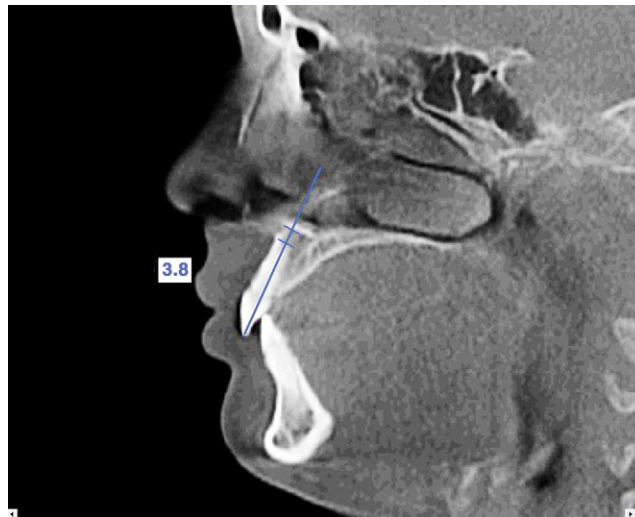


Fig. 4: Example of measurement on tooth 11.

Fig. 4 : Exemple d'une prise de mesure sur la 11.

The patient sample was then divided into three distinct sub-groups based on the degree of divergence: 23 hypodivergent ($FMA < 22^\circ$), 27 normodivergent ($22 < FMA < 28^\circ$) and 29 hyperdivergent ($FMA > 28^\circ$) patients.

The sample was also subdivided by gender: the female group composed of 50 subjects and the male group of 29 subjects. Moreover, two age groups were created: Group 1 comprising 53 subjects aged less than 20, and Group 2 made up of 26 over-twenty-year-olds.

L'échantillon de patients a ensuite été divisé en trois sous-groupes distincts selon leur type de divergence : 23 patients étaient hypodivergents ($FMA < 22^\circ$), 27 normodivergents ($22 < FMA < 28^\circ$) et 29 hyperdivergents ($FMA > 28^\circ$).

L'échantillon a également été subdivisé selon le sexe : le groupe féminin comprenait 50 sujets et le groupe masculin 29 sujets. Par ailleurs, deux groupes ont été créés en fonction de l'âge des patients avec, dans le groupe 1, 53 sujets âgés de moins de 20 ans et, dans le groupe 2, 26 patients âgés de plus de 20 ans.

Statistical analysis

The mean values and standard deviations were calculated for each tooth, and Fisher's F Anova was employed to verify whether the factors of age, gender or divergence had a statistically significant influence on the central tendency (mean) of the measurements taken for each tooth. Results are expressed as mean \pm standard deviation. Fisher's post hoc test was applied in order to identify which principal effects yielded a statistical significance and Anova F for repeated measures to compare the central tendencies (means) among the four teeth. Pearson's r coefficient was calculated so as to analyse the proportional relationship between the four incisors: this analysis was applied to the single data points along the four measurements ($n = 27$).

Results

The mean values of the measurements taken for the four incisors and the relative standard deviations are reported in **Table I**. A mean distance of 5.43 ± 2.95 mm was measured between the apex and upper internal cortical bone of the right lateral incisor (12); 5.28 ± 5.28 mm for the right central incisor (11); 5.18 ± 2.5 mm for the left central incisor (21) and 5.7 ± 2.56 mm for the left lateral incisor (22).

The results of Fisher's F Anova performed on the right lateral incisor (**Table II**) reveal statistically significant differences between the central tendencies of the two age groups and states of divergence.

The post hoc test demonstrated that the mean of the distance measured in the hyperdivergent patients was significantly greater with respect to that of the hypodivergent patients (**Table III**).

No significant difference was evidenced between the various groups in the means measured for the upper right central incisor, although a significant difference was noted between the values for the two age groups in the upper left central and lateral incisors (**Tables IV and V**).

Correlation analysis, according to Pearson's r correlation coefficient, was performed on the $n = 27$ measurements taken for all four incisors in each patient. The results shown in **Table VI**

Table I

Mean values of each incisor.

