

Analysis of general facial growth, maxillary and mandibular growth and treatment changes (“Structural analysis”)

Analyse de la croissance faciale globale, de la croissance maxillaire et mandibulaire et des modifications de traitement (« analyse structurale »)

Ib Leth NIELSEN

Division of Orthodontics, Department of Orofacial Sciences, School of Dentistry, 707, Parnassus Avenue, University of California, San Francisco, CA 94143-0438, United States

Available online: 26 October 2011 / Disponible en ligne : 26 octobre 2011

Summary

General facial growth has in the past mostly been analyzed by superimposing on the nasion-sella line using the so-called “best fit” technique. Best fit approaches have also been used to analyze maxillary and mandibular growth and treatment changes. In this article we shall present a more reliable method for analyzing the changes that occur as a result of growth and treatment using the so-called “Structural technique” developed by Björk et al. This technique is based on the results of studies of facial growth using metallic implants over more than 25 years. We will discuss how this technique can be applied without the benefit of implants to provide a better and more reliable understanding of the skeletal and dental changes in treated cases.

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

Key-words

- General facial growth.
- Cephalometric analysis.
- Structural analysis.
- Maxillary growth.

Résumé

Par le passé, la croissance faciale totale a été surtout analysée en réalisant des superpositions sur la ligne nasion-sella à l'aide de la technique dite « best fit ». L'approche « best fit » a également été utilisée pour analyser la croissance maxillaire et mandibulaire et les modifications liées au traitement. Dans cet article, nous présenterons une méthode plus fiable pour étudier les changements qui se produisent à la suite de la croissance et du traitement au moyen de la « technique structurale » mise au point par Björk et al. Cette technique est basée sur les résultats d'études de la croissance faciale entreprises sur plus de 25 ans et utilisant des implants métalliques. Nous décrirons comment cette technique peut être utilisée, sans faire appel aux implants, pour mieux comprendre les modifications squelettiques et dentaires qui se produisent chez les patients que nous traitons.

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

Mots-clés

- Croissance faciale globale.
- Analyse céphalométrique.
- Analyse structurale.
- Croissance maxillaire.

.....
* Correspondence and reprints / Correspondance et tirés à part.
e-mail address / Adresse e-mail : ibortho@aol.com

- Mandibular growth.
- Dento-alveolar development.

It is often important during the orthodontic treatment of a patient to be able to monitor the positive and negative changes that may have taken place during treatment. To this end the clinician should be able to comfortably analyze serial headfilms and get reliable information as to the progress of the patient’s treatment. It is valuable to be able to distinguish between the skeletal and dental change that have occurred in each of the jaws. The conventional method for such analysis has often been one of two:

- individual headfilm analyses with comparison of a series of measured values;
- superimposition of the tracings of two or more headfilms.

The first method has limited value as it represents only the change in the measurements. These are frequently minimal and do not give a clear picture of the actual location of the change. The second method using of some kind of superimpositioning technique where two or more films taken in series are compared directly also has its problems. Frequently the headfilms, or tracings thereof, are superimposed using the so-called “best fit” technique so the clinician can see how the face grew. This part of the analysis is often referred to as a general facial growth analysis. In this technique certain cranial base structures are used as the reference structures, typically the nasion-sella line, with the films registered at sella.

Historic methods of superimposition

To examine growth and treatment changes in the mandible using a best fit technique, superimposition is made on the lower border of the mandible and registered at the chin. Finally, analysis of maxillary growth has until now mostly been done by superimposing on the nasal floor along a line from anterior to posterior nasal spine (PNS) registered at anterior nasal spine (ANS). These techniques are all flawed due to surface modeling changes of the jawbones over time.

Basis for current relevant methods of superimposition

With many studies and using metallic implants as fixed reference markers in the jaws, Björk demonstrated over a period of almost thirty years that there is a clear biological problem with the “best fit” superimpositioning technique [1–3]. His studies showed that conventional techniques do not take into

- Croissance mandibulaire.
- Développement dento-alvéolaire.

Il est souvent important, pendant le traitement d’un patient, de pouvoir suivre les changements positifs et négatifs qui se sont peut-être produits pendant le traitement. À cette fin, le clinicien devrait être en mesure d’analyser sans difficulté les séries téléradiographies et d’obtenir des informations fiables relatives au déroulement du traitement du patient. Il est très utile de pouvoir distinguer entre les changements squelettiques et dentaires qui ont pu se produire au niveau de chacune des mâchoires. La méthode traditionnelle adoptée pour effectuer de telles analyses a consisté soit :

- en des analyses individuelles de téléradiographies avec une comparaison d’une série de mesures ;
- soit en des superpositions de tracés réalisés sur au moins deux téléradiographies.

