

Corrélation des hauteurs dento-alvéolaires verticales avec l'inclinaison du plan palatin chez les adultes présentant différentes typologies faciales verticales

Zeinab FARHAT^{1*}, Essam OSMAN², Hassan KASSEM^{3**}, Joseph BOUSERHAL^{4,5**}

¹ Département des Sciences du Développement, Division d'orthodontie, Faculté de médecine dentaire, Université Arabe de Beyrouth, Tareek El Jadida P.O. Box 11-5020 Riad El Solh 11072809, Beyrouth, Liban

² Département des Sciences de la Réhabilitation Orale, Division des Biomatériaux Dentaires, Faculté de médecine dentaire, Université Arabe de Beyrouth, Tareek El Jadida P.O. Box 11-5020 Riad El Solh 11072809, Beyrouth, Liban

³ Département d'orthodontie, Faculté de médecine dentaire, Université d'Alexandrie, Taghour, Al Mesallah Sharq, Bab Sharqi, Alexandria Governorate 5372066, Alexandrie, Égypte

⁴ Département d'orthodontie, Laboratoire de recherche cranio-faciale, Faculté de médecine dentaire, Université Saint Joseph de Beyrouth, rue de Damas, B.P. 11-5076 Riad El Solh, Beyrouth, Liban

⁵ Département d'Orthodontie et d'Orthopédie Dento-faciale, Faculté de médecine dentaire Henry M. Goldman, Université de Boston, 635 Albany St, Boston, MA 02118, États-Unis

MOTS CLÉS :

Plan palatin /
Hauteurs dento-alvéolaires /
Angle d'inclinaison /
Profondeur de supraclusion

RÉSUMÉ – Introduction : Diverses études ont montré des résultats incohérents et différents concernant la corrélation entre les béances et les plans du palais, qu'ils soient normaux ou anormaux. Cette étude avait pour objectif d'analyser la corrélation entre les hauteurs dento-alvéolaires et l'inclinaison du plan palatin dans différentes typologies faciales verticales. **Matériels et méthodes :** Au total, 120 radiographies céphalométriques latérales (60 femmes et 60 hommes) ont été sélectionnées dans les archives de la Faculté de médecine dentaire de l'Université Arabe de Beyrouth. L'échantillon était composé de trois groupes égaux : hypodivergent (SN/PM < 27°), normodivergent (SN/PM = 27° - 37°) et hyperdivergent (SN/PM > 37°). Les radiographies ont été tracées numériquement et les variables squelettiques et dento-alvéolaires céphalométriques ont été mesurées. L'analyse statistique a été réalisée avec un seuil de signification à $p < 0,05$. **Résultats :** L'inclinaison du plan palatin a montré une différence statistiquement significative entre les sujets hyperdivergents et les sujets hypodivergents et normodivergents, sans différence statistiquement significative entre les sujets hypodivergents et normodivergents. Une différence statistiquement significative dans la hauteur dento-alvéolaire antérieure supérieure (HDAAS) a été trouvée entre les sujets hypodivergents et les sujets hyperdivergents et normodivergents. Aucune différence statistiquement significative n'a été trouvée dans les autres hauteurs dento-alvéolaires entre les différents modèles verticaux. Une corrélation négative modérée n'a été observée qu'entre l'angle du plan palatin et la HDAAS dans le groupe hyperdivergent. L'analyse multirégression a montré que la plus grande contribution à la supraclusion regroupée dans tous les groupes autres que le schéma squelettique était attribuée à la HDAAS. **Conclusion :** La HDAAS semble influencer la profondeur de supraclusion par rapport aux autres hauteurs dento-alvéolaires. Il est possible que celle-ci agisse comme un facteur compensateur de l'inclinaison du plan palatin chez les sujets hyperdivergents.

KEYWORDS:

Palatal plane /
Dentoalveolar heights /
Inclination angle /
Overbite depth

ABSTRACT – Correlation of Vertical Dentoalveolar Heights with Palatal Plane Inclination in Adults with Different Vertical Facial Patterns. Introduction: Various studies showed inconsistent and different results regarding the correlation between open bites and palate planes whether normal or abnormal. This study had for objective to investigate the correlation between dentoalveolar heights and palatal plane

* Correspondance : zaynab_f@hotmail.com

** Auteurs ayant participé à contribution égale.

*inclination in different vertical facial patterns. **Materials and Methods:** 120 lateral cephalometric radiographs (60 females and 60 males) were selected from the archives of the Faculty of Dentistry, Beirut Arab University. The sample consisted of three equal groups: hypodivergent ($SN/MP < 27^\circ$), normodivergent ($SN/MP = 27^\circ - 37^\circ$) and hyperdivergent ($SN/MP > 37^\circ$). The radiographs were digitally traced and cephalometric skeletal and dentoalveolar variables were measured. Statistical analysis was carried out with significance level at $p < 0.05$. **Results:** The palatal plane inclination showed statistically significant difference between hyperdivergent and both hypodivergent and normodivergent subjects with no statistically significant difference between hypodivergent and normodivergent subjects. A statistically significant difference in the upper anterior dentoalveolar height (UADAH) was found between hypodivergent and both hyperdivergent and normodivergent subjects. No statistically significant difference was found in the other dentoalveolar heights between the different vertical patterns. A negative moderate correlation was only observed between the palatal plane angle and UADAH in the hyperdivergent group. Multiregression analysis showed that the greatest contribution to overbite pooled across all groups other than the skeletal pattern was attributed to UADAH. **Conclusion:** UADAH seems to influence the overbite depth compared to other dentoalveolar heights. It is possible that UADAH acts as a compensatory factor for palatal plane inclination in hyperdivergent subjects.*

1. Introduction

La croissance et le développement normaux du visage sont considérés comme propices au développement d'une occlusion et d'un équilibre du visage normaux. Dans le cas d'une dysplasie squelettique, le développement naturel d'une occlusion normale et donc une apparence faciale agréable peuvent être discutables et un certain degré de dysharmonie peut être évident⁴.