Tooth/Dent	Number/Nombre	Mean/Moyenne	Standard deviation/Écart-type
12	53	5.43962	2.954679
11	54	5.285185	2.760736
21	59	5.189831	2.506041

Analyse statistique

Les valeurs moyennes et les écarts-types ont été calculés pour chaque dent et l'Anova F de Fisher a été utilisé pour vérifier si l'âge, le sexe et le type de divergence avaient un impact statistiquement significatif sur la tendance centrale (moyenne) des mesures relevées pour chaque dent. Les résultats sont exprimés sous la forme d'écarts-types \pm moyens. Un test de Fisher post hoc a été appliqué pour identifier les effets principaux fournissant des résultats statistiquement significatifs et l'Anova F pour des mesures répétées afin de comparer les tendances centrales (moyennes) parmi les quatre dents. Le coefficient r de Pearson a été calculé afin d'analyser la relation proportionnelle entre les quatre incisives ; cette analyse a été appliquée aux données de chaque point sur les quatre mesures ($n = 27$).

Résultats

Les valeurs moyennes des mesures relevées sur les quatre incisives de même que les écarts-types relatifs sont donnés dans le **Tableau I**. Une distance moyenne de $5,43 \pm 2,95$ mm a été relevée entre la corticale supéro-interne et l'apex de l'incisive latérale droite (12), $5,28 \pm 5,28$ mm pour la centrale droite (11), $5,18 \pm 2,5$ mm pour la centrale gauche (21) et $5,7 \pm 2,56$ mm pour la latérale gauche (22).

Les résultats de l'Anova F de Fisher réalisé sur la latérale droite (**Tableau II**) révèlent des différences statistiquement significatives entre les tendances centrales des deux groupes d'âge et les différents types de divergence.

Le test post hoc a montré que la moyenne de la distance relevée chez les patients hyperdivergents était significativement plus importante que chez les patients hypodivergents (**Tableau III**).

Aucune différence significative n'a été relevée entre les différents groupes en ce qui concerne les moyennes mesurées pour l'incisive centrale supérieure droite bien qu'une différence significative ait été observée entre les valeurs des deux groupes d'âge relatives à la centrale supérieure gauche et aux incisives latérales (**Tableaux IV et V**).

L'analyse de corrélation selon le coefficient de corrélation r de Pearson a été effectuée sur les $n = 27$ mesures relevées pour les quatre incisives chez chaque patient. Les résultats

Tableau I

Valeurs moyennes de chaque incisive.

Table IIAnova F test for right lateral incisor ($P = 0.05$).

Parameters/ <i>Paramètres</i>	Univariate significance test for right lateral incisor (12). Sigma-restricted parameterisation/ <i>Test de significativité univariée de l'incisive latérale droite (12). Paramétrisation sigma-restreint</i>				
	SS	Degrees of freedom/ <i>Degrés de liberté</i>	MS	F	<i>P/p</i>
Age/ <i>Âge</i>	100.025	1	100.025	15.3159	0.000286
Gender/ <i>Sexe</i>	1.160	1	1.160	0.1776	0.675332
Divergence	64.278	2	32.139	4.9212	0.011373
Error/ <i>Erreur</i>	313.477	48	6.531		

SS: sum of squares, MS: mean of squares.

SS : somme des carrés ; MS : moyenne des carrés.

Table IIIPost hoc test to determine the significance of divergence on tooth 12 ($P = 0.05$).

LSD Test; tooth 12 variable. Probability for post hoc test/Test LSD ; variable pour la 12. Probabilité du test post hoc				
	Divergence	(1) 6,4591	(2) 4,9133	(3) 4,5312
1	Hyperdivergent		0,077127	0,026087
2	Normodivergent	0,077127		0,679259
3	Hypodivergent	0,026087	0,679259	

Tableau IITest Anova F sur l'incisive latérale droite ($p = 0,05$).**Tableau III**Test post hoc pour déterminer la significativité de la divergence de la 12 ($p = 0,05$).**Table IV**

F Anova for left central incisor (21).

