

# Treatment of skeletal class III malocclusions: Orthognathic surgery or orthodontic camouflage? How to decide

## Traitement des malocclusions de classe III squelettique : chirurgie orthognathique ou camouflage orthodontique ; les facteurs décisionnels

Hicham BENYAHIA<sup>a,\*</sup>, Mohamed Faouzi AZAROUAL<sup>a</sup>, Claude GARCIA<sup>b</sup>  
Edith HAMOU<sup>c</sup>, Redouane ABOUQAL<sup>d</sup>, Fatima ZAOUI<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Faculté de médecine dentaire, université Mohamed V Souissi Rabat, BP 6212, Rabat-Instituts, Madinat Al Irfane, Rabat, Morocco

<sup>b</sup>Service de chirurgie maxillofaciale, ORL et chirurgie cervicofaciale, CHP Clairval, 317, boulevard du Redon, 13009 Marseille, France

<sup>c</sup>4, avenue Georges-Clémenceau, 06000 Nice, France

<sup>d</sup>Faculté de médecine et de pharmacie, université Mohamed V, avenue Med Belarbi Alaoui Souissi, Rabat, Morocco

Available online: 20 April 2011 / Disponible en ligne : 20 avril 2011

### Summary

*The choice of treatment in adult skeletal Class III occlusions often poses a particularly tricky problem for the orthodontist. Faced with the option of either orthodontic camouflage or orthognathic surgery, the clinician's clinical experience is of paramount importance, especially in borderline cases. The aim of our study was to uncover a guide model enabling the practitioner to distinguish between skeletal Class III cases which can be suitably treated with orthodontics and those requiring orthognathic surgery. The lateral headfilms of 47 adult patients exhibiting skeletal Class III occlusions were analyzed. The orthodontic group comprised 22 patients and the surgical group 25. Twenty-seven linear, proportional and angular measurements were scrutinized. Stepwise discriminant analysis was used to identify the dentoskeletal and esthetic variables which most distinguished the two groups. The Holdaway angle was chosen*

### Résumé

*La décision thérapeutique dans les malocclusions de Classe III squelettique chez l'adulte constitue souvent pour l'orthodontiste un embarras particulier. Entre camouflage orthodontique et chirurgie orthognathique, l'expérience clinique des cliniciens reste incontestable notamment dans les cas limites. L'objectif de notre étude est d'identifier un modèle guide permettant de séparer les patients de Classe III squelettique qui peuvent être correctement traités en orthodontie de ceux qui ont besoin de chirurgie orthognathique. Les téléradiographies de profil de 47 patients adultes présentant des malocclusions de Classe III squelettique ont été analysées. Le groupe orthodontique comprenait 22 patients, et le groupe chirurgical 25 patients. Vingt-sept mesures, linéaire, proportionnelle et angulaires ont été étudiées. L'analyse discriminante pas à pas a été appliquée pour identifier les variables*

\*Correspondence and reprints / Correspondance et tirés à part.  
e-mail address / Adresse e-mail : benyahia\_hicham@yahoo.fr (Hicham Benyahia)

*to differentiate between patients prior to treatment. This model enables us to classify 87.2% of patients correctly.*

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

## Key-words

- Skeletal Class III.
- Orthodontic camouflage.
- Orthognathic surgery.
- Discriminant analysis.

## Introduction

Class III malocclusions in adults often poses a special problem when choosing the appropriate treatment. A number of factors complicate the practitioner's decision: the uncontrolled development of the malformation due to complex interactions between genetic and environmental factors, the variety of clinical forms, the associated esthetic damage and the orthodontist's relative lack of clinical experience in dealing with these anomalies on account of their rarity [1–3].

Two approaches are available to the patient: (1) orthodontic camouflage treatment calling on dentoalveolar compensations or (2) orthodontic-surgical treatment involving correcting the skeletal disharmony and reorganizing the bite [2].

In practice, the choice between these two treatment approaches is made on the basis of a clinical examination and analysis of the patient's cephalograms. The final decision often turns on the practitioner's clinical experience and personal preference [4].

Previous studies which attempted to define objective criteria aimed at distinguishing between the two treatment groups evidence the wide disparity between the mean values of these indicators, most of them cephalometric. There are very many and frequent borderline cases and the choice of strategy is not always an easy one [4,5].

Borderline Class III involves moderate skeletal discrepancies which can be treated either orthodontically or surgically. According to Cassidy et al. [6], such cases are borderline on account of the similarity in the diagnostic parameters underpinning the choice of treatment.

Moreover, given the complex interactions between skeletal and dentoalveolar malocclusions as well as the broad range of individual variations prevalent in Class III dysmorphoses, it would be insufficient to analyze individual variables separately when drawing up a differential diagnosis and treatment plan [2,4].

*dentosquelettiques et esthétiques séparant le mieux les deux groupes. L'angle H d'Holdaway a été choisi pour différencier les patients en prétraitement. 87,2 % des patients ont été classés correctement avec ce modèle.*

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

## Mots-clés

- Classe III squelettique.
- Camouflage orthodontique.
- Chirurgie orthognathique.
- Analyse discriminante.

## Introduction

Les malocclusions de Classes III chez l'adulte nous posent souvent un problème particulier quant à la décision thérapeutique. L'évolution incontrôlée de la dysmorphose due aux interactions complexes entre facteurs génétiques et environnementaux, la diversité des formes cliniques, le préjudice esthétique associé, le manque relatif d'expérience clinique dans le traitement de ces anomalies en égard à leur faible fréquence, sont autant de facteurs qui compliquent le choix thérapeutique [1–3].

Deux approches sont proposées à l'adulte : un traitement de camouflage orthodontique basé sur les compensations dento-alvéolaires ou un traitement orthodonticochirurgical par normalisation de la disharmonie squelettique et réorganisation occlusale [2].

En pratique, le choix entre ces deux approches thérapeutiques est fondé sur l'examen clinique et l'analyse céphalométrique des patients. La décision repose souvent sur l'expérience clinique et la préférence du praticien [4].

Les quelques études antérieures qui se sont attachées à mettre en évidence des critères objectifs pour distinguer entre les deux groupes thérapeutiques, rendent compte de la grande disparité entre les valeurs moyennes de ces indicateurs principalement céphalométriques. Les cas limites ou « borderline » sont, de ce fait, très nombreux et fréquents et la décision stratégique n'est pas évidente [4,5].

Les cas de Classe III limites concernent des décalages squelettiques modérés pouvant faire l'objet d'une thérapeutique aussi bien orthodontique que chirurgicale. Selon Cassidy et al. [6], ces limites proviennent de la similarité des paramètres diagnostiques qui fondent la décision thérapeutique.

Par ailleurs, en considérant les interactions complexes entre les malocclusions squelettiques et dento-alvéolaires ainsi que le large spectre des variations individuelles dans les dysmorphoses de Classe III, l'analyse de variables individuelles séparément serait insuffisante pour poser un diagnostic différentiel et un plan de traitement [2,4].

Consequently, univariate statistical studies [1,7,8] are not suitable faced with the complexity of Class III conditions. Multivariate analyses are more appropriate.