Les dysplasies squelettiques verticales sont représentées au niveau occlusal par des problèmes de supraclusion. Les segments dento-alvéolaires maxillaires et mandibulaires ont la capacité naturelle de compenser la discordance squelettique sous-jacente pour atteindre et maintenir une occlusion normale^{9,30}. Ce phénomène est appelé « compensation dento-alvéolaire »^{1,12}.

Les mécanismes compensatoires se produisent principalement par l'éruption dentaire⁵. Les compensations ont été classées comme complètes ou insuffisantes. Le développement occlusal compensatoire complet permet une relation normale même en présence de certains problèmes de relation squelettique, alors qu'une compensation dentaire insuffisante peut représenter, dans la dimension verticale, une occlusion ouverte, terminale et profonde d'une ampleur qui ne reflète généralement pas l'ampleur de l'anomalie squelettique sous-jacente⁵.

Les segments dento-alvéolaires sont constitués des dents et de l'investissement de l'os alvéolaire²⁶.

La hauteur dento-alvéolaire est établie par le contact entre les dentitions maxillaire et mandibulaire. Ce contact est maintenu tout au long et malgré la croissance squelettique sous-jacente grâce à la compensation dento-alvéolaire via l'éruption dentaire ou son absence⁹. La hauteur dento-alvéolaire est l'un des paramètres qui avait été largement focalisé, en orthodontie, par plusieurs études^{17,30}. De plus, des études complémentaires avaient analysé la relation entre les hauteurs dento-alvéolaires et diverses malocclusions^{22,25}.

Un accent particulier a été mis sur les relations entre les hauteurs dento-alvéolaires maxillaires et mandibulaires et la profondeur de supraclusion^{3,20}. L'éruption différentielle des dents maxillaires et mandibulaires modifie les hauteurs dento-alvéolaires antérieures et postérieures établissant le modèle facial vertical ou masquant la dysplasie squelettique verticale chez un enfant en croissance²⁴.

Le schéma facial vertical est affecté par la rotation du maxillaire, de la mandibule ou des deux mâchoires²⁷. Il a été observé que la rotation postérieure vers le bas ou la rotation antérieure vers le haut du plan palatin entraîne une diminution ou une augmentation de l'espace d'éruption pour les dents postérieures ou antérieures, respectivement, avec la tendance que ces dernières peuvent conduire à une béance antérieure³¹.

Plusieurs études ont montré que les sujets présentant une béance antérieure se caractérisent par une flexion vers le bas de la moitié postérieure du palais^{25,28,33}, avec un placement ultérieur vers le

bas des molaires maxillaires, entraînant une rotation vers l'arrière de la mandibule, une augmentation de la hauteur de la face antérieure inférieure et une augmentation de l'angle palato-mandibulaire. Ce dernier s'était avéré associé à une béance et à une hauteur excessive de la face antérieure inférieure lorsque sa taille est importante^{2,21,22,29}. En revanche, une autre étude a montré que la béance peut être associée à un angle palato-mandibulaire normal²¹. De plus, d'autres études ont montré qu'il n'y a pas de différence significative d'inclinaison du plan palatin en cas de béance et de supraclusion profonde^{8,19}. En raison de cette relation incohérente, l'évaluation des hauteurs dento-alvéolaires doit être effectuée en harmonie avec la profondeur de supraclusion et l'angle du plan palatin afin d'adapter les mécanismes de traitement à l'étiologie de la malocclusion, des éléments importants qui doivent être évalués lors de tout traitement de malocclusion.

Ainsi, dans cette étude, nous avons étudié la corrélation entre l'inclinaison du plan palatin et les hauteurs dento-alvéolaires antérieures et postérieures chez des sujets adultes présentant différentes typologies faciales verticales. L'hypothèse nulle est qu'il n'y a pas de corrélation statistiquement significative entre l'inclinaison du plan palatin et la hauteur dento-alvéolaire chez les sujets normodivergents, hypodivergents et hyperdivergents.

2. Matériels et méthodes

2.1. Sélection de l'échantillon

L'échantillon pour cette étude transversale a été collecté à partir des dossiers de pré-traitement des patients orthodontiques conservés dans les archives de l'hôpital dentaire de l'Université Arabe de Beyrouth (*Beirut Arab University, BAU*), au Liban. Le protocole de cette étude a été approuvé par le comité d'éthique de l'hôpital dentaire de l'Université Arabe de Beyrouth (IRB n° 2020-H-0105-D-M-0376). Les sujets recevant un traitement orthodontique à la clinique postdoctorale de l'hôpital dentaire BAU signent une renonciation pour l'utilisation de leurs dossiers médicaux à des fins de consultation et de recherche scientifique dans le cadre du consentement éclairé avant de commencer le traitement.