La première méthode a une valeur limitée puisqu’elle ne montre que les changements au niveau des mesures. Ces changements sont souvent minimes et ne donnent pas une image claire de l’endroit où s’est produit le changement. La seconde méthode utilisant la superposition comparative d’au moins deux téléradiographies successives génère également des problèmes. Souvent, les téléradiographies ou les tracés de ces images sont superposées à l’aide de la méthode dite « best fit » pour que le clinicien puisse déterminer l’évolution du visage, procédé que l’on nomme souvent « analyse générale de la croissance faciale ». Dans cette technique, certaines structures fondamentales sont utilisées comme structures de référence, particulièrement la ligne nasion-sella, avec les films enregistrés sur sella.

Techniques de superposition conventionnelles

Pour étudier la croissance et les changements mandibulaires au moyen de la technique « best fit », une superposition est réalisée sur le rebord inférieur de la mandibule et enregistrée sur le menton. Enfin, l’analyse de la croissance maxillaire a été effectuée jusqu’à présent surtout par une superposition sur le plancher des fosses nasales le long d’une ligne allant de l’épine nasale antérieure (ENA) à l’épine nasale postérieure (ENP) et enregistrée sur ENA. Ces techniques comportent toutes des points faibles en raison de l’évolution au cours du temps du remodelage des surfaces osseuses.

Le fondement des méthodes de superposition actuellement pertinentes

À travers de nombreuses études et à l’aide d’implants métalliques utilisés comme point de références dans les mâchoires, Björk a démontré, sur une période d’une trentaine d’années, que la technique de superposition « best fit » comporte un défaut biologique évident [1–3]. Ses études ont

consideration that the maxilla and mandible often undergo extensive surface modeling during growth. The findings of his studies support the notion that whereas the technique of “best fit” can work well in non-growing or adult subjects it should not be used in growing subjects because of these surface changes. Instead, Björk recommended that a so-called “Structural analysis” should be used where superimposition is made on stable internal structures in the jaws. In the following I shall describe the so-called “*Structural technique*” for facial growth and treatment analysis. This analysis can work just as well when analyzing conventional cephalometric headfilms, with modern digital headfilms, or with Cone Beam Computed Tomography (CBCT) acquired headfilms. The “*Structural analysis*” is based on two main principles:

- superimposition on stable structures;
- observing a logical sequence of growth changes

Analysis of general facial growth (“Structural technique”) – Scientific basis

To accurately determine general facial growth changes, one superimposes tracings by aligning stable structures in the anterior and median cranial base that have completed growth before age 6–7. The scientific basis for this technique is supported by studies using histology and histochemistry information as published by Melsen [4] (*fig. 1*). Her studies on autopsy material of young individuals of known age showed

montré que les techniques conventionnelles ne tiennent pas compte du fait que le maxillaire et la mandibule subissent souvent un remodelage de surface très important pendant la période de croissance. Les résultats de ses études appuient la notion que, même si la technique « best-fit » peut s’avérer satisfaisante chez les sujets adultes ou en période de non croissance, elle ne devrait pas être utilisée chez des sujets en pleine croissance en raison de ces modifications de surface. À la place du « best-fit », Björk a recommandé l’adoption d’une technique qu’il a nommée « Analyse structurale » qui utilise les structures internes stables des mâchoires pour la superposition. Dans cet article, nous décrivons « l’Analyse structurale » pour observer la croissance faciale et les effets du traitement. Cette technique est tout aussi efficace pour l’analyse des téléradiographies céphalométriques traditionnelles, que pour les téléradiographies numériques modernes ou les téléradiographies acquises par tomographie volumique à faisceau conique (TVFC). L’analyse structurale est basée sur deux impératifs :

- superposer sur des structures stables ;
- observer une séquence logique des changements liés à la croissance.

Analyse de la croissance faciale générale (« analyse structurale ») – Le fondement scientifique

Afin d’évaluer avec précision les changements dus à la croissance faciale générale, nous superposons des tracés en alignant des structures stables au niveau de la base crânienne antérieure et médiane dont la croissance est achevée avant l’âge de six à sept ans. Du point de vue scientifique, ce procédé s’appuie sur des études utilisant des données histologiques et histologico-chimiques telles que celles publiées

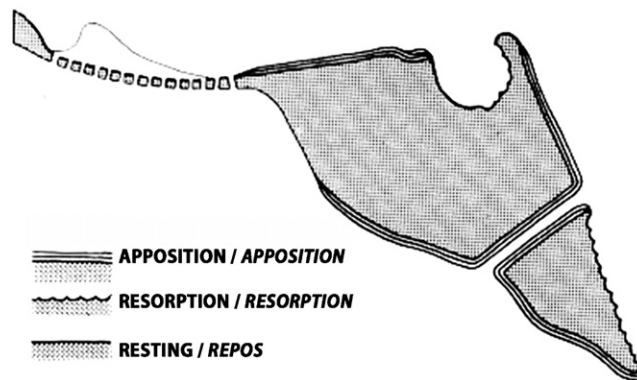


Fig. 1: Cranial base structures showing areas recently undergoing apposition or resorption and resting (from Melsen, 1974).