Parameters/ <i>Paramètres</i>	Univariate significance test for left central incisor (21). Sigma-restricted parameterisation/ <i>Test de significativité univariée sur l'incisive centrale gauche (21). Paramétrisation sigma-restreint</i>				
	SS	Degrees of Freedom/ <i>Degrés de liberté</i>	MS	F	<i>P/p</i>
Age/ <i>Âge</i>	34.508	1	34.508	6.0226	0.017379
Gender/ <i>Sexe</i>	9.848	1	9.848	1.7187	0.195404
Divergence	24.589	2	12.295	2.1457	0.126854
Error/ <i>Erreur</i>	309.409	54	5.730		

SS: sum of squares, MS: mean of squares.

SS : somme des carrés ; MS : moyenne des carrés.

indicate that all of these measurements were significantly intercorrelated (positive correlation). Thus, there is a significant directly proportional relationship between the incisor measurements taken in each patient.

Tableau IV

Test Anova F sur l'incisive centrale gauche (21).

répertoriés dans le **Tableau VI** montrent que toutes ces mesures étaient significativement intercorrélées (corrélation positive). Ainsi, il existe une relation directement proportionnelle significative entre les mesures des incisives relevées chez chaque patient.

Table V

F Anova for left lateral incisor (22).

Parameters/ <i>Paramètres</i>	Univariate significance test for left lateral incisor (22). Sigma-restricted parameterisation/ <i>Test de significativité univariée sur l'incisive latérale gauche (22). Paramétrisation sigma-restreint</i>				
	SS	Degrees of Freedom/ <i>Degrés de liberté</i>	MS	F	<i>P/p</i>
Age/ <i>Âge</i>	57.515	1	57.515	11.4447	0.001385
Gender/ <i>Sexe</i>	6.462	1	6.462	1.2858	0.262126
Divergence	24.449	2	12.225	2.4326	0.097938
Error/ <i>Erreur</i>	256.298	51	5.025		

Tableau V

Test Anova F sur l'incisive latérale gauche (22).

Table VI

Correlation analysis.

Tooth/ <i>Dent</i>	Correlation. Correlations deemed significant at <i>P</i> values < 0.05000. <i>n</i> = 27/ <i>Corrélation. Correlations jugées significatives pour des valeurs de p < 0,05000. n = 27</i>			
	12	11	21	22
12	1.0000 <i>P</i> = —	0.7075 <i>P</i> = 0.000	0.7773 <i>P</i> = 0.000	0.9529 <i>P</i> = 0.000
11	0.7075 <i>P</i> = 0.000	1.0000 <i>P</i> = —	0.9464 <i>P</i> = 0.000	0.7260 <i>P</i> = 0.000
21	0.7773 <i>P</i> = 0.000	0.9464 <i>P</i> = 0.000	1.0000 <i>P</i> = —	0.7834 <i>P</i> = 0.000
22	0.9529 <i>P</i> = 0.000	0.7260 <i>P</i> = 0.000	0.7834 <i>P</i> = 0.000	1.0000 <i>P</i> = —

Tableau VI

Analyse de corrélation.

Discussion

Our study considered the distance between the apex of the incisors and the internal cortical bone of the palate measured along a line corresponding to the LA of the tooth, i.e. the apical-coronal axis of the tooth, an indicator of the anatomical space available to the incisor for a pure intrusive movement. The hypothetical limitation of this movement is the internal margin of the upper cortical bone of the maxillary palatal process. In fact, cortical bone is known for its density and compactness, characteristics that can impede and even prevent dental movement [14–16]. In particular, according to several authors, contact of the root apex and the cortical bone should be avoided during orthodontic treatment as it is strongly correlated with root resorption [17,18].