L'échantillon était composé de 120 radiographies céphalométriques latérales réparties selon l'angle SN/PM (plan SN/plan mandibulaire) en trois

groupes (n = 40, 20 hommes et 20 femmes) : hypodivergent (SN/PM < 27°), normodivergent (SN/PM = 27°-37°) et hyperdivergent (SN/PM > 37°).

Les critères d'inclusion comprenaient des radiographies céphalométriques latérales d'un sujet, âgé de 18 à 45 ans, ayant une relation squelettique de classe I avec un angle ANB = 0-4° et ayant toutes les dents à l'exception des troisièmes molaires. Les patients ayant déjà subi un traitement orthodontique, une chirurgie orthognathique, des anomalies cranio-faciales, des traumatismes faciaux et des occlusions croisées postérieures unilatérales ou bilatérales ont été exclus.

Les repères céphalométriques ont été projetés sur la ligne de référence verticale construite perpendiculairement au plan horizontal réel construit. Toutes les procédures ont été effectuées par le même enquêteur.

Les radiographies céphalométriques latérales ont été ajustées selon un plan horizontal construit dessiné de 5,6° à l'inclinaison S-N pour se rapprocher de la position naturelle de la tête^{18,24}. Le plan vertical a été construit perpendiculairement au plan horizontal à Nasion (N). Les repères céphalométriques ont été numérisés selon les définitions de Broadbent et Jacobson²⁵ (Tab. 1).

Le plan palatin et le plan mandibulaire ont été dessinés. Les repères céphalométriques, les plans et les variables mesurées sont illustrés sur la figure 1A.

Les hauteurs dento-alvéolaires (Fig. 1B) ont été définies selon Islam, et al.¹³, comme suit :

- Hauteur dento-alvéolaire antérieure supérieure (HDAAS) : une ligne de U1 tracée perpendiculairement au plan palatin (PP).
- Hauteur dento-alvéolaire postérieure supérieure (HDAPS) : une ligne de U6 tracée perpendiculairement au plan palatin (PP).
- Hauteur dento-alvéolaire antérieure inférieure (HDAAI) : une ligne de L1 tracée perpendiculairement au plan mandibulaire (PM).
- Hauteur dento-alvéolaire postérieure inférieure (HDAPI) : une ligne de L6 tracée perpendiculairement au plan mandibulaire (PM).

Les hauteurs dento-alvéolaires ont été projetées et mesurées le long du plan vertical construit. La profondeur du recouvrement a été déterminée en mesurant la ligne verticale tracée du bord incisal de l'incisive maxillaire à l'incisive mandibulaire, projetée dans la ligne verticale construite. La supraclusion a été classée comme une supraclusion normale, une supraclusion

Tableau 1. Repères et plans des tissus durs⁶.

Sella (S)	Centre géométrique de la fosse pituitaire localisé par inspection visuelle
Nasion (N)	Situé sur la face la plus antérieure de la suture fronto-nasale dans le plan sagittal médian
Épine nasale antérieure (ENA)	Extrémité antérieure du processus osseux pointu du maxillaire au bord inférieur de l'ouverture nasale antérieure
Épine nasale postérieure (ENP)	L'épine postérieure de l'os palatin constituant le palais dur
Point A (A) (Sous-épineux)	Point médian le plus profond et le plus postérieur sur la courbure entre l'ENA et la prosthion
Bord incisal de l'incisive supérieure (U1)	Pointe incisale de l'incisive maxillaire la plus labiale
Cuspide mésio-vestibulaire de la première molaire supérieure (U6)	Cuspide mésio-vestibulaire de la première molaire supérieure
Bord incisal de l'incisive inférieure (L1)	Pointe incisale de l'incisive mandibulaire la plus labiale
Cuspide mésio-vestibulaire de la première molaire inférieure (L6)	Cuspide mésio-vestibulaire de la première molaire inférieure
Point B (B) (Supramental)	Point médian le plus profond et le plus postérieur sur la concavité de la mandibule entre l'infradentale et le pogonion
Menton (Me)	Le point le plus inférieur de la symphyse mandibulaire
Gonion (Go)	Un point sur la courbure de la mandibule situé en bissectrice de l'angle formé par les lignes tangentielles à la branche postérieure et au bord inférieur de la mandibule
Plan SN (SN)	Le plan formé en joignant les points Sella et Nasion
Plan horizontal construit (PH)	Le plan construit en ajoutant 5,6° au plan SN
Plan palatin (PP)	Le plan formé en joignant les points ENA et ENP
Plan mandibulaire (PM)	Le plan formé par la jonction de Gonion et Menton

profonde et une béance. Une supraclusion était considérée comme « normale » si égale à 1-2 mm.

2.2. Puissance et analyses statistiques

La taille de l'échantillon a été calculée selon la formule de Tabachnick et Fidell³² qui tient compte

du nombre de variables indépendantes à inclure dans le modèle : $N = 50 + 8m$ (m est le nombre de variables indépendantes). Étant donné que $m = 6$, un minimum de 98 sujets doit être inclus dans l'étude. Les variables explicatives sont : HDAAS, HDAPS, HDAAI, HDAPI, PP/SN et PM/SN.