Discriminant statistical analysis is a multivariate procedure, which is particularly adapted to distinguishing between two groups belonging to the same population on the basis of distinction and prediction models and criteria.

The majority of studies which exploit the potential of discriminant analysis in the orthodontic field have been concerned with facial growth and posttreatment stability [9–14]. A survey of the scientific literature reveals that only two discriminant multivariate studies have attempted to highlight distinguishing criteria for the separation of Class III adults into two groups, the orthodontic and the orthodontic-surgical.

The study by Stellzig-Eisenhauer et al. [4] demonstrated a predictive model using four models, namely, Ao-Bo, the anterior length of the cranial base, the M/M ratio or relationship between the depths of the maxilla and mandible, and the lower goniac angle. The AoBo value is held to be the all-important parameter when distinguishing between the two treatment groups. The study used a fairly large sample of patients. Nonetheless, the criteria used in recruiting them were less selective (Ao-Bo = -1) and did not assist the specific analyzing of patients with borderline Class IIIs. Furthermore, the absence of facial esthetics among the parameters studied partially undermines the validity of the discriminating analysis.

Rabie et al. [5] demonstrated the reliability of a single variable, the Holdaway angle (H angle), in deciding on the treatment to adopt for borderline Class IIIs. The threshold value was calculated at 12°. Thus, a patient with an H angle of less than 12° was deemed to require orthodontic-surgical treatment in view of the extent of the esthetic deficit (concave profile). An angle over 12° could be treated successively with orthodontics alone.

In parallel to these two studies, we intend to look more closely at the distinction between borderline Class III patients who can be treated with orthodontics alone and those requiring orthodontic-surgical treatment. To do so, we adopted more selective recruitment criteria and gave priority to variables related to facial appearance as well as to dentoalveolar and skeletal compensations.

## Material and methods

### Material

The present study is based on data gathered in two clinical centers: the orthodontics unit at the CHIS dental consultation and treatment center in Rabat, Morocco, and the Clairval CHP maxillofacial and esthetic clinic in Marseille where Dr Claude Garcia operates.

Les études statistiques univariées [1,7,8] ne sont donc pas appropriées pour approcher la complexité des Classes III. Les analyses multivariées sont plus judicieuses.

L'analyse statistique discriminante est une procédure multivariée spécialement indiquée pour distinguer deux groupes appartenant à la même population, à partir de modèles et de critères de distinction ou de prédiction.

La majorité des études explorant le potentiel de l'analyse discriminante en orthodontie se sont intéressées en majorité à la croissance faciale et à la stabilité post-thérapeutique [9–14]. En parcourant la littérature scientifique, seulement deux études discriminantes multivariées se sont attachées à mettre en évidence des critères de distinction pour classer les patients de Classe III adultes en deux groupes : orthodontique et orthodonticochirurgical.

L'étude de Stellzig-Eisenhauer et al. [4] a mis en évidence un modèle prédictif à la base de quatre variables qui sont l'Ao-Bo, la longueur antérieure de la base du crâne, le M/M ratio ou rapport entre les profondeurs du maxillaire et de la mandibule, et l'angle goniale inférieur. La valeur de l'Ao-Bo est considérée comme le paramètre décisif de distinction entre les deux groupes thérapeutiques. L'étude a fait appel à un échantillon assez important de patients. Toutefois, l'utilisation de critères de recrutement moins sélectifs (Ao-Bo = -1) ne permet pas d'analyser spécifiquement les patients de Classe III limites. En outre, l'absence de l'esthétique faciale parmi les paramètres étudiés affecte en partie la validité de cette analyse discriminante.

Rabie et al. [5] ont mis en évidence la fiabilité d'une seule variable, l'angle H d'Holdaway pour la décision de l'approche thérapeutique dans les cas de Classe III limites. La valeur seuil est calculée à 12° : un patient avec un angle H d'Holdaway inférieur à 12° devrait bénéficier d'un traitement orthodonticochirurgical, étant donné que le déficit esthétique (concavité du profil) est important. Un angle supérieur à 12° peut être traité orthodontiquement avec succès.

Nous nous proposons parallèlement à ces deux études de préciser davantage la distinction entre les patients de Classe III limites pouvant être traités uniquement par l'orthodontie ou ceux relevant de la chirurgie orthognathique. Pour ce faire, nous utilisons des critères de recrutement plus sélectifs et privilégions des variables évaluant l'esthétique faciale ainsi que les compensations dento-alvéolaires et squelettiques.

## Matériel et méthodes

### Matériel

La présente étude est basée sur les données recueillies auprès de deux centres cliniques : le service d'orthodontie du centre de consultation et de traitements dentaires CHIS de Rabat pour le groupe orthodontique, et la clinique de chirurgie maxillofaciale et esthétique du CHP Clairval de Marseille où pratique le Dr Claude Garcia.

The material comprised lateral headfilms and panoramic X-rays in addition to pre- and posttreatment clinical views of skeletal Class III patients successfully treated using both procedures.

Inclusion criteria, based on pretreatment data, were as follows:

- dental Class III;
- ANB angle less than  $0^\circ$  and/or  $\text{Ao-Bo}$  less than  $-6$  mm;
- absence of major transverse deficits (no facial clefts or craniofacial syndromes);
- absence of multiple agenesia and dental impactions.

The inclusion criteria based on posttreatment criteria were: presence of a stable occlusion in all three dimensions, correct overjet and overbite and satisfactory facial esthetics.

These inclusion criteria enabled us to select 25 patients treated with the orthodontic-surgical protocol and 22 patients treated by orthodontics alone.

## Method

The study was performed using the pretreatment lateral headfilms. Commercial cephalometric software (Orqualceph, Orqual NG, France) was used by a single operator to analyze the different cephalometric parameters (*fig. 1*).

Twenty-five angle measurements, one linear measurement and one ratio were chosen for this study. The majority of these parameters were already used in studies by Stellzig-Eisenhauer et al. [4] and Rabie et al. [5]. The sole exceptions are the Holdaway H angle [15], the symphyseal axis/Npog angle, the symphyseal axis/ML angle and the Ricketts Y axis.

The following cephalometric parameters were measured (*fig. 2*):

- PoOr-NBa: cranial deflexion angle;
- NSAr: sella turcica angle;
- BaSN: cranial base angle;
- SNA: sagittal position of the maxilla relative to the anterior part of the cranial base;
- PP-SN: inclination of the palatal plane relative to the anterior cranial base;
- SNB: sagittal position of the mandible relative to the anterior part of the cranial base;
- ML-SN: divergence of the mandibular plane relative to the anterior part of the cranial base;
- Npog-SN: angle formed by the facial plane and the anterior part of the cranial base;
- Go-Me/SN: ratio between the length of the mandibular body and the length of the anterior cranial base;
- GoMe-SN: angle of facial divergence;
- ANB: sagittal maxillo-mandibular disparity;
- Ao-Bo: sagittal disparity between Ao and Bo, orthogonal projections of A and B on the occlusal plane;

Le matériel comprenant les téléradiographies de profil et les radiographies panoramiques ainsi que les photos cliniques avant et après traitement des patients de Classe III squelettique traités avec succès selon les deux procédés.