Discussion

Notre étude s'est portée sur la distance entre l'apex des incisives et la corticale interne du palais mesurée sur une ligne correspondant au LA de la dent, à savoir, l'axe apico-coronaire, ce qui nous donne une indication sur l'espace anatomique disponible pour réaliser l'ingression pure d'une incisive. La limite hypothétique de ce mouvement est le rebord interne de la corticale supérieure de l'apophyse palatine du maxillaire. En effet, la corticale osseuse est connue pour sa densité et sa compacité, caractéristiques qui peuvent gêner et même empêcher le mouvement dentaire [14–16].

Our study examined only correctly inclined upper incisors in order that only a 'pure' intrusive movement be considered, i.e. that which occurs along the apical-incisal axis of the tooth. The widely accepted reference values considered were those proposed by McLaughlin: an angle between dental axis and MP of between 105° and 115°.

The results of this study on untreated patients seem to confirm the existence, on average, of a distance sufficient for 'pure' intrusion of the incisors (*fig. 4*). In fact, the mean of the values calculated for each tooth was found to be greater than that the maximum clinical intrusion reported in a recent review of the literature [11].

In analysis of each age group, measurement of distance for achievable intrusion in Group 2, that is patients of over 20 years of age, was found to be significantly higher for three out of the four teeth considered. Furthermore, an analogous tendency, albeit not statistically significant, was also noted for the right central incisor. This finding may be explained and supported by data from the literature regarding modification of the upper anterior alveolar height [19–21].

Facial biotype was only demonstrated to be significantly correlated to intrusion measurement in tooth 12: the value for the

En particulier, selon plusieurs auteurs, tout contact entre l'apex et la corticale osseuse doit être évité pendant le traitement orthodontique puisqu'il existe une corrélation forte avec la résorption radiculaire [17,18]. Notre étude s'est focalisée exclusivement sur des incisives supérieures correctement inclinées afin de nous permettre de nous concentrer uniquement sur le mouvement d'ingression « pure », c'est-à-dire, celui qui se produit le long du LA de la dent. Les valeurs de référence largement acceptées que nous avons retenues étaient celles proposées par McLaughlin : un angle axe dentaire–MP compris entre 105° et 115°.

Les résultats de cette étude sur des patients non-traités semblent confirmer l'existence, en moyenne, d'une distance suffisante pour permettre une ingression « pure » des incisives (*fig. 4*). En effet, la moyenne des valeurs calculées pour chaque dent s'est avérée plus importante que l'ingression clinique maximale rapportée dans une revue récente de la littérature [11].

Dans l'analyse par groupe d'âge, la distance disponible pour une ingression éventuelle dans le groupe 2, c'est-à-dire les patients ayant plus de 20 ans, était beaucoup plus importante pour trois des quatre dents étudiées. Par ailleurs, une tendance analogue, quoique non significative du point de vue statistique, a été observée pour la centrale droite. Ce résultat s'explique et est confirmé par les données dans la littérature concernant les modifications de la hauteur alvéolaire antérieure du maxillaire [19–21].

Les résultats ont montré que le biotype facial ne se trouvait en corrélation significative avec la distance d'ingression que pour

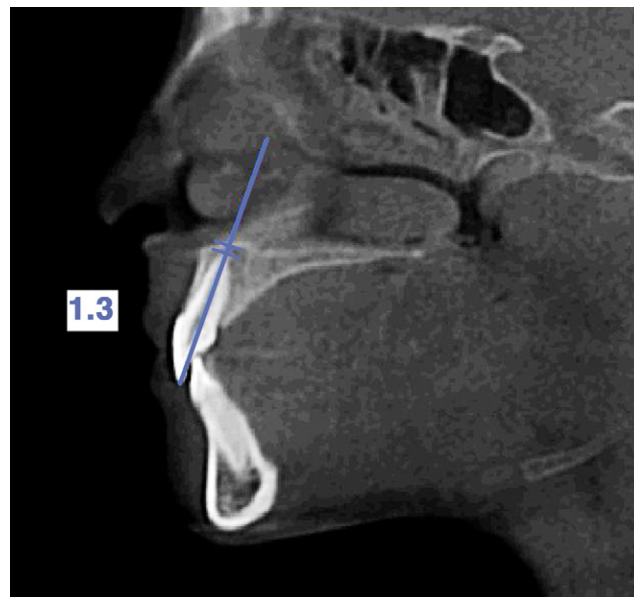


Fig. 5: Maximum space available for intrusion of tooth 11 is only 1.3 mm in this hypodivergent patient.