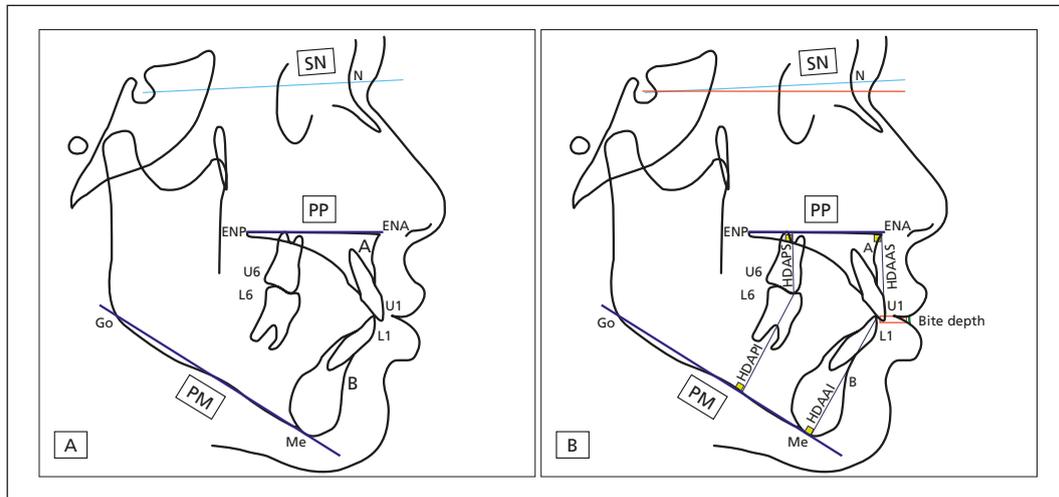


Figure 1

Repères des tissus durs et identifications des plans des tissus durs. (A) Identification des repères des tissus durs et des plans des tissus durs. Selle turcique (S), nasion (N), plan SN (SN), épine nasale antérieure (ENA), épine nasale postérieure (ENP), plan palatin (PP), point A (A), bord incisal de l'incisive supérieure (U1), bord incisal de l'incisive inférieure (L1), cuspide méso-vestibulaire de la première molaire supérieure (U6), cuspide méso-vestibulaire de la première molaire inférieure (L6), point B (B), menton (Me), gonion (Go), plan mandibulaire (PM). (B) Analyse dento-alvéolaire. Plan horizontal construit (PH), hauteur dento-alvéolaire antérieure supérieure (HDAAS), hauteur dento-alvéolaire postérieure supérieure (HDAPS), hauteur dento-alvéolaire antérieure inférieure (HDAAI), hauteur dento-alvéolaire postérieure inférieure (HDAPI).

L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du package statistique pour les sciences sociales (SPSS, version 25.0 Inc., Chicago, IL). La normalité des données a été examinée à l'aide du test de Shapiro-Wilk. En utilisant un modèle multivarié, le sexe n'était pas un prédicteur statistiquement significatif de la profondeur de la supraclusion ou de l'inclinaison du plan palatin dans différentes typologies faciales verticales, d'où la décision de regrouper les données des deux groupes.

Un test d'analyse de variance unidirectionnelle (ANOVA) a été réalisé pour tester la différence entre les sujets hypodivergents, normodivergents et hyperdivergents. Le test du Chi² a été utilisé pour tester l'association entre la profondeur de la supraclusion et la typologie faciale verticale dans le présent échantillon. La corrélation entre les hauteurs dento-alvéolaires et l'inclinaison du plan palatin a été évaluée à l'aide du coefficient de corrélation de Pearson. La valeur $p < 0,05$ a été considérée comme statistiquement significative. Une analyse de régression était prévue en cas de corrélation statistiquement significative.

Afin de déterminer les meilleurs prédicteurs de la profondeur de la supraclusion, l'analyse

de régression linéaire multiple par étapes a été effectuée avec les valeurs PP/SN et PM/SN et les hauteurs dento-alvéolaires dans les trois groupes choisis comme variables prédictives, tandis que la profondeur de la supraclusion des trois groupes réunis en commun a été utilisée comme variable dépendante. Les hypothèses de normalité, de multicollinéarité et d'hétéroscédasticité ont été testées. Le seuil de signification a été fixé à $p < 0,05$.

Le coefficient de corrélation intra-classe a été utilisé pour déterminer à la fois la fiabilité inter-examineur et intra-examineur. Les coefficients de corrélation intra-classe étaient supérieurs à 90 % pour toutes les variables mesurées.

3. Résultats

Les statistiques descriptives des variables mesurées dans les trois groupes sont présentées sur la [figure 2](#). Le test de Pearson Chi² a montré la présence d'une relation statistiquement significative entre la profondeur de supraclusion et le modèle vertical ($p = 0,012$). Au moins 50 % des sujets des groupes normodivergents et hypodivergents présentaient une supraclusion

normale (respectivement 50 % et 60 %). Il est à noter que les sujets présentant une supraclusion profonde se retrouvaient à peu près à parité dans le groupe normodivergent et dans le groupe hypodivergent (respectivement 22,5 % et 27,5 %), alors qu'ils étaient moins

présents dans le groupe hyperdivergent (17,5 %). Les sujets à béance étaient surreprésentés dans le groupe hyperdivergent (42,5 %) par rapport à la supraclusion profonde et normale dans le même groupe (17,5 % et 40 % respectivement), ainsi que par rapport à la