Les critères d'inclusion à partir des données préthérapeutiques réunissent :

- la Classe III dentaire ;
- l'angle ANB inférieur à  $0^\circ$  et/ou l'Ao-Bo inférieur à  $-6$  mm ;
- l'absence de déficits transversaux importants (absence de fentes faciales et de syndromes craniofaciaux) ;
- l'absence d'agénésies et d'inclusions dentaires multiples.

Les critères d'inclusion à partir des données post-thérapeutiques sont la présence d'une occlusion stable dans les trois dimensions, d'un overjet et d'un overbite corrects, et d'une esthétique faciale satisfaisante.

Ces critères d'inclusion ont permis la sélection de 25 patients traités par protocole orthodonticochirurgical et de 22 patients traités exclusivement en orthodontie.

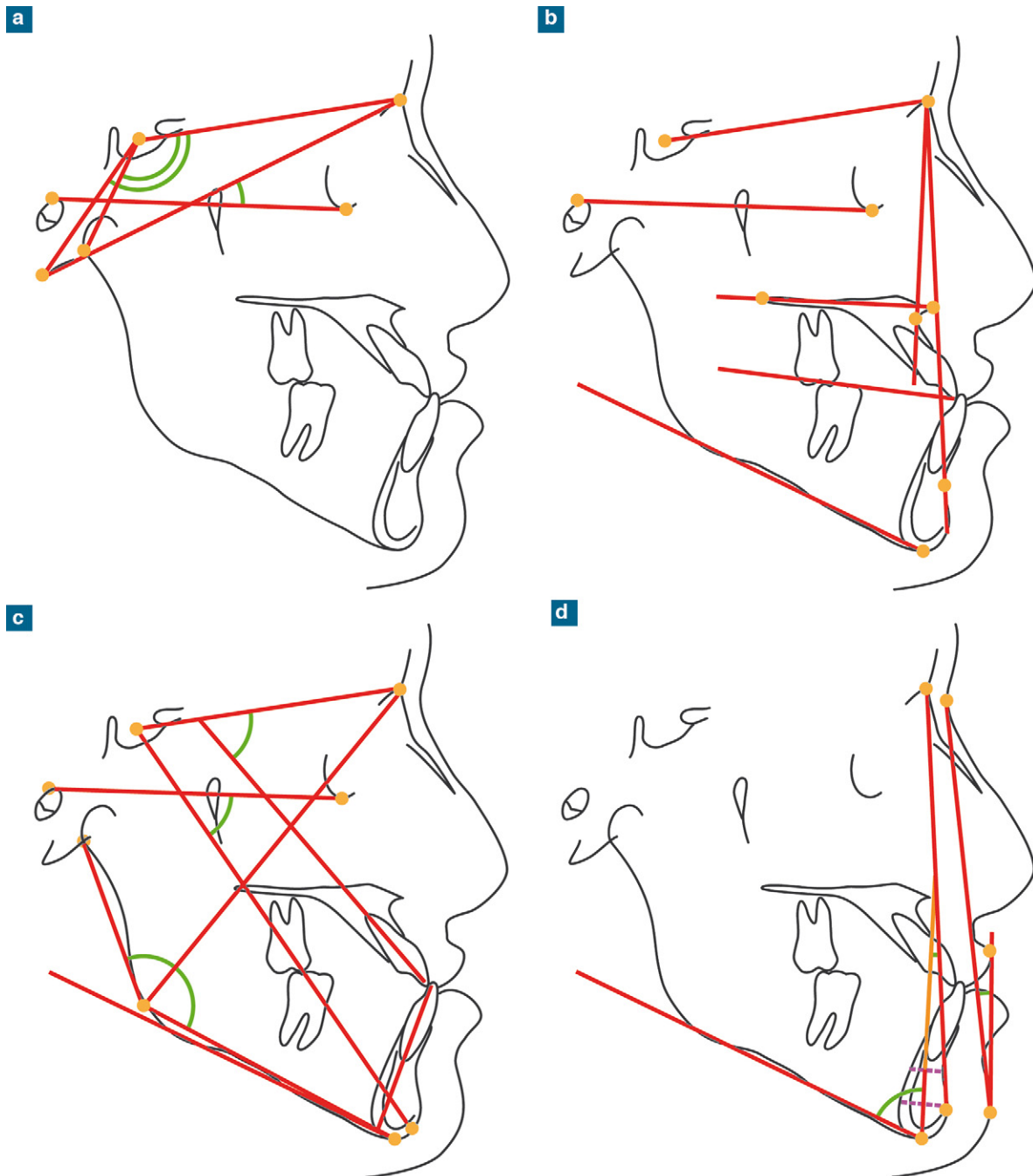
## Méthode

L'étude est réalisée sur les téléradiographies de profil de début de traitement. Un logiciel commercial de céphalométrie (Orqualceph, Orqual NG, France) est utilisé par un seul opérateur pour étudier les différents paramètres céphalométriques (*fig. 1*).

Vingt-cinq mesures angulaires, une mesure linéaire et un rapport ont été choisis pour cette étude. Ces paramètres sont pour la plupart les mêmes que ceux utilisés dans les études de Stellzig-Eisenhauer et al. [4] et de Rabie et al. [5]. À l'exception de l'angle H d'Holdaway [15], l'angle axe symphysaire/Npog et l'angle axe symphysaire/ML, ainsi que l'axe Y de Ricketts.

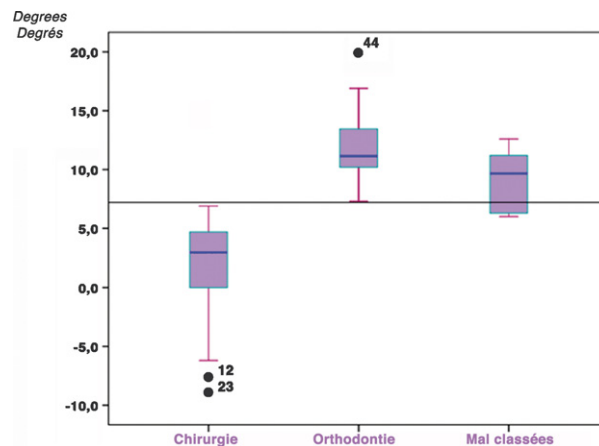
Les paramètres céphalométriques suivants ont été mesurés (*fig. 2*) :

- PoOr-NBa : angle de déflexion crânienne ;
- NSAr : angle de la selle turcique ;
- BaSN : angle de la base du crâne ;
- SNA : position sagittale du maxillaire par rapport à la partie antérieure de la base du crâne ;
- PP-SN : inclinaison du plan palatin par rapport à la base antérieure du crâne ;
- SNB : position sagittale de la mandibule par rapport à la partie antérieure de la base du crâne ;
- ML-SN : divergence du plan mandibulaire par rapport à la partie antérieure de la base du crâne ;
- Npog-SN : angle du plan facial et de la partie antérieure de la base du crâne ;
- Go-Me/SN : rapport de la longueur du corps mandibulaire et de la longueur de la base antérieure du crâne ;
- GoMe-SN : angle de la divergence faciale ;
- ANB : décalage sagittal maxillomandibulaire ;
- Ao-Bo : décalage sagittal entre Ao et Bo, projections orthogonales de A et B sur le plan d'occlusion ;



**Fig. 1:** Cephalometric parameters used in the study: **a:** cranial base: NaBa-PoOr, SN-Ar, SN-Ba; **b:** sagittal and vertical skeletal discrepancies: SNA, SNB, SNPog, NaPog, PP-SN, ML-SN, Occ-ML, Occ-F; **c:** facial divergence and dentoalveolar compensations: Y axis, ArGo-Me, U1-SN, L1-ML; **d:** facial esthetics: Holdaway H angle, symphyseal axis-Npog angle, symphyseal axis-ML angle.