Fig. 5 : L'espace maximal disponible pour l'ingression de la 11 n'est que de 1,3 mm chez ce patient hypodivergent.

hypodivergent group was significantly lower with respect to that of the hyperdivergent subjects (*fig. 5*). The other incisors analysed showed the same tendency, despite the fact that their values were not statistically significant; it is plausible that these values could acquire statistical significance in a larger sample. The correlation between divergence and intrusion

la 12 : cette valeur pour le groupe des patients hypodivergents était significativement moins élevée que chez les sujets hyperdivergents (*fig. 5*). Les autres incisives étudiées ont montré une tendance similaire malgré le fait que leurs valeurs n'étaient pas statistiquement significatives. Il est possible que ces valeurs puissent atteindre la significativité statistique

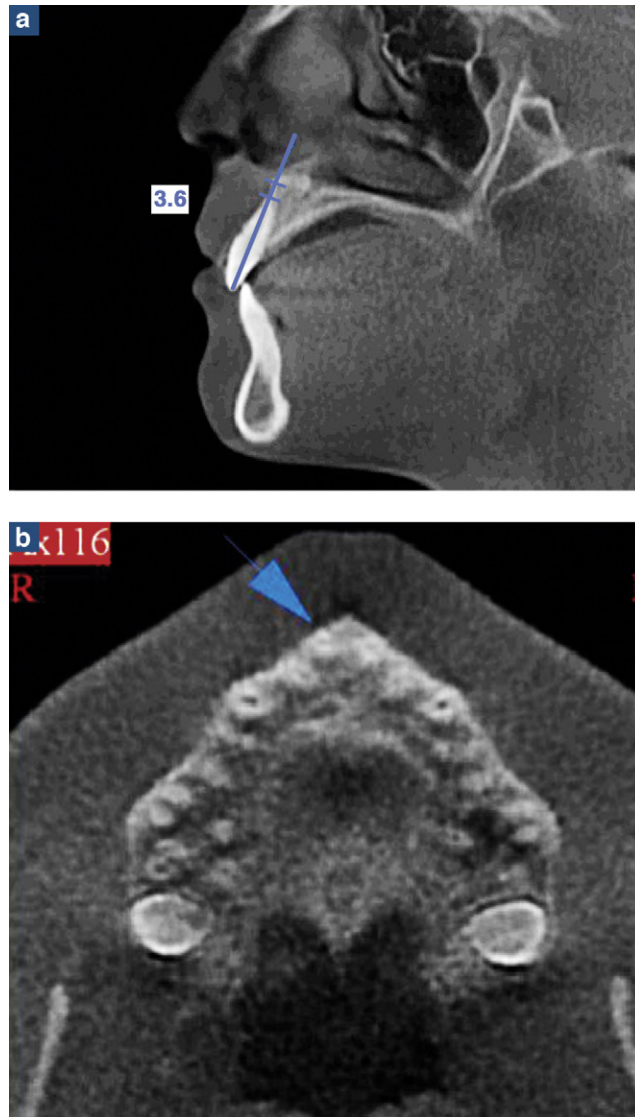


Fig. 6: a,b: in this case, bodily intrusion of the tooth, despite its correct inclination, is obstructed by the vestibular cortical bone, and extrusion from the alveolus is a risk. The coronal section also illustrates the vicinity of the apex to the vestibular cortical bone.