Fig. 1 : Structures de la base crânienne montrant les régions qui ont récemment subi une apposition ou une résorption et celles « au repos » (d’après Melsen, 1974).

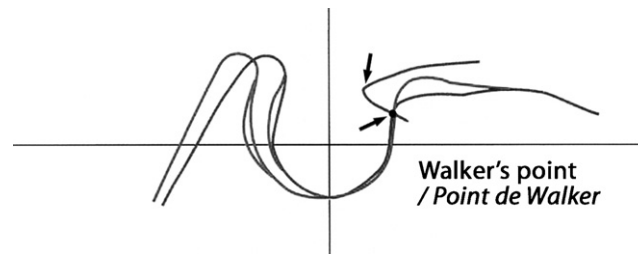


Fig. 2: Sella turcica with “Walker’s point” and the anterior clinoid process indicated by arrows. Note the resorptive modeling of the posterior part of sella.

Fig. 2 : La selle turcique avec le point de Walker et l’apophyse clinéoïde antérieure indiquées par des flèches. Notez le remodelage par résorption à la partie postérieure de la selle.

that certain structures in the anterior and median cranial base have finished their growth at around the age of 7. These structures include the cribriform plate (1), the median border of the orbital roof (2), and the inner plate of the frontal bone (3). Walker further found that the intersection point of the anterior wall of sella turcica and the anterior Clinoid process is stable from an early age (*fig. 2*). This illustration also shows the most typical modeling changes that occur at sella during the growth period making *Sella* an unreliable reference point over time. Notice the resorption of the posterior wall which results in a downward-backward shift of the center of sella turcica over time. Also, notice that the anterior wall remains unchanged. The arrows indicate the anterior clinoid process and Walker’s point, also called sella anterior (sa). This intersection point is similar to articulare in that it exists only on the lateral headfilm.

A second method that will help reduce superimposition error is the application of the principle of observing a “logical sequence of growth changes”. In *fig. 3* some of the structures that are useful are illustrated for superimposing the headfilms are shown. These structures include the inner surface of the frontal bone, which is stable from an early age, whereas the outer surface has some appositional change, especially around *Nasion*. This reference point can as a result of modeling during growth be displaced slightly up or down in relation to the original nasion-sella line. Furthermore, the anterior walls of the median cranial fossa (the greater wings of the sphenoid), in addition to the anterior wall of sella, can be used to help ensure a correct the sagittal superimposition. Fine bony structures such as the ethmoid cells, which maintain their configuration after the age of 7–8, can further add to the orientation of the headfilms. The second principle of the “the structural technique” to observe a “logical sequence of growth changes” is also illustrated in *fig. 3*. Some of the most important structures can be seen here being displaced in a logical way. These

par Melsen [4] (*fig. 1*). Cette dernière, en observant des individus jeunes d’un âge déterminé, a montré que certaines structures de la base du crâne antérieure et médiane cessaient de croître aux environs de sept ans. Parmi ces structures, nous trouvons la lame criblée (1), le rebord médian de la voûte orbitaire (2) et la plaque interne de l’os frontal (3). Par ailleurs, Walker a trouvé que le point d’intersection de la paroi antérieure de la selle turcique et de l’apophyse clinéoïde est déjà stable à un âge précoce (*fig. 2*). La *fig. 2* montre également les changements de modelé les plus caractéristiques qui se produisent au niveau de la selle turcique pendant la période de croissance, ce qui fait du point S, un point de référence peu fiable au cours du temps. Nous notons la résorption de la paroi postérieure qui donne lieu à un mouvement en arrière et en bas du centre de la selle turcique avec le temps. Nous remarquons aussi que la paroi antérieure reste inchangée. La flèche indique l’apophyse clinéoïde antérieure et le point de Walker, également dénommé le sella antérieure (sa). Ce point d’intersection est semblable à Articulare en ce sens qu’il n’existe que sur la téléradiographie de profil.

Une seconde méthode qui permet de réduire la superposition consiste à observer de façon méthodique une « séquence logique de changements déclenchés par la croissance ». La *fig. 3* montre certaines des structures les plus utiles pour la superposition des téléradiographies. Ces structures comprennent la surface intérieure de l’os frontal, qui est stable à partir d’un très jeune âge alors que la surface extérieure subit des changements par apposition, en particulier autour du nasion. À la suite du remodelage pendant la période de croissance, ce dernier point de référence peut se déplacer légèrement vers le haut ou vers le bas par rapport à la ligne SN d’origine. Par ailleurs, en plus de la paroi antérieure de la selle turcique, les parois antérieures de la fosse crânienne moyenne (les grandes ailes du sphénoïde) peuvent être utilisées pour garantir une superposition sagittale correcte. Des structures osseuses fines, telles que les cellules ethmoïdales, qui maintiennent leur configuration après l’âge de sept à huit ans, peuvent contribuer également à l’orientation des téléradiographies. Le