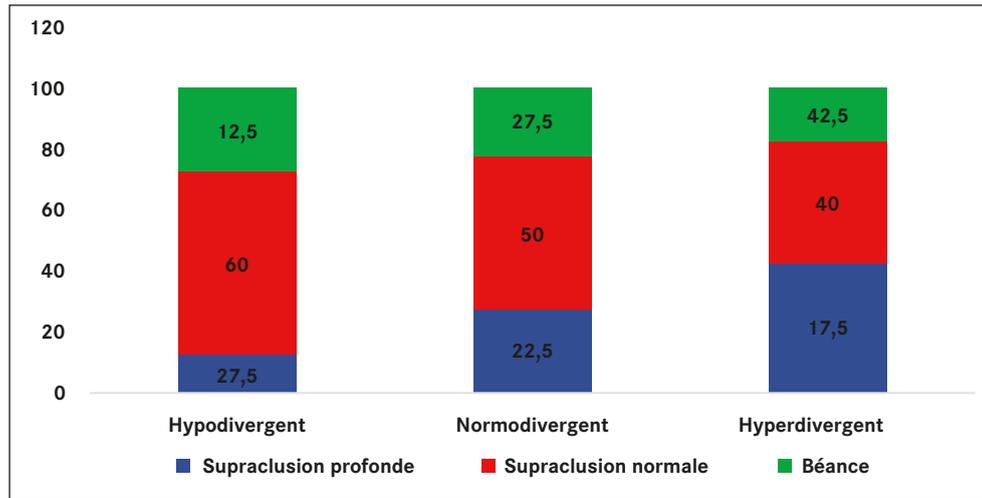


Figure 2

Répartition en pourcentage des profondeurs de supraclusion chez les sujets présentant différentes typologies faciales verticales.

Tableau 2. Statistiques descriptives et comparaison entre les groupes hypodivergents, normodivergents et hyperdivergents.

	Hypodivergent		Normodivergent		Hyperdivergent		Test ANOVA	Signification
	Moyenne	95 % CI	Moyenne	95 % CI	Moyenne	95 % CI	F statistique	Valeur p [†]
PM/SN (degrés)	24,07 ^a	23,41-24,73	32,6 ^b	31,9-33,29	40,82 ^c	40,04-41,6	562,002	< 0,0001
PP/SN (degrés)	6,00 ^a	4,93-7,06	6,26 ^a	5,34-7,18	8,07 ^b	6,99-9,15	4,99	0,008
Supraclusion (mm)	2,26 ^a	1,78-2,73	1,81 ^{a,b}	1,29-2,33	1,09 ^b	0,52-1,66	5,191	0,007
HDAAS (mm)	15,15 ^a	14,26-16,04	17,19 ^b	15,84-18,54	17,52 ^b	16,39-18,65	5,193	0,007
HDAPS (mm)	12,98 ^a	12,17-13,79	14,33 ^a	13,35-15,31	13,96 ^a	13,05-14,88	2,41	0,094
HDAAI (mm)	21,26 ^a	19,95-22,56	21,46 ^a	19,91-23	19,59 ^a	18,3-20,88	2,24	0,11
HDAPI (mm)	16,36 ^a	15,3-17,44	16,20 ^a	15,02-17,37	14,32 ^b	13,4-15,31	4,46	0,014

a,b,c : Différentes lettres indiquent une différence statistiquement significative.

† : ANOVA suivi du test post hoc de Tukey ; seuil de signification à $p < 0,05$.

répartition des sujets à béance dans les groupes hypodivergent et normodivergent (12,5 % et 27,5 % respectivement) (Fig. 2).

Les statistiques descriptives de l'échantillon sont présentées dans le [tableau 2](#) ; PP/SN a augmenté de manière significative chez les sujets hyperdivergents par rapport aux sujets hypodivergents et normodivergents. La HDAAS a diminué de manière significative chez les sujets hypodivergents par rapport aux groupes normodivergents et hyperdivergents.

Le coefficient de corrélation de Pearson a montré une corrélation modérée négative statistiquement significative ($p = 0,032$) ($r = -0,34$) entre l'inclinaison du plan palatin et la HDAAS dans le groupe hyperdivergent. D'autres corrélations ne se sont pas avérées statistiquement significatives ([Tab. 3](#)).

Le modèle multivarié s'est avéré statistiquement significatif $p \leq 0,001$ et r au carré ajusté = 0,58. Les coefficients bêta et la tolérance pour la colinéarité sont présentés dans le [tableau 4](#).

L'analyse exploratoire des sujets présentant une supraclusion normale dans les trois groupes a montré une diminution statistiquement significative de la HDAAS dans le groupe hypodivergent ($14,05 \pm 2,04$) par rapport aux groupes hyperdivergent et normodivergent ($16,73 \pm 2,69$ et $16,49 \pm 4,12$ respectivement). Aucune différence statistiquement significative n'a été observée

dans la HDAPS, la HDAAI et la HDAPI chez les sujets de supraclusion normale dans les trois groupes ([Tab. 5](#)).

4. Discussion

Cette étude a examiné l'association de l'inclinaison du plan palatin et des hauteurs dento-alvéolaires, à la fois antérieures et postérieures, chez des sujets de classe I avec différentes typologies faciales verticales. Il a été émis l'hypothèse que l'interaction entre les hauteurs dento-alvéolaires et les inclinaisons du plan palatin peut être différente entre les sujets normodivergents, hypodivergents et hyperdivergents. Ces interactions peuvent aider à expliquer l'étiologie des problèmes de supraclusion. Plus important encore, nous nous sommes intéressés à la façon dont ces variables peuvent compenser l'augmentation ou la diminution de la hauteur faciale verticale pour obtenir une supraclusion normale.