**Fig. 1 :** Paramètres céphalométriques de l'étude: **a :** base du crâne : NaBa-PoOr, SN-Ar, SN-Ba ; **b :** décalages squelettiques sagittal et vertical : SNA, SNB, SNPog, NaPog, PP-SN, ML-SN, Occ-ML, Occ-F ; **c :** divergence faciale et compensations dento-alvéolaires : axe Y, ArGo-Me, U1-SN, L1-ML ; **d :** esthétique faciale : angle H d'Holdaway, angle axe Symphyse-NPog, angle axe Symphyse-ML.



**Fig. 2:** Box-plot diagram representing the Holdaway H angle values of patients correctly classified in the surgical group ( $n = 21$ ) with a median of  $3.3^\circ$ , of patients correctly classified in the orthodontics group ( $n = 20$ ) with a median of  $12^\circ$ . The misclassified patients ( $n = 6$ ) showed a median of  $9.5^\circ$ . The black line represents the threshold value of the H angle ( $7.2^\circ$ ).

**Fig. 2 :** Diagramme type « Box plots » représentant les valeurs de l'angle H d'Holdaway des patients du groupe chirurgical correctement classés ( $n = 21$ ) dont la médiane est de  $3,3^\circ$ , des patients du groupe orthodontique correctement classés ( $n = 20$ ) dont la médiane est de  $12^\circ$ . Pour les patients mal classés ( $n = 6$ ), la médiane correspond à la valeur de  $9,5^\circ$ . La ligne noire représente la valeur seuil de l'angle H qui est de  $7,2^\circ$ .

- Occ/ML: inclination of the functional occlusal plane relative to the lower mandibular margin;
- Occ/F: inclination of the functional occlusal plane relative to the Frankfurt plane;
- PP-ML: inclination of the palatal plane relative to the lower mandibular margin;
- NAPog: angle showing the position of point A relative to the N-Pog facial plane;
- ArGoMe: goniac angle;
- Go sup. or NGoAr: upper goniac angle;
- Go inf. or NGoMe: lower goniac angle;
- Y-FF: inclination of the Ricketts Y axis relative to the Frankfurt plane;
- U1-SN: inclination of the upper incisors relative to the anterior cranial base;
- L1-ML: inclination of the lower incisors relative to the lower mandibular margin;
- U1-L1: internal interincisal angle;
- Holdaway H angle: angle formed by soft-tissue nasion – soft-tissue pogonion – tangent to the upper lip;
- Z angle: angle formed by the soft-tissue pogonion – the more protrusive lip with the Frankfurt plane;
- angle formed by the symphyseal axis/NPog;
- angle formed by the symphyseal axis/ML: the symphyseal axis is the geometric axis of the mandibular symphysis, not taking into account the alveolar part related to the lower

- Occ/ML : inclinaison du plan occlusal fonctionnel par rapport au bord mandibulaire inférieur ;
- Occ/F : inclinaison du plan occlusal fonctionnel par rapport au plan de Francfort ;
- PP-ML : inclinaison du plan palatin par rapport au bord mandibulaire inférieur ;
- NAPog : angle attestant de la position du point A par rapport au plan facial N-Pog ;
- ArGoMe : angle goniale ;
- Go sup. ou NGoAr : angle goniale supérieur ;
- Go inf. ou NGoMe : angle goniale inférieur ;
- Y-FF : inclinaison de l'axe Y de Ricketts par rapport au plan de Francfort ;
- U1-SN : inclinaison de l'incisive supérieure par rapport à la base antérieure du crâne ;
- L1-ML : inclinaison de l'incisive inférieure par rapport au bord mandibulaire inférieur ;
- U1-L1 : angle interne inter incisif ;
- angle H d'Holdaway : angle nasion cutané – pogonion cutané – tangente à la lèvre supérieure ;
- angle Z : angle de la ligne pogonion cutané – lèvre la plus protrusive avec le plan de Francfort ;
- angle axe symphysaire/NPog ;
- angle axe symphysaire/ML : l'axe symphysaire est l'axe géométrique de la symphyse mandibulaire ne tenant pas compte de la partie alvéolaire en rapport avec l'incisive

incisors (the symphyseal axis provides information regarding symphyseal compensations according to the facial type or skeletal pattern).

Headfilms of 10 randomly selected patients were retraced and measured on two separate occasions. Measurement error was calculated using the Dahlberg equation [16]:

$$EM = \sqrt{\sum d^2 / 2n}$$

In which  $d$  represents the difference between the two measurements of the variable and  $n$  the number of double measurements. The standard error ranged from  $0.48^\circ$  to  $1.52^\circ$  for angle measurements and was 1.68 mm for Ao-Bo value measurements. These error values are equivalent to those in similar studies [4,5].

### Statistical analysis

Data analysis was performed using SPSS software for Windows, version 13.0. Data were compared using the Mann-Whitney test for comparison of independent groups in order to assess the difference between the cephalometric parameters in the two groups, orthodontic and surgical. Levels of significance were set at  $P < 0.05$ ,  $< 0.01$  and  $< 0.001$ .

Stepwise discriminant analysis was performed to determine an equation or a predictive model with a single variable or a minimum number of variables capable of differentiating the two groups. Only those variables which recorded a significant difference ( $P < 0.05$ ) were included in the analysis.

The Spearman correlation test for non-parametric variables enabled us to identify the strong correlations between variables. In order to avoid redundancy, only the major non-strongly-correlated variables were subjected to discriminant analysis. The threshold value of the correlation index was set at 0.5.

The discriminant function coefficients were calculated for each of the selected variables, with a constant. An equation was then obtained to attribute a score to each new patient. Discriminant analysis calculated a mean score or centroid for all patients in each group. The threshold score, corresponding to the solution of the equation at the interface between the two groups, represents the mean of the two centroids.

The classification power of the predictive model was assessed by calculating the percentage of correctly classified patients and the number of incorrectly classified patients in the two groups [4].

## Results

A descriptive statistical analysis of all the cephalometric variables in the two groups, surgical and orthodontics, is shown in

inférieure (cet axe symphysaire permet d'avoir une idée sur les compensations symphysaires en fonction du type facial et du schéma squelettique).