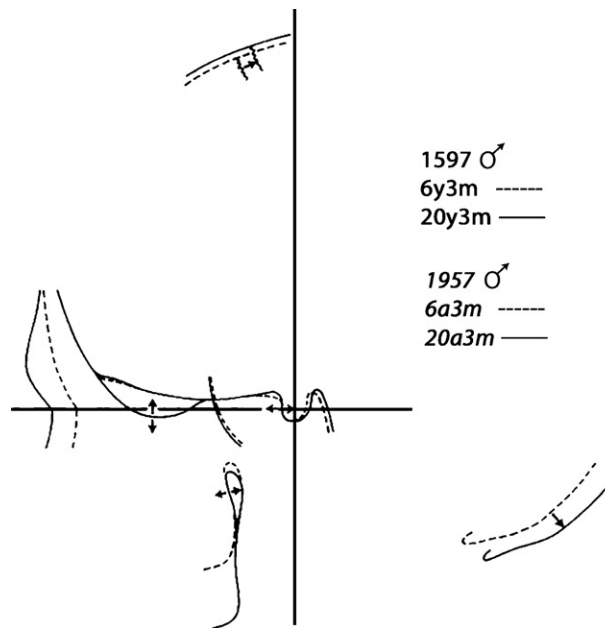


Fig. 3: Superimposition made on stable structures in the anterior and median cranial base. Note the areas undergoing a logical sequence of growth change.

Fig. 3 : Superposition réalisée sur les structures stables de la base du crâne antérieure et moyenne. Notez les zones subissant une séquence logique de changements liés à la croissance.

structures include amongst others; the posterior cranial base or rather the occipital bone. Notice how the outer surface of the occipital bone is displaced in a downward-backward direction. This change continues almost until all growth of posterior part of the brain case is completed. Another structure to observe is the pterygo-maxillare reference point (pm) or *PNS* that displaces in a vertical direction and also that the pterygo-palatine fissure generally does not move in neither anterior or nor posterior direction. Finally, reference points such as *Basion* and *Articulare* also move in a logical direction from time point to time point (not shown here). By including sequences of logical change of certain anatomical structures it is possible to greatly reduce rotational errors when analyzing serial headfilms and address the criticisms, raised in the past, of too much variability.

In a previous article, Houston et al. [5] claimed that nasion-sella superimposition was generally associated with too much error, however, they did not use the exact same structures listed above nor did they observe a “logical sequence of growth changes”, which greatly helps reduce rotational errors.

second principe de « l'Analyse structurale », à savoir l'observation d'une « séquence logique des changements déclenchés par la croissance », est également illustré sur la *fig. 3*. Ici, nous pouvons noter que certaines des structures les plus importantes se déplacent d'une manière logique. Ces structures comprennent, entre autres, la base crânienne postérieure ou plutôt l'os occipital. Notez comment la surface extérieure de l'os occipital se déplace vers le bas et vers l'arrière. Cette évolution se poursuit presque jusqu'à la fin de la croissance de la partie postérieure du crâne. Autre structure à observer : le point de référence ptérygo-maxillaire (pm) ou ENP, qui se déplace dans le sens vertical. Également la fente ptérygo-palatine qui, généralement, ne se déplace ni dans le sens antérieur ni dans le sens postérieur. Enfin, des points de référence tels que *Basion* et *Articulare* se déplacent également dans une direction logique entre deux points repérés sur des téléradiographies successives (non montrées ici). En incluant des séquences de modification logique de certaines structures anatomiques, nous pouvons réduire considérablement les erreurs de rotation lors de nos analyses de téléradiographies successives et combattre ainsi les critiques de variabilité excessive soulevées par le passé.

Dans un article précédent, Houston et al. [5] ont prétendu que la superposition nasion-sella entraînait généralement trop d'erreurs. Cependant, ils n'ont ni utilisé exactement les mêmes structures mentionnées plus haut, ni observé une « séquence logique de changement dus à la croissance »,

Buschang et al. studied the reliability of superimposition on cranial base and mandibular structures and found that superimposition on natural reference structures was to be considered an accurate and effective methodology for longitudinal cephalometric studies [6].

The illustration in *fig. 4* shows superimposition of the tracings of two headfilms on the stable structures of the cranial base based on the so-called "structural superimposition." The headfilms are aligned on the stable structures in the anterior and median cranial base registered at the anterior wall of sella turcica. Notice the skeletal change of the maxilla and mandible relative to the cranial base and the dental changes that occurred relative to the face. Part of the outer surface of the occipital bone is included to reduce rotational errors as this bone displaces in an outward-downward direction as seen here.

An interesting challenge is to determine the location of upper and lower first molars. Due to left right differences in molar location and magnification as well as variations in head

ce qui réduit considérablement les erreurs de rotation. Buschang et al. ont étudié la fiabilité de la superposition sur la base du crâne et les structures mandibulaires et ont conclu que la superposition sur des structures de référence naturelles pouvait être considérée comme une méthode précise et efficace pour les analyses céphalométriques longitudinales [6].