Une association statistiquement significative a été trouvée entre la profondeur de la supraclusion et la typologie faciale verticale. Les trois schémas verticaux montraient différentes distributions de supraclusion normale, de supraclusion profonde et de béance. Les sujets présentant une béance et une supraclusion profonde étaient surreprésentés dans les groupes hyperdivergents et hypodivergents, respectivement.

Tableau 3. Corrélation entre les paramètres dento-alvéolaires verticaux et l'inclinaison du plan palatin chez des sujets ayant des typologies faciales différentes.

	Hypodivergent		Normodivergent		Hyperdivergent	
	r^\dagger	p^\ddagger	r	p	r	p
HDAAS	0,016	0,923	-0,232	0,15	-0,34	0,032 (*)
HDAPS	0,231	0,151	-0,17	0,293	-0,176	0,278
HDAAI	0,213	0,187	-0,147	0,366	-0,166	0,305
HDAPI	0,198	0,222	-0,058	0,721	-0,021	0,897

\dagger : Coefficient de corrélation de Pearson. \ddagger : Seuil de signification à $p < 0,05$ (*). Correction de Bonferroni pour la comparaison multiple.

Tableau 4. Régression multivariée de la profondeur de la supraclusion par rapport aux autres variables.

Modèle	Coefficients non normalisés	Std. Erreur	Valeur p	95 % Intervalle de confiance pour B		Corrélations		Statistiques de colinéarité
				Borne inférieure	Borne supérieure	Partiel	Part	Tolérance
Intercept	4,249	0,778	0,001	2,708	5,79			
PM/SN	-0,218	0,022	0,001	-0,262	-0,174	-0,679	-0,583	0,393
PP/SN	0,246	0,037	0,001	0,173	0,319	0,533	0,398	0,683
HDAAS	0,884	0,081	0,001	0,723	1,045	0,715	0,646	0,112
HDAPS	-0,672	0,097	0,001	-0,865	-0,48	-0,545	-0,411	0,13
HDAAI	0,246	0,065	0,001	0,117	0,375	0,335	0,224	0,124
HDAPI	-0,491	0,09	0,001	-0,669	-0,313	-0,458	-0,325	0,105

Seuil de signification à $p < 0,05$.

Tableau 5. Comparaison de l'angle du plan palatin et de la hauteur dento-alvéolaire entre les sujets hypodivergents, normodivergents et hyperdivergents présentant une supraclusion normale.

	Hypodivergent n = 24		Normodivergent n = 20		Hyperdivergent n = 16		Test ANOVA	Signification
	Moyenne	95 % CI	Moyenne	95 % CI	Moyenne	95 % CI	F statistique	Valeur p [†]
PP/SN (degrés)	5,583 ^a	4,17-6,98	5,9 ^a	4,43-7,36	9,563 ^b	8,03-11,09	8,74	< 0,0001
HDAAS (mm)	14,05 ^a	13,18-14,91	16,49 ^b	14,56-18,42	16,738 ^b	15,3-18,17	5,085	0,009
HDAPS (mm)	11,904 ^a	11,02-12,78	13,62 ^a	12,12-15,11	13,394 ^a	11,84-14,93	2,58	0,08
HDAAI (mm)	19,904 ^a	18,29-21,51	20,23 ^a	18,12-22,33	18,869 ^a	16,62-21,1	0,51	0,602
HDAPI (mm)	15,204 ^a	13,87-16,52	15,29 ^a	13,6-16,97	13,738 ^a	12,19-15,27	1,271	0,288

a,b,c : Différentes lettres indiquent une différence statistiquement significative.

[†] : ANOVA suivie du test post hoc de Tukey ; seuil de signification à $p < 0,05$.

Claro, *et al.*¹⁰ ont démontré qu'une supraclusion profonde peut survenir dans n'importe quel type de schéma de croissance faciale. De même, plusieurs chercheurs ont montré qu'une béance, une occlusion normale ou une supraclusion profonde se rencontraient sur les visages longs^{11,28}. De plus, une supraclusion normale ou une béance ont été observées chez les sujets ayant une typologie faciale normale¹⁴.

Fait intéressant, l'échantillon étudié a montré que la majorité des sujets hypodivergents avaient une supraclusion normale (60 %). Cela peut être dû au fait que tous les sujets étaient des relations squelettiques de classe I, alors que le visage court à supraclusion profonde sera plus répandu avec une relation squelettique de classe II¹⁰.

La HDAPI et le PP/SN (ENA bas et ENP haut) étaient significativement plus élevés dans le groupe hyperdivergent par rapport aux groupes normodivergents et hypodivergents. Ceci peut expliquer l'étiologie de la rotation horaire de la mandibule chez les sujets à typologie verticale hyperdivergente (Tab. 2). Alors que la HDAAS était significativement plus faible dans le groupe hypodivergent que dans les groupes normodivergent et hyperdivergent (Tab. 2), cela peut être dû au fait que la hauteur faciale antérieure inférieure est réduite chez les patients hypodivergents, réduisant ainsi l'espace disponible pour les hauteurs dento-alvéolaires antérieures. Ceci corrobore les résultats de l'étude réalisée par Islam, *et al.*¹³ qui ont trouvé une HDAAS significativement plus élevée dans le groupe hyperdivergent que dans les groupes normodivergents et hypodivergents.