Les téléradiographies de dix patients choisis au hasard ont été retracées et mesurées à deux occasions différentes ; l'erreur de mesure est calculée en utilisant la formule de Dahlberg [16] :

$$EM = \sqrt{\sum d^2 / 2n}$$

Où  $d$  représente la différence entre les deux mesures de la variable et  $n$  est le nombre de doubles mesures. L'erreur standard varie entre  $0,48^\circ$  et  $1,52^\circ$  pour les mesures angulaires et 1,68 mm pour les mesures de la valeur de Ao-Bo. Ces valeurs d'erreur sont de même grandeur que des études similaires [4,5].

### Analyse statistique

L'analyse des données a été effectuée en utilisant le logiciel SPSS pour Windows, version 13.0. Les données sont comparées en utilisant le test de Mann-Whitney pour groupes indépendants pour apprécier la différence entre les paramètres céphalométriques des deux groupes : orthodontique et chirurgical. Les degrés de significativité sont établis à  $p < 0,05$ ,  $< 0,01$  et  $< 0,001$ .

L'analyse discriminante pas à pas est réalisée pour déterminer une équation ou un modèle prédictif avec une variable ou un minimum de variables séparant le mieux les deux groupes. Seules les variables objectivant une différence significative ( $p < 0,05$ ) sont incluses dans l'analyse.

Le test de corrélation de Spearman pour variables non paramétriques permet d'identifier les fortes corrélations entre les variables. Afin d'éviter la redondance, seules les variables majeures non fortement corrélées sont admises à l'analyse discriminante. La valeur seuil de l'indice de corrélation est fixée à 0,5.

Les coefficients de la fonction discriminante sont calculés pour chaque variable sélectionnée, avec une constante. Une équation est alors formulée assignant un score à chaque nouveau patient. Pour chaque groupe, l'analyse discriminante objective un score moyen ou centroïde pour tous les patients du groupe. Le score seuil qui est la solution de l'équation à l'interface des deux groupes, correspond à la moyenne des deux centroïdes.

La puissance de classement du modèle prédictif est appréciée, en précisant le pourcentage des patients correctement classés et celui des patients mal classés dans les deux groupes [4].

## Résultats

L'analyse statistique descriptive de toutes les variables céphalométriques au niveau des deux groupes, orthodontique

Table I. Using the Mann-Whitney test, a significant difference was observed for 15 out of the 27 parameters. The parameters which indicated a significant difference between the groups were, primarily, the inclination of the palatal plane, position of the mandible, intermaxillary discrepancy, facial divergence,

et chirurgical, est représentée au niveau du Tableau I. Une différence significative selon le test de Mann-Whitney est observée pour 15 paramètres sur 27. Les paramètres présentant une différence intergroupe significative concernent essentiellement l'inclinaison du plan palatin, la position

## Table I

Means, standard deviations and significance of cephalometric parameters for the two groups, orthodontic and surgical.

## Tableau I

Moyennes, écart-types et significativité des paramètres céphalométriques étudiés au niveau des deux groupes orthodontique et chirurgical.

Cephalometric variables/ <i>Variables céphalométriques</i>	Orthognathic surgery/ <i>Chirurgie orthognathique</i>	Orthodontics/ <i>Orthodontie</i>	Significance/ <i>Significativité</i>
PoOr-NBa (°)	30.78 ± 2.39	30.16 ± 3.63	NS
NSAr (°)	122.64 ± 5.31	123.74 ± 6.17	NS
BaSN (°)	131.15 ± 4.95	131.05 ± 6.13	NS
SNA (°)	78.08 ± 4.47	78.49 ± 3.45	NS
PP-SN (°)	6.59 ± 3.38	9.89 ± 5.17	0.013*
SNB (°)	82.48 ± 4.33	79.48 ± 2.98	0.003**
ML-SN (°)	33.48 ± 7.19	36.40 ± 5.58	NS
NPog-SN (°)	83.79 ± 4.38	77.86 ± 9.15	0.001**
Go-Me/SN	1.143 ± 0.089	1.12 ± 0.07	NS
GoMe-SN (°)	36.10 ± 6.64	38.88 ± 5.72	NS
ANB (°)	-4.41 ± 3.13	-1.01 ± 2.01	0.003**
Ao-Bo (mm)	-10.44 ± 3.74	-7.59 ± 1.95	0.013*
Occ/ML (°)	16.42 ± 5.40	15.65 ± 3.43	NS
Occ/F	5.94 ± 5.90	9.54 ± 4.04	0.021*
PP-ML (°)	26.87 ± 6.66	26.52 ± 5.71	NS
NAPog (°)	-5.49 ± 3.65	-0.89 ± 2.48	< 0.001***
ArGoMe (°)	131.12 ± 7.10	128.12 ± 4.72	NS
Go sup	53.10 ± 4.66	50.03 ± 5.15	0.041*
Go inf	78.01 ± 6.06	78.08 ± 4.66	NS
Axe Y	54.57 ± 4.30	58.58 ± 3.24	0.026*
U1-SN (°)	108.27 ± 10.23	108.55 ± 6.70	NS
L1-ML (°)	83.75 ± 9.91	91.00 ± 6.06	0.032*
U1-L1 (°)	134.62 ± 13.19	124.02 ± 8.98	0.028*
Holdaway H angle/ <i>Angle H d'Holdaway</i>	3.04 ± 5.43	11.32 ± 3.46	< 0.001***
Z angle/ <i>Angle Z</i>	89.60 ± 7.60	76.16 ± 5.90	< 0.001***
Symphyseal axis/NPog/ <i>Axe symphyse/NPog</i>	-1.64 ± 11.54	7.06 ± 10.39	0.041*
Symphyseal axis/ML/ <i>Axe symphyse/ML</i>	61.25 ± 10.86	71.33 ± 8.46	0.011*

Level of significance : \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ ; \*\*\*  $P < 0.001$ ; NS, non-significant.  
 Degré de significativité : \*  $p < 0,05$  ; \*\*  $p < 0,01$  ; \*\*\*  $p < 0,001$  ; NS : non significatif.



dentoalveolar compensations (particularly mandibular) and facial esthetics, which registered a very significant difference.

In contrast, inclination of the cranial base, position of the maxilla and facial divergence showed no significant differences. This could be due to the absence of major structural differences between the two groups, given the ethnic heterogeneity of the sample.

The 15 selected parameters were evaluated by the Spearman correlation test.

Four independent variables were retained and integrated into the stepwise discriminant analysis. These were: the SNB angle, the Ao-Bo angle, the Holdaway H angle (H angle) and the symphyseal axis/Npog angle (Table II).

Stepwise analysis identified only one variable, the H angle, capable of distinguishing between orthodontic and surgical patients (Table III).

The canonical coefficients of the discriminant function and the calculated constant provided the following equation designed to calculate the individual score given to each new patient in one of the two groups:

**Table II**

Spearman correlations.