L'illustration de la *fig. 4* montre la superposition des tracés de deux téléradiographies des structures stables de la base du crâne utilisant la technique de la « superposition structurale ». Les téléradiographies sont alignées sur les structures stables de la base du crâne moyenne et antérieure enregistrée sur la paroi antérieure de la selle turcique. Notez le changement squelettique au niveau du maxillaire et de la mandibule par rapport à la base du crâne et les changements dentaires qui se sont produits par rapport au visage. Une partie de la surface extérieure de l'os occipital est incluse afin de réduire les erreurs de rotation puisque cet os se déplace, comme on le voit ici, vers l'extérieur et vers le bas.

Un défi intéressant à relever consiste à calculer l'emplacement des premières molaires supérieures et inférieures. En raison des différences de positionnement droite-gauche et de

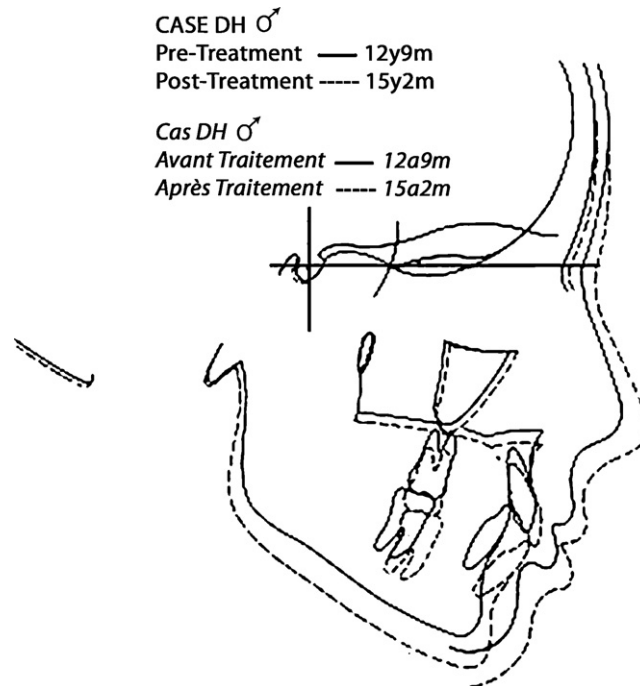


Fig. 4: Superimposition for analyzing general facial growth. The tracings are oriented on stable structures in the cranial base. Note the inclusion of the occipital bone to ensure a logical sequence of growth change and minimize rotational errors.

Fig. 4 : Superposition pour l'analyse de la croissance faciale générale. Les tracés sont orientés sur des structures stables de la base crânienne. Notez l'inclusion de l'os occipital afin de garantir une séquence logique des changements liés à la croissance et de minimiser les erreurs de rotation.

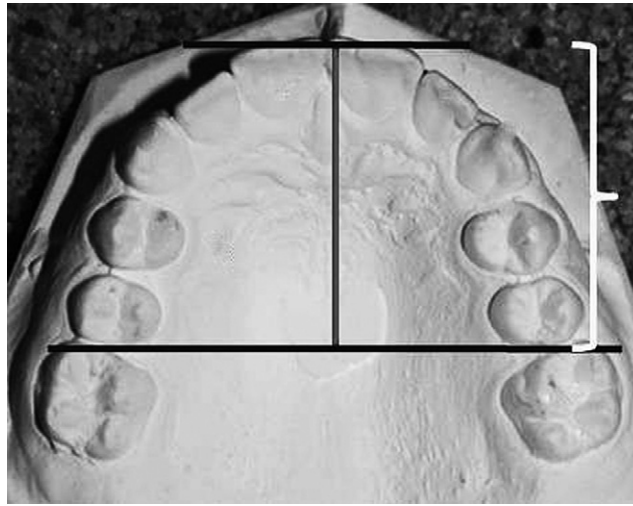


Fig. 5: Occlusogram of the upper dental arch. The posterior and anterior limitations are indicated by lines. The distance from the incisors to the mesial of the first molars marked with a bracket.

Fig. 5 : Occlusogramme de l'arcade dentaire supérieure. Les limites postérieures et antérieures sont indiquées par des traits. La distance entre les incisives et la face mésiale des premières molaires est indiquée par la parenthèse.

position between headfilms it is often unreliable to use the image of the teeth on the headfilm. So to obtain the exact location of these teeth we use occlusograms scanned from the patient's study casts. We then trace the scanned image of the teeth and measure the distance from the incisors to the mesial of the first molars. This method enables us to get the correct mesio-distal location of these teeth. In cases where there is a magnification difference between the headfilm and the scanned casts we adjust the cast measurement accordingly before tracing the molar positions. *Fig. 5* shows a model scan with the distance from incisors to mesial of the first molar indicated.