Aucune corrélation statistiquement significative n'a été trouvée entre l'inclinaison du plan palatin et l'une des hauteurs dento-alvéolaires dans les trois modèles faciaux (Tab. 3). Une exception a été trouvée chez les sujets hyperdivergents où une corrélation modérée négative statistiquement significative a été trouvée entre la hauteur dento-alvéolaire antérieure supérieure (HDAAS) et l'inclinaison du plan palatin (PP/SN) : lorsque l'angle du plan palatin diminue (ENA vers le haut), la hauteur alvéolaire antérieure supérieure augmente. Cela peut refléter un mécanisme de compensation dento-alvéolaire de la diminution de l'inclinaison du plan palatin chez les sujets hyperdivergents.

L'analyse de régression multiple de l'ensemble de l'échantillon a montré que le prédicteur le plus

fort parmi toutes les hauteurs dento-alvéolaires était la HDAAS et un modèle hautement significatif sur le plan statistique expliquant environ 60 % de la variance. Cependant, les résultats de la régression multivariée doivent être analysés avec prudence en raison des faibles valeurs de tolérance pour la multicollinéarité. Les coefficients bêta ont montré que la HDAAS avait la contribution la plus élevée au modèle, mais la tolérance de colinéarité a montré qu'aucune des hauteurs alvéolaires ne peut expliquer à elle seule plus de 20 % de la variance de l'échantillon. Malgré leurs plus petits coefficients bêta, le plan palatin et le plan mandibulaire contribuent respectivement à 40 % et 60 % de la variance de la supraclusion, isolément des autres variables prédictives. Dans l'ensemble, le modèle a montré qu'une supraclusion plus positive est obtenue avec une augmentation de la HDAAS, la HDAAI, l'angle PP et une diminution des hauteurs faciales postérieures et de l'angle du plan mandibulaire (Tab. 4). Kuitert, *et al.*¹⁶ ont montré que, chez les sujets au visage long, le prédicteur le plus puissant de la profondeur de la supraclusion était la hauteur faciale inférieure, ce qui conforte ces résultats. Cependant, la HDAAI s'est avérée être la hauteur dento-alvéolaire de l'effet le plus fort chez les sujets à visage court. Cette différence peut être attribuée aux différences ethniques entre les groupes étudiés.

L'inclinaison du plan palatin (PP/SN) s'est avérée augmenter de manière significative dans le groupe hyperdivergent avec supraclusion normale par rapport aux groupes normodivergents et hypodivergents avec supraclusion normale (Tab. 5). On peut s'attendre à trouver un angle de plan palatin plus raide d'environ 4° chez les patients hyperdivergents par rapport aux autres schémas verticaux²³. Par extrapolation, les patients hyperdivergents avec des plans palatins basculés à l'ENA ont de meilleures chances d'avoir une supraclusion normale.

La HDAAS a significativement diminué chez les sujets hypodivergents présentant une supraclusion normale par rapport aux autres groupes sans différence significative entre les sujets normodivergents et hyperdivergents présentant une supraclusion normale (Tab. 5).

D'autre part, dans le groupe hypodivergent, la HDAAS s'est avérée significativement plus petite que dans le groupe normodivergent ($14,05 \pm 2,04$ et $16,49 \pm 4,12$ respectivement). On peut en déduire que les sujets hypodivergents avec une hauteur

dento-alvéolaire supérieure réduite sont plus susceptibles d'obtenir une supraclusion normale malgré la rotation vers l'avant de la mandibule. De plus, un clinicien peut utiliser l'ingression des incisives supérieures comme moyen de normaliser la supraclusion dans les cas de faible angle en accord avec le mantra selon lequel le traitement imite le développement naturel⁷.

Aucune différence statistiquement significative n'a été trouvée entre les HDAAS dans les groupes hyperdivergents ou normodivergents présentant une supraclusion normale (Tab. 5). Cela peut souligner le rôle de l'éruption des incisives supérieures dans la compensation dento-alvéolaire. De plus, cela peut ajouter une certaine validité à l'extrusion de l'incisive supérieure en tant que schéma thérapeutique chez les patients à béance verticale. Ces résultats sont en accord avec d'autres études¹⁶ qui ont rapporté une hauteur dentaire antérieure (HDAAS) significativement plus élevée dans le groupe hyperdivergent par rapport au groupe hypodivergent.

De plus, aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre les groupes en ce qui concerne la hauteur des incisives inférieures (Tab. 5). En revanche, Anwar et Fida¹ ont constaté que les incisives inférieures sont le paramètre dento-alvéolaire le plus compensé pour différentes dysplasies squelettiques verticales.

Enfin, il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le modèle normodivergent et l'autre modèle vertical en ce qui concerne les hauteurs alvéolaires postérieures, supérieures et inférieures (Tab. 5). Ceci est en accord avec l'étude réalisée par Kuitert, *et al.*¹⁶ qui ont rapporté que les hauteurs molaires maxillaires et mandibulaires ne sont pas liées à la profondeur de la supraclusion, tandis que Kucera, dans ses recherches, a constaté qu'une augmentation de la hauteur molaire est courante chez les sujets adultes présentant une hyperdivergence squelettique par rapport aux sujets normodivergents¹⁵.

Dans les limites de cette étude, nous pouvons conclure que :

- La HDAAS agit comme un facteur compensateur de l'inclinaison du plan palatin chez les sujets hyperdivergents.
- La HDAAS semble être le prédicteur le plus puissant de la profondeur de la supraclusion parmi les autres hauteurs dento-alvéolaires, à l'exception du schéma squelettique qui semble toujours avoir la contribution la plus forte.