		SNB (°)	Ao-Bo (mm)	Holdaway H angle/ Angle H d'Holdaway (°)	Symphyseal axis/NPog angle/ Angle axe symphyse/NPog (°)
SNB (°)	<i>r</i>	1	-0.40	-0.37	-0.19
Ao-Bo (mm)	<i>r</i>	-0.40	1	0.50	0.08
Holdaway H angle/ Angle H d'Holdaway (°)	<i>r</i>	-0.37	0.50	1	0.41
Symphyseal axis angle/NPog/ Angle axe symphyse /NPog (°)	<i>r</i>	-0.19	0.08	0.41	1

*r*: correlation coefficient.  
*r*: coefficient de corrélation.

**Table III**

Stepwise discriminant analysis.

Predicted variables/ <i>Variables prédictives</i>	Canonical coefficients of the discriminant function/ <i>Coefficients canoniques de la fonction discriminante</i>
Holdaway H angle/ <i>Angle H d'Holdaway</i>	0.216
(Constant)/( <i>Constante</i> )	-1.498

Individual score = -1.498 + 0.216 × Holdaway H angle.  
Group centroids: orthodontics group: 0.953; surgery group: -0.838.  
Threshold score = 0.0575.  
Score individuel = -1,498 + 0,216 × angle H d'Holdaway.  
Centroides des groupes : groupe orthodontie : 0,953 ; groupe chirurgie : -0,838.  
Score seuil = 0,0575.

mandibulaire, le décalage intermaxillaire, la divergence faciale, les compensations dento-alvéolaires (surtout mandibulaires) et l'esthétique faciale qui présente une différence très significative.

En revanche, l'inclinaison de la base du crâne, la position du maxillaire et la divergence faciale n'objectivent pas de différence significative. Cela pourrait attester de l'absence de différences structurales majeures entre les deux groupes étant donné l'hétérogénéité raciale de l'échantillon.

Les 15 paramètres sélectionnés sont soumis au test de corrélation de Spearman.

Quatre variables indépendantes sont conservées et intégrées à l'analyse discriminante pas à pas : l'angle SNB, l'Ao-Bo, l'angle H d'Holdaway et l'angle axe Symphysaire/Npog (Tableau II).

L'analyse discriminante pas à pas identifie une seule variable permettant de distinguer entre les patients orthodontiques et les patients chirurgicaux. C'est l'angle H d'Holdaway (Tableau III).

Les coefficients canoniques de la fonction discriminante ainsi que la constante calculée définissent l'équation suivante permettant de calculer le score individuel assignant un nouveau patient à l'un des deux groupes :

**Tableau II**

Corrélations de Spearman.

**Tableau III**

Analyse discriminante pas à pas.

**Table IV**

Classification power of discriminant analysis.

Original groups/ <i>Groupes d'origine</i>	Predicted groups/ <i>Groupes prédits</i>	
	Surgery/ <i>Chirurgie</i>	Orthodontics/ <i>Orthodontie</i>
Sample size/ <i>Effectif</i>	Surgery/ <i>Chirurgie</i> (n = 25)	21      4
	Orthodontics/ <i>Orthodontie</i> (n = 22)	2      20
%	Surgery/ <i>Chirurgie</i>	84.0      16.0
	Orthodontics/ <i>Orthodontie</i>	9.1      90.9

87.2% of the original observations were correctly classified.  
 87,2 % des observations originales classées correctement.

Individual score =  $-1.498 + (0.216 \times \text{Holdaway H angle})$ .  
 The threshold score was 0.0575, corresponding to a threshold limit of the H angle of  $7.2^\circ$ .

Every new skeletal Class III patient with an individual score above the threshold score can be successfully treated with orthodontics alone. On the other hand, patients with a negative score or a score below the threshold score could benefit from combined orthodontic-surgical treatment.

The percentage of patients correctly classified using this model was 87.2%. Two patients in the orthodontics group (n = 22) and four patients in the combined orthodontics-surgery group were misclassified (Table IV).

The fig. 2 shows the box-plot diagram presenting the H angle values of the orthodontic and surgical following discriminant analysis.

The higher median of the H angle for the correctly classified patients in the surgery group was  $3.3^\circ$ . The median for the orthodontic group was  $12^\circ$ .

The misclassified patients had a median of 9.5%.

## Discussion

The present study investigated pretreatment distribution of skeletal Class III cases into two distinct groups, orthodontic and surgical.

In practice, the treatment decision is based on the clinical examination and the cephalometric analysis by assessing the amount of sagittal and vertical discrepancy, dentoalveolar compensations and facial esthetics. The importance of facial esthetics in the Class III decision-making process was confirmed by the results of this study. The H angle was singled out by discriminant analysis as being the decisive parameter. The threshold or borderline value was  $7.2^\circ$ . Consequently, a patient with an H angle above this value can be successfully treated by orthodontics without the need for orthognathic surgery.

**Tableau IV**

Puissance de classification de l'analyse discriminante.

score individuel =  $-1,498 + (0,216 \times \text{angle H d'Holdaway})$ .

Le score seuil est égal à 0,0575 correspondant à une valeur limite de l'angle H qui est de  $7,2^\circ$ .

Chaque nouveau patient de Classe III squelettique présentant un score individuel supérieur au score seuil peut être traité orthodontiquement avec succès ; en revanche un patient avec un score individuel négatif ou inférieur au score limite devrait bénéficier d'un traitement combiné orthodonticochirurgical.

Le pourcentage des patients classés correctement avec ce modèle est de 87,2 % ; deux patients du groupe orthodontique (n = 22) et quatre patients du groupe chirurgical (n = 25) ont été mal classés (Tableau IV).

La fig. 2 donne le diagramme type « Box plots » représentant les valeurs de l'angle H d'Holdaway des groupes orthodontique et chirurgical à la suite de l'analyse discriminante.

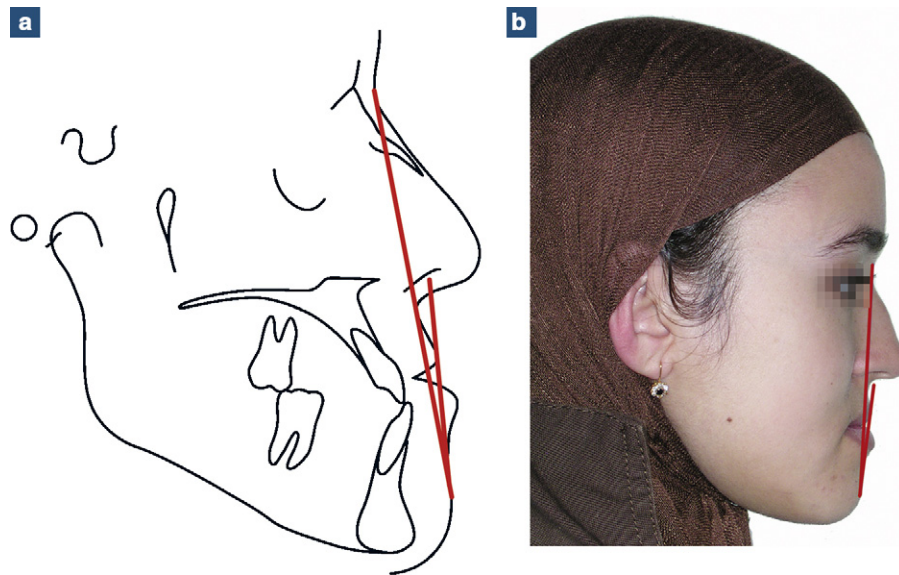
La médiane des valeurs de l'angle d'Holdaway supérieure des patients du groupe chirurgical correctement classés est de  $3,3^\circ$ . La médiane concernant le groupe orthodontique est de  $12^\circ$ .