Analysis of changes in sagittal jaw relationship

In some cases a simple analysis to determine the changes in the sagittal jaw relationship can be very helpful. This is especially the case when a clinician is concerned with some unexpected changes in jaw position of the mandible and unforeseen changes in the occlusion during treatment, in these instances a simple analysis can be very useful. One way to check the change in the jaw relationship between the maxilla and mandible, and determine if a given treatment is progressing as expected, is to make two simple tracings of each of the

l'agrandissement des molaires ainsi que des variations de position de la tête d'une téléradiographie à l'autre, l'image des dents sur la téléradiographie s'avère souvent peu fiable. Ainsi, afin de déterminer l'emplacement exact de ces dents, nous utilisons des occlusogrammes scannés à partir des moulages du patient. Ensuite, nous traçons l'image scannée des dents et nous mesurons la distance entre les incisives et la surface mésiale des premières molaires. Cette méthode nous permet de calculer correctement l'emplacement méso-distal de ces dents. Dans les cas où il existe une différence d'agrandissement entre la téléradiographie et les moulages scannés, nous ajustons en conséquence les mesures du moulage avant de tracer les positions des molaires. La *fig. 5* montre le scanner d'un moulage avec l'indication de la distance entre les incisives et la face mésiale de la première molaire.

L'analyse des changements au niveau de la relation sagittale des mâchoires

Dans certains cas, une analyse simple des changements au niveau de la relation sagittale entre les mâchoires peut s'avérer utile. Cela est d'autant plus vrai lorsque le clinicien s'inquiète de trouver des changements imprévus de la position mandibulaire et des changements occlusaux inattendus survenus en cours de traitement. Dans ces cas, une analyse simple peut rendre de grands services. Une technique utile pour vérifier les changements de la relation maxillo-mandibulaire et contrôler le bon déroulement d'un traitement

Pre-Treatment ——— 12y9m
 Post-Treatment - - - - - 15y2m
 Out of Retention ······· 19y1m
 Avant Traitement ——— 12a9m
 Après Traitement - - - - - 15a2m
 Après Contention ······· 19a1m

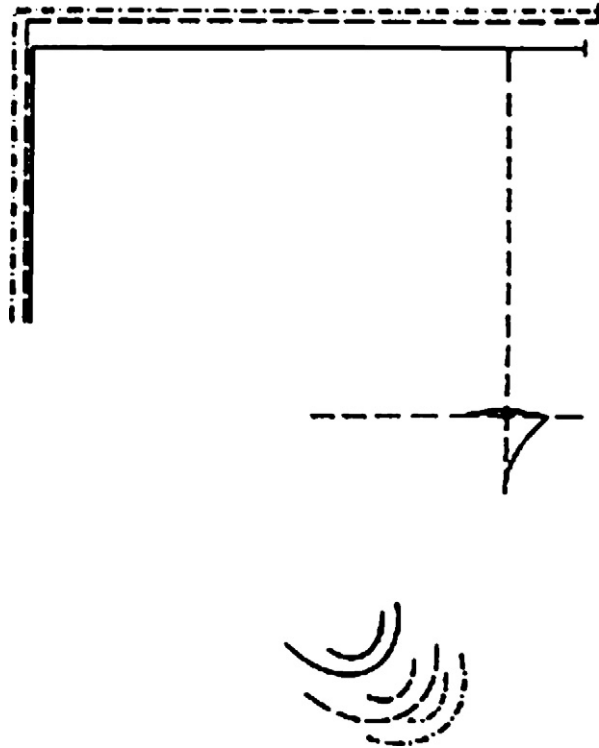


Fig. 6: Analysis of changes in sagittal jaw relationship. The orientation is registered at anterior nasal spine (ANS). The nasion-sella (NSL) and nasion perpendicular lines (NSP) are kept parallel. This example shows downward-forward growth of the mandible relative to the maxilla.

Fig. 6 : Analyse des changements de la relation sagittale des mâchoires. L'orientation est enregistrée sur l'épine nasale antérieure (ENA). La ligne SN et les lignes qui lui sont perpendiculaires sont maintenues parallèles. Cet exemple montre la croissance vers le bas et l'avant de la mandibule par rapport au maxillaire.

headfilms that include only the necessary structures. These tracings include only the nasion-sella and nasion-sella perpendicular lines and the anterior outline of the maxilla i.e. anterior nasal spine as seen in *fig. 6*. The outline of the chin is then traced and both tracings are overlaid or superimposed on anterior nasal spine. It is important to remember to rotate the second films tracing so that the nasion-sella lines are parallel.

donné consiste à réaliser deux tracés simples de chacune des téléradiographies comprenant uniquement les structures essentielles. Ces tracés relèvent uniquement la ligne SN et des lignes qui lui sont perpendiculaires ainsi que le contour antérieur du maxillaire, à savoir, l'épine nasale antérieure (*fig. 6*). Ensuite, nous traçons le contour du menton et les deux tracés sont superposés sur l'épine nasale antérieure. Il est

The tracing seen in *fig. 6* shows the relative change in sagittal and vertical jaw relationship. Note that the tracing does not include any rotational change that may have occurred as the nasion and nasion-sella lines were aligned in a parallel fashion. The tracings in *fig. 4* show an example of this analysis in a treated patient and includes three stages; before and after treatment and out of retention. As seen here the mandibular growth direction was downward and forward during treatment and post treatment in relation to the maxilla and this is in many cases helpful information to the clinician to know the relative change between maxilla and mandible. It should be remembered though that by superimposing on the nasal floor and registering at ANS, as in this case, the true vertical change is not taken into consideration as it does not include the resorptive change of the nasal floor.