Fig. 6 : a,b : Dans ce cas et malgré sa bonne inclinaison, l'ingression axiale de la dent est contrariée par la corticale osseuse vestibulaire. La dent risque de sortir de l'alvéole. La section coronaire montre également la proximité de l'apex avec la corticale vestibulaire.

measurement may be explained by the hypothesis that in hyperdivergent subjects, with a prevalently vertical skeletal growth and consequent tendency to open-bite, alveolar growth acts to compensate for skeletal disharmony and contribute to maintenance of incisal contact. Hence, alveolar growth seems to be correlated to a descent of the incisors, which, if unaffected by other factors (dysfunction, bad habits, sagittal skeletal discrepancies, etc.), occurs to maintain a correct inclination of the tooth with respect to the basal bone. No gender difference was noted in any of the four incisors.

Analysis of the correlations performed on 27 patients in whom the values were calculated for all four teeth showed that the four incisors of each patient are related in a proportional manner. It is therefore logical to expect the high values of one incisor to correspond to high values of the other three. Moreover, the directly proportional relationship was more accentuated if pairs of analogous teeth are considered.

From the data obtained, it emerges that the values relative to age, gender and skeletal divergence only provide indicative information about the availability of space for the incisors. Analysis of sagittal sections obtained via CBCT did however furnish useful information regarding each single patient, giving a clear picture of the alveolar anatomy in function of the planned orthodontic movements, and highlighting borderline cases in which such mechanics are inadvisable (*figs. 5–8*).

avec un échantillon plus important. La corrélation entre la divergence et la distance d'ingression mesurée peut s'expliquer par l'hypothèse que, chez les sujets hyperdivergents, avec une croissance squelettique verticale dominante et, par voie de conséquence, une tendance à la béance, la croissance alvéolaire compense la dysharmonie squelettique et contribue à maintenir le contact incisif. Il semblerait, par conséquent, que la croissance alvéolaire soit en corrélation avec le mouvement vertical des incisives qui, s'il n'est pas affecté par d'autres facteurs (dysfonction, mauvaises habitudes, divergences squelettiques sagittales, etc.), permet de maintenir une bonne inclinaison de la dent par rapport à l'os basal. Aucune différence n'a été observée pour aucune des quatre incisives en fonction du sexe des patients.

L'analyse des corrélations auprès des 27 patients chez qui les valeurs étaient calculées pour les quatre incisives montrait que celles-ci étaient en corrélation proportionnelle chez tous les patients. Il serait donc logique que des valeurs importantes relevées pour une dent correspondent à des valeurs importantes chez les trois autres. Par ailleurs, la relation directement proportionnelle était plus marquée lorsqu'il était question de paires de dents analogues.

Les données obtenues montrent que les valeurs relatives à l'âge, au sexe et à la divergence squelettique des patients ne fournissent que des informations à titre indicatif concernant l'espace disponible pour les incisives. L'analyse des coupes sagittales obtenue par CBCT nous a néanmoins donné des informations intéressantes concernant chaque patient à titre individuel, fournissant ainsi une image très claire de l'anatomie alvéolaire en fonction des mouvements orthodontiques prévus et soulignant les cas limites où ce mouvement n'est pas conseillé (*fig. 5–8*).

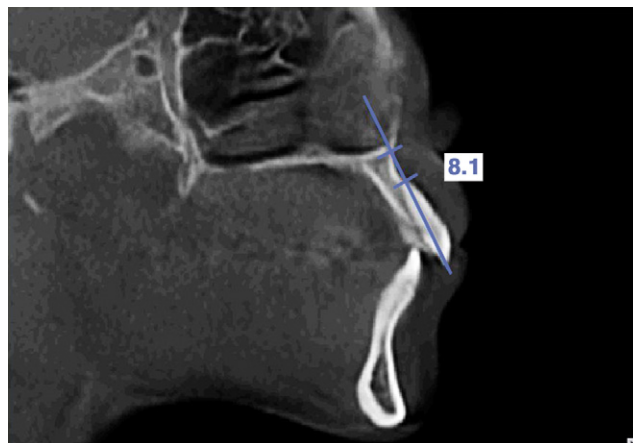


Fig. 7: The properly inclined tooth cannot be intruded bodily as it would escape the alveolus.

Fig. 7 : Cette dent, convenablement inclinée, ne peut subir une ingression axiale qui risquerait de la sortir de l'alvéole.