Pour les patients mal classés, la médiane correspond à la valeur de  $9,5^\circ$ .

## Discussion

La présente étude s'intéresse à la distinction avant traitement des cas de Classe III squelettique en deux groupes, orthodontique et chirurgical.

En pratique, la décision thérapeutique est fondée sur l'examen clinique et l'analyse céphalométrique des patients, en évaluant le degré de décalage squelettique sagittal et vertical, les compensations dento-alvéolaires et l'esthétique faciale. L'importance de l'esthétique faciale dans la prise de décision des patients de Classes III est corroborée par les résultats de notre étude. L'angle H d'Holdaway est sélectionné par l'analyse discriminante comme le paramètre décisif. La valeur seuil ou limite étant de  $7,2^\circ$  : un patient avec un angle H supérieur à cette valeur peut être traité orthodontiquement avec succès sans le recours à une chirurgie orthognathique.



**Fig. 3: a, b:** pretreatment cephalometric tracing and lateral extraoral view of a female patient requiring orthognathic surgery (H angle = 3.5°).

**Fig. 3 : a, b :** tracé céphalométrique avant traitement et photographie exo-buccale de profil d'une patiente candidate à la chirurgie orthognathique (angle H = 3,5°).

Initially, the H angle [17] was formed by the H line drawn from the soft-tissue menton and tangent to the upper lip and the bony Na-B line. Its ideal value was 7 to 9° when the ANB angle was between 1 and 3° (skeletal Class I). Apart from this normal range, the H angle is directly proportional to the ANB angle. Every degree of greater or lower convexity is added or subtracted to, or from, the H angle. Consequently, the latter does not express the balance of the soft-tissue profile and the lips-chin relation.

In 1983, Holdaway [15] modified this form of this angle, which is now formed by the soft-tissue H line and the soft-tissue facial plane (Na-Pog) I (fig. 3). Ideally, its value is 10° when the facial convexity is normal.

This angle quantifies the protrusion of the upper lip relative to soft-tissue profile [15,18] and is independent of the skeletal discrepancy of the bases (ANB angle). Consequently, it is perfect for characterizing the profile of borderline surgical skeletal Class IIIs, in whom esthetics and facial appearance might be of greater importance than occlusion or skeletal discrepancy.

The study by Rabie et al. [5] found a threshold value for the H angle of 12°, which seems high when compared with Holdaway's findings. Moreover, using the original H angle could bias assessment of the soft-tissue profile on account of the variations in the ANB angle.

The predictive power of the discovered model is high with 87% of patients correctly classified. Only two patients in the

Initialement, l'angle H [17] était formé par la ligne H tracée du menton cutané et tangente à la lèvre supérieure, et de la ligne Na-B osseuse. Sa valeur devait être idéalement de 7 à 9° quand l'angle ANB était de 1 à 3° (Classe I squelettique). En dehors de cet intervalle de normalité, l'angle H est directement proportionnel à l'angle ANB. Chaque degré de convexité en plus ou en moins, est ajouté ou soustrait à l'angle H. De ce fait, il n'exprime pas l'équilibre du profil cutané et le rapport lèvres-menton.

En 1983, Holdaway [15] modifie le tracé de cet angle qu'il construit alors par la ligne H cutanée et le plan facial cutané (NaPog) (fig. 3). Sa valeur est idéalement de 10° quand la convexité faciale est normale.

Il mesure la proéminence de la lèvre supérieure par rapport au profil facial cutané [15,18], et il est indépendant du décalage squelettique des bases (angle ANB). Il est de ce fait parfaitement indiqué pour caractériser le profil des Classes III squelettiques limites chirurgicales, chez qui l'esthétique et l'apparence faciale seraient plus importantes que l'occlusion ou le décalage osseux.

L'étude de Rabie et al. [5] objective une valeur seuil pour l'angle d'Holdaway de 12° qui semble une valeur importante comparée aux travaux d'Holdaway. Par ailleurs, l'utilisation de l'angle d'Holdaway original pourrait biaiser l'évaluation du profil cutané par les variations de l'angle ANB.

La capacité prédictive du modèle découvert est importante : 87,2 % des patients ont été correctement classés, seuls deux

orthodontic group ( $n = 22$ ) and four patients in the surgical group ( $n = 25$ ) were incorrectly classified.

For these patients, the median of the H angle values is  $9.5^\circ$  as compared with  $12^\circ$  for the correctly classified orthodontic group and  $3.3^\circ$  for the surgical group. Thus, one notes a median for the misclassified patients, which is much closer to that of the non-surgical group than to the surgical group.

This could be accounted for by the fact that the cephalometric measurements selected for the study do not cover all the parameters, which contribute clinically to the treatment decision process. Other parameters need to be taken into account in any future studies, notably in borderline Class III cases. The most important are: facial esthetics, soft-tissue disharmony, and deficient transverse dimension in skeletal Class IIIs.

Frontal headfilms need to be analyzed and borne in mind when making one's decision. The power of discriminant analysis will inevitably be enhanced.

The preference of both patient and clinician can also impact the option chosen [5,7,19,20].

Practitioners use their knowledge and clinical experience acquired when treating similar cases each time they are required to decide between a surgical or a non-surgical approach. However, one clinician's experience will differ from another's, which probably means that there is an element of luck involved when a borderline surgical Class III case consults at one office rather than another. If an orthodontist has had good results with non-surgical treatment, he will likely try a less invasive approach. However, if he/she has had better results with surgery, he/she will no doubt offer the patient only that option.

Long-term follow-up studies of borderline surgical cases treated by orthodontics would be extremely useful. They would enable clinicians to analyze their patients in greater depth in order to detect any therapeutic "shortcomings" or possible long-term side effects.

The Holdaway angle appears to offer a useful instrument allowing orthodontists to assess facial esthetic deficit in Class III malocclusions. It provides more objective information regarding the classification of borderline cases and can assist in the decision-making process. In addition, thanks to the soft-tissue landmarks involved, it is easy to measure, even on lateral extraoral photographs (fig. 3).

## Conclusion

The Holdaway H angle was selected by stepwise discriminant analysis as the most conclusive parameter when attempting to differentiate between orthodontic and surgical Class III patients. Its predictive power is 87.2%, thus confirming the importance of facial esthetics in the choice of treatment.

Nonetheless, this study presents several limitations:

patients du groupe orthodontique ( $n = 22$ ) et quatre patients du groupe chirurgical ( $n = 25$ ) ont été mal classés.