Cephalometric analysis of maxillary and mandibular growth and dento-alveolar change

This part of the cephalometric analysis is used to determine to what extent maxillary and mandibular growth respectively have contributed to the correction of a malocclusion and to what extent the correction was achieved through dento-alveolar change. This part of the analysis logically follows the evaluation of general facial growth which we have previously discussed. The most common technique used for analyzing maxillary and mandibular growth has been a so-called “*best fit*” technique, as mentioned earlier, where the films are superimposed, or overlaid, on structures that appear to remain unchanged during growth and treatment. In case of the maxilla superimposition has been done on the nasal floor in what has been referred to as an ANS-PNS superimposition that usually is registered at ANS (Ricketts). In case of mandibular superimposition traditionally the films have been overlaid on the lower border of the mandible and registered at the chin. Both techniques are greatly flawed and can be improved by using the so-called “Structural technique” for superimposing serial headfilms. The scientific basis for this method has been presented by Björk [1] and Björk and Skieller’s studies [2,3,6–9] of facial growth using so-called metallic implants. Now a days we probably should call them radiographic markers so as not to confuse them with dental implants to replace teeth or orthodontic removable implants used for anchorage.

When Björk [1] analyzed facial growth in his untreated cases he found that both the maxilla and mandible undergo surface modeling that in many cases is quite extensive. The result of

important de ne pas oublier de faire pivoter le tracé de la seconde téléradiographie afin de paralléliser les lignes SN. Le tracé de la *fig. 6* montre le changement relatif du rapport maxillo-mandibulaire dans les dimensions sagittale et verticale. Il est à noter que le tracé ne comprend pas de changement rotationnel qui aurait pu se produire puisque le nasion et les lignes SN avaient été alignés en parallèle. Les tracés de la *fig. 4* montrent un exemple de cette analyse chez un patient en cours de traitement. L’analyse comprend trois stades : pré-, post-traitement et post-rétention. Comme nous pouvons le voir, la croissance mandibulaire s’est effectuée vers le bas et vers l’avant par rapport au maxillaire en cours de traitement et en post-traitement. Très souvent, cette information peut être utile au clinicien afin d’indiquer les changements relatifs entre maxillaire et mandibule. Il faut se rappeler qu’en superposant sur le plancher des fosses nasales avec ENA enregistré, comme dans ce cas-ci, le vrai changement vertical n’est pas pris en compte puisqu’il ne comprend pas les changements liés à la résorption au niveau du plancher des fosses nasales.

L’analyse céphalométrique de la croissance maxillaire et mandibulaire et des changements dento-avéolaires

Cet aspect de l’analyse céphalométrique est utilisé pour déterminer à quel point la croissance maxillaire et mandibulaire, respectivement, a contribué à corriger une malocclusion et à quel point la correction a été obtenue par des modifications dento-alvéolaires. Il suit logiquement l’évaluation de la croissance faciale générale que nous avons discutée plus haut. La technique la plus souvent utilisée pour analyser la croissance maxillaire et mandibulaire s’appelle, comme nous l’avons déjà mentionné, la technique « *best fit* », ou technique du meilleur ajustement, où les clichés sont superposés sur des structures qui semblent rester inchangées pendant la croissance et le traitement. Pour le maxillaire, la superposition a été réalisée sur le plancher des fosses nasales – méthode appelée « *superposition ENA-ENP* » – qui est enregistrée habituellement sur ENA (Ricketts). Pour la superposition mandibulaire traditionnelle, les clichés sont superposés sur le rebord inférieur de la mandibule et enregistrés sur le menton. Les deux techniques comportent des défauts majeurs et peuvent être améliorées au moyen de « *L’Analyse structurale* » pour la superposition des téléradiographies successives. L’assise scientifique de cette méthode a été présentée dans les études de Björk et de Björk et Skieller [2,3,6–9] sur la croissance de la face réalisées à l’aide d’implants métalliques. De nos jours, nous les appellerions probablement des marqueurs radiographiques afin de ne pas les confondre avec les implants dentaires utilisés pour remplacer des dents ou les implants orthodontiques amovibles utilisés pour l’ancrage. Lorsque Björk [1], dans ses cas non traités, analysait la croissance faciale, il trouvait que le maxillaire et la mandibule subissaient, toutes les deux, un remodelage de surface qui, dans