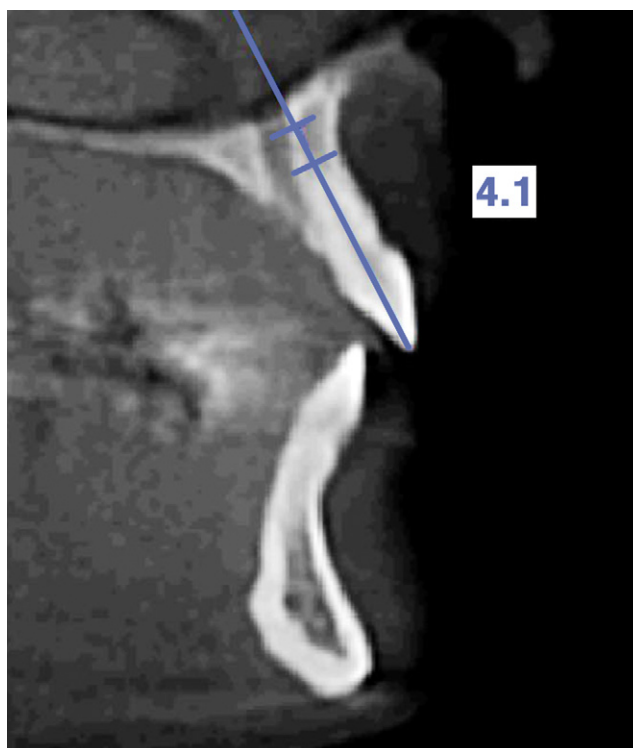


Fig. 8: In this case intrusion is limited primarily by the cortical bone in the inter-incisor canal and then by the nasal floor.

Fig. 8 : Dans ce cas-ci, l'ingression est limitée principalement par la corticale du canal palatin rétro-incisif et, plus loin, par le plancher des fosses nasales.

Conclusions

Although this study did not take into account any specific orthodontic mechanics used for 'pure' intrusion of the incisors, it verified, using CBCT measurements, that, on average, the anatomical structure of the alveolus allows the incisors a greater intrusive movement than is generally obtained by orthodontic appliances.

Although no statistically significant gender difference was identified, a statistically significant correlation between intrusion measurement and age was found in teeth 12, 11 and 22; in the older age group (over twenties) intrusion possibility was significantly greater.

Furthermore, a significantly greater measurement was found at tooth 12 in hyperdivergent with respect to hypodivergent subjects, a tendency also noted in the other incisors.

A directly proportional relationship exists between the measurements pertaining to each tooth in a single patient; thus an

Conclusions

Même si cette étude n'a tenu compte d'aucune mécanique orthodontique spécifique utilisée pour réaliser l'ingression « pure » des incisives, elle a néanmoins confirmé, à l'aide de relevés obtenus par CBCT, que, en moyenne, la structure anatomique de l'alvéole permet aux incisives d'effectuer un mouvement d'ingression beaucoup plus important que ce qui est généralement obtenu avec des appareils orthodontiques. Même si aucune différence statistiquement significative entre les deux sexes n'a été relevée, une corrélation statistiquement significative entre la distance d'ingression et l'âge a été retrouvée pour la 12, la 11 et la 22. Dans le groupe de patients plus âgés (+20 ans), le potentiel d'ingression était significativement plus important.

De plus, une distance significativement plus grande a été observée au niveau de la 12 chez les patients hyperdivergents par rapport aux patients hypodivergents, tendance qui a également été relevée pour les autres incisives.

Une relation directement proportionnelle existe entre les mesures relevées pour chaque dent chez un patient donné. Ainsi, une valeur accrue pour une incisive entraîne une

increased value for one tooth comports a proportional increase in the same value for the other incisors.

The data obtained from CBCTs and their subsequent re-elaboration via NewTom 3G software permits precise visualisation of the alveolar anatomy surrounding each tooth: it is therefore possible to quantify the possible intrusion and to identify anatomical obstructions to this movement.