Remerciements

Une appréciation incommensurable et une profonde gratitude au Dr Hussein Fayyad-Kazan pour son aide dans l'analyse statistique.

Liens d'intérêt

Les auteurs déclarent n'avoir aucun lien d'intérêt concernant les données publiées dans cet article.

Références

1. Anwar N, Fida M. Compensation for vertical dysplasia and its clinical application. *Eur J Orthod* 2009;31:516-522.
2. Arvystas MG. Treatment of anterior skeletal open-bite deformity. *Am J Orthod* 1977;72:147-164.
3. Betzenberger D, Ruf S, Pancherz H. The compensatory mechanism in high-angle malocclusions: a comparison of subjects in the mixed and permanent dentition. *Angle Orthod* 1999;69:27-32.
4. Biggerstaff RH, Allen RC, Tuncay OC, Berkowitz J. A vertical cephalometric analysis of the human craniofacial complex. *Am J Orthod* 1977;72:397-405.
5. Bjork A, Skieller V. Facial development and tooth eruption. An implant study at the age of puberty. *Am J Orthod* 1972;62:339-383.
6. Broadbent BH, Golden WH. Bolton standards of dentofacial development growth. St. Louis: Mosby, 1975.
7. Burstone CR. Deep overbite correction by intrusion. *Am J Orthod* 1977;72:1-22.
8. Cangialosi TJ. Skeletal morphologic features of anterior open bite. *Am J Orthod* 1984;85:28-36.
9. Ceylan I, Yavuz I, Arslan F. The effects of overjet on dentoalveolar compensation. *Eur J Orthod* 2003;25:325-330.
10. Claro CA, Abrao J, Reis SA. Association between overbite and craniofacial growth pattern. *Braz Oral Res* 2010;24:425-432.
11. Dung DJ, Smith RJ. Cephalometric and clinical diagnoses of open bite tendency. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;94:484-490.
12. Ishikawa H, Nakamura S, Iwasaki H, Kitazawa S, Tsukada H, Sato Y. Dentoalveolar compensation related to variations in sagittal jaw relationships. *Angle Orthod* 1999;69:534-538.
13. Islam ZU, Shaikh AJ, Fida M. Dentoalveolar Heights in Vertical and Sagittal Facial Patterns. *J Coll Physicians Surg Pak* 2016;26:753-757.
14. Karlsen AT. Craniofacial characteristics in children with Angle Class II div. 2 malocclusion combined with extreme deep bite. *Angle Orthod* 1994;64:123-130.
15. Kucera J, Marek I, Tycova H, Baccetti T. Molar height and dentoalveolar compensation in adult subjects with skeletal open bite. *Angle Orthod* 2011;81:564-569.
16. Kuitert R, Beckmann S, Van LM, Tuinzing B, Zentner A. Dentoalveolar compensation in subjects with vertical skeletal dysplasia. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:649-657.
17. Lopez-Gavito G, Wallen TR, Little RM, Joondeph DR. Anterior open-bite malocclusion: a longitudinal 10-year postretention evaluation of orthodontically treated patients. *Am J Orthod* 1985;87:175-186.

18. Lundstrom F, Lundstrom A. Natural head position as a basis for cephalometric analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;101:244-247.
19. McNamara JA. A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod* 1984;86:449-469.
20. Nahoum HI, Horowitz SL, Benedicto EA. Varieties of anterior open-bite. *Am J Orthod* 1972;61:486-492.
21. Nahoum HI. Vertical proportions and the palatal plane in anterior open-bite. *Am J Orthod* 1971;59:273-282.
22. Nahoum HI. Vertical proportions: a guide for prognosis and treatment in anterior open-bite. *Am J Orthod* 1977;72:128-146.
23. Nanda SK. Growth patterns in subjects with long and short faces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98:247-258.
24. Nanda SK. Patterns of vertical growth in the face. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;93:103-116.
25. Opdebeeck H, Bell WH. The short face syndrome. *Am J Orthod* 1978;73:499-511.
26. Proffit WR. Contemporary orthodontics. In: Proffit WR, White RP, eds. *Late stages of development*. 3rd ed. St Louis, Mo: CV Mosby 2007;104-105.
27. Rakosi T. *An atlas and manual of cephalometric radiography*. 2nd ed. London: Wolfe Medical Publications Ltd, 1982.
28. Schendel SA, Eisenfeld J, Bell WH, Epker BN, Mishelevich DJ. The long face syndrome: vertical maxillary excess. *Am J Orthod* 1976;70:398-408.
29. Siritwat PP, Jarabak JR. Malocclusion and facial morphology, is there a relationship? An epidemiologic study. *Angle Orthod* 1985;55:127-138.
30. Solow B. The dentoalveolar compensatory mechanism: background and clinical implications. *Br J Orthod* 1980;7:145-161.
31. Soumya KM, Aravind SR, Renji KP, Mahantesh RC, Vinay PR. The Vertical Dimension - An Orthodontist Perspective. *International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSR Journals* 2013;2(2):113-117.
32. Tabachnick B, Fidell L. *Using multivariate statistics*. Fourth ed. Needham Heights, Mass.: Allyn and Bacon, 2001.
33. Trouten JC, Enlow DH, Rabine M, Phelps AE, Swedlow D. Morphologic factors in open bite and deep bite. *Angle Orthod* 1983;53:192-211.