Pour ces patients, la médiane des valeurs de l'angle d'Holdaway est de  $9,5^\circ$  comparée aux  $12^\circ$  concernant le groupe orthodontique correctement classé et aux  $3,3^\circ$  pour le groupe chirurgical. On observe donc, une médiane des mal classés beaucoup plus proche du groupe non chirurgical que du groupe chirurgical.

Cela pourrait être expliqué par le fait que les mesures céphalométriques choisies dans l'étude ne couvrent pas tous les paramètres contribuant cliniquement à la prise de décision. D'autres paramètres surtout dans les Classes III limites doivent être pris en compte dans des études ultérieures notamment l'esthétique faciale, la dysharmonie des tissus mous et la dimension transversale déficiente dans les Classes III squelettiques.

La téléradiographie de face doit être analysée et prise en compte dans cette distinction. La puissance de l'analyse discriminante s'en trouvera améliorée.

La préférence des patients et des cliniciens peut également affecter l'option choisie [5,7,19,20].

Les praticiens utilisent les connaissances et l'expérience clinique acquise dans le traitement de cas similaires au moment de décider d'une approche chirurgicale ou non chirurgicale. Mais les expériences diffèrent d'un clinicien à l'autre, ce qui pourrait ajouter le facteur chance pour un patient de Classe III limite chirurgie qui se présente dans un cabinet d'orthodontie plutôt que dans un autre. Si l'orthodontiste a eu des résultats positifs avec un traitement non chirurgical, il pourrait tenter une approche moins invasive, mais si cet orthodontiste a eu de meilleurs résultats avec la chirurgie, la proposition faite au patient ne concernera que cette option.

Des études de suivi à long terme des cas limites chirurgicaux traités orthodontiquement seraient très intéressantes à ce propos. Elles permettraient aux cliniciens d'analyser plus en détail ces patients pour déceler des « insuffisances » thérapeutiques ou d'éventuels effets indésirables à long terme.

L'angle d'Holdaway semble être un outil intéressant pour juger du déficit esthétique facial dans les malocclusions de Classe III. Il apporte plus d'objectivité quant au classement des cas limites et aide à la prise de décision thérapeutique. En outre, il est facilement mesurable, grâce à ses repères cutanés, même sur des photographies exo-buccales du profil (fig. 3).

## Conclusion

L'angle H d'Holdaway est sélectionné par l'analyse discriminante pas à pas comme le paramètre le plus décisif pour distinguer entre les patients de Classe III orthodontiques et chirurgicaux avec une capacité prédictive de 87,2 %, ce qui confirme l'importance de l'esthétique faciale dans la prise de décision thérapeutique.

Toutefois, cette étude multivariée présente des limites :

— the distinction between patients is mainly based on cephalometric clinical data;  
— transverse deficits were not included;  
— facial esthetic analysis was not pursued in depth.

## Disclosure of interest

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

### Acknowledgements

We wish to express our gratitude to Drs Edith Hammou and Claude Garcia for providing access to the data of surgically treated cases, and for their great support.  
A special thank you is due to the team of Dr Abouqal, head of the Biostatistics, Clinical Research and Epidemiology laboratory in Rabat, for validating the statistical analysis in our study.

— la séparation des patients est fondée sur des données cliniques principalement céphalométriques ;  
— les déficits transversaux ne sont pas pris en compte ;  
— l'analyse esthétique faciale n'est pas approfondie.

## Déclaration d'intérêts

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

### Remerciements

Nous tenons à exprimer notre gratitude aux docteurs Edith Hammou et Claude Garcia pour l'accès aux données des cas traités chirurgicalement et leur grand soutien.  
Un remerciement particulier à l'équipe du Dr Abouqal, directeur du laboratoire de biostatistique et de recherche clinique et épidémiologique de Rabat pour la validation de l'analyse statistique de l'étude.

## References/Références

1. Baron P. Thérapeutique orthodontique ou chirurgicale des Classes III squelettiques : éléments de décision. *Rev Orthop Dento Faciale* 1993;27:305–14.
2. Schuster G, Lux CJ, Stellzig-Eisenhauer A. Children with Class III malocclusion: development of multivariate statistical models to predict future need for orthognathic surgery. *Angle Orthod* 2003;73:136–45.
3. Battagel JM. The aetiological factors in Class III malocclusion. *Eur J Orthod* 1993;15:347–70.
4. Stellzig-Eisenhauer A, Lux CJ, Schuster G. Treatment decision in adult patients with Class III malocclusion: orthodontic therapy or orthognathic surgery? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122:27–37.
5. Rabie ABM, Wong RWK, Min GU. Treatment in borderline Class III malocclusion: orthodontic camouflage (extraction) versus orthognathic surgery. *Open Dent J* 2008;2:38–48.
6. Cassidy Jr. DW, Herbosa EG, Rotskoff KS, Johnston Jr. LE. A comparison of surgery and orthodontics in “borderline” adults with Class II, division 1 malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;104:455–70.
7. Proffit WR, Philips C, Dann CT. Who seeks surgical-orthodontic treatment? *Int J Adult Orthod Orthognath Surg* 1990;5:153–60.
8. Kerr WJS, Miller S, Dawber JE. Class III malocclusion: surgery or orthodontics? *Br J Orthod* 1992;19:21–4.
9. Battagel JM. Discriminant analysis: a model for the prediction of relapse in Class III children treated orthodontically by a nonextraction technique. *Eur J Orthod* 1993;15:199–209.
10. Battagel JM. Predictors of relapse in orthodontically-treated Class III malocclusions. *Br J Orthod* 1994;21:1–13.
11. Tollaro I, Baccetti T, Franchi L. Craniofacial changes induced by early functional treatment of Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:310–8.
12. Ishikawa H, Nakamura S, Kim C, Iwasaki H, Satoh Y, Yoshida S. Individual growth in Class III malocclusions and its relationship to the chin cap effects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114:337–46.

13. Baccetti T, McGill JS, Franchi L, McNamara Jr. JA, Tollaro I. Skeletal effects of early treatment of Class III malocclusion with maxillary expansion and face-mask therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;113:333–43.
14. Raberin M, Morgon L, Gay-Brevet K. Facteurs décisionnels céphalométriques dans les traitements précoces des Classes III squelettiques. *Orthod Fr* 2007;78(2):101–12.
15. Holdaway RA. Soft-tissue cephalometric analysis. *Am J Orthod* 1983;84:1-28.
16. Houston WJ. The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod* 1983;83(5):382–90.
17. Holdaway RA. Changes in relationship of points A and B during orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1956;42:176–93.
18. Sahin Saglam AM, Gazilerli U. Analysis of Holdaway soft-tissue measurements in children between 9 and 12 years of age. *Eur J Orthod* 2001;23:287–94.
19. Bell R, Kiyak HA, Joondeph DR, McNeill RW, Wallen TR. Perceptions of facial profile and their influence on the decision to undergo orthognathic surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1985;88:323–32.
20. Burns NR, Musich DR, Martin C, Razmus T, Gunel E, Ngan P. Class III camouflage treatment: what are the limits? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:9.e1-9.e13.