Disclosure of interest

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

augmentation proportionnelle de la même valeur pour les autres incisives.

Les données obtenues par CBCT et leur traitement ultérieur avec le logiciel NewTom 3G permettent une visualisation précise de l'anatomie alvéolaire autour de chaque dent. Par conséquent, il est possible de quantifier le potentiel d'ingression et d'identifier les obstacles anatomiques s'opposant à ce mouvement.

Déclaration d'intérêts

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

References/Références

1. Burstone CR. Deep overbite correction by intrusion. *Am J Orthod* 1977;72:1-22.
2. Kokich VG. Esthetics and vertical tooth position: orthodontic possibilities. *Compend Contin Educ Dent* 1997;18(12):1225-31 [quiz 1232].
3. Bellamy LJ, Kokich VG, Weissman JA. Using orthodontic intrusion of abraded incisors to facilitate restoration: the technique's effects on alveolar bone level and root length. *J Am Dent Assoc* 2008;139(6):725-33.
4. Melsen B, Agerbaek N, Markenstam G. Intrusion of incisors in adult patients with marginal bone loss. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;96(3):232-41.
5. Corrente G, Abundo R, Re S, Cardaropoli D, Cardaropoli G. Orthodontic movement into infrabony defects in patients with advanced periodontal disease: a clinical and radiological study. *J Periodontol* 2003;74(8):1104-9.
6. Mulligan TF. Common sense mechanics. 3. *J Clin Orthod* 1979;13(11):762-6.
7. Hilgers J. L'essenza dell'ortodonzia pratica. Quaderno SIRIO num. 22. Milan; 1995 .
8. Ricketts RM. Bioprogressive therapy as an answer to orthodontic needs. Part II. *Am J Orthod* 1976;70(4):359-97.
9. Park JH, Kim TW. Deep-bite correction using a clear aligner and intramaxillary elastics. *J Clin Orthod* 2009;43(3):152-7 [quiz 183].
10. Polat-Ozsoy O, Arman-Ozceirpici A, Veziroglu F. Miniscrews for upper incisor intrusion. *Eur J Orthod* 2009;31(4):412-6 [Epub 2009 Mar 16].
11. Ng J, Major PW, Heo G, Flores-Mir C. True incisor intrusion attained during orthodontic treatment: a systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128(2):212-9.
12. Ludlow JB, Gubler M, Cevidane L, Mol A. Precision of cephalometric landmark identification: cone-beam computed tomography vs conventional cephalometric views. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136(3):312.e1-312.e10 [discussion 312-3].
13. Baumgaertel S, Palomo JM, Palomo L, Hans MG. Reliability and accuracy of cone-beam computed tomography dental measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136(1):19-25 [discussion 25-8].
14. Nanda A. Biomechanics in clinical orthodontics Saunders. Elsevier, Philadelphia 1997.
15. Handelman CS. The anterior alveolus: its importance in limiting orthodontic treatment and its influence on the occurrence of iatrogenic sequelae. *Angle Orthod* 1996;66(2):95-109 [discussion 109-10. Erratum in: *Angle Orthod*].
16. Ten Hoeve A, Mulie RM. The effect of antero-postero incisor repositioning on the palatal cortex as studied with laminagraphy. *J Clin Orthod* 1976;10(11):804-22.

17. Horiuchi A, Hotokezaka H, Kobayashi K. Correlation between cortical plate proximity and apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114(3):311–8.
18. Kaley J, Phillips C. Factors related to root resorption in edgewise practice. *Angle Orthod* 1991;61(2):125–32.
19. Sarnäs KV, Solow B. Early adult changes in the skeletal and soft-tissue profile. *Eur J Orthod* 1980;2(1):1-12.
20. Tallgren A, Solow B. Age differences in adult dentoalveolar heights. *Eur J Orthod* 1991;13:149–56.
21. Forsberg CM, Eliasson S, Westergren H. Face height and tooth eruption in adults—a 20-year follow-up investigation. *Eur J Orthod* 1991;13:249–54.