this adaptation is that on the general superimposition only a fraction of the change that has occurred during the period studied can be seen. There is a natural tendency for the soft tissues to mold the surface as an adaptive effort to maintain the inclination of the jaws in relation to the face or if you like to the anterior and part of the median cranial base (nasion-sella). Because of these modeling changes we need another and more reliable way of analyzing the growth changes. Based on their findings, using metallic radiographic markers, Björk and Skieller [9] recommended instead using stable structures in both the maxilla and mandible to superimpose on, so that this

beaucoup de cas, était assez important. En conséquence de cette adaptation, seule une fraction du changement produit était visible sur la superposition générale. Les tissus mous ont une tendance adaptative naturelle à remodeler la surface osseuse afin de conserver l'inclinaison des bases par rapport au visage ou, si l'on veut, par rapport à la partie antérieure de la base du crâne ainsi qu'à une partie plus médiane (nasion-sella). Étant donné ces remodelages, nous avons besoin d'une autre technique plus fiable pour analyser les changements engendrés par la croissance. Se basant sur leurs résultats, Björk et Skieller [9], utilisant des marqueurs

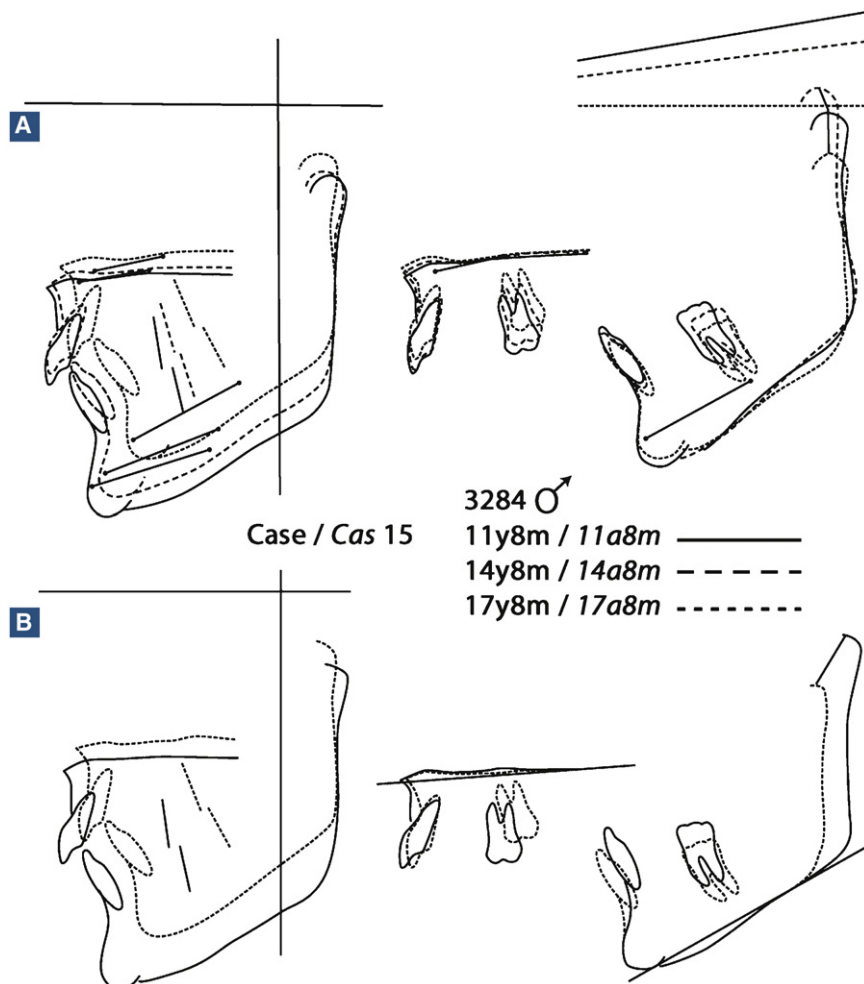


Fig. 7:
A. Cephalometric superimpositions on cranial base and implants in the maxilla and mandible. **B.** Cephalometric superimpositions using best fit of the same subject (from Isaacson et al., 1976).

Fig. 7 :
A. Superpositions céphalométriques sur la base crânienne et implants au maxillaire et à la mandibule.
B. Superpositions céphalométriques « best fit » sur le même patient (d'après Isaacson et al., 1976).

problem could be circumvented. The early studies using metallic markers that were embedded into the jaw bones also revealed that the anterior lower border of the mandible undergoes apposition which in some cases can be quite extensive. In contrast the posterior border often undergoes resorptive modeling, so in fact the mandibular plane changes completely. The clinical significance of this has been demonstrated by Isaacson et al. [8] who retraced a number of illustrations from the article by Björk and Skieller [3] entitled “Facial development and tooth eruption”. In this article Isaacson et al. showed that in both the maxilla and mandible the difference between a best fit superimposition and superimposition on implants is considerable. One such case is seen in *fig. 7*. As demonstrated by Björk, a result of these changes in some patients is that only half of the actual rotation of the mandible is seen on the general superimposition.

radiographiques métalliques, ont recommandé de faire les superpositions en adoptant des structures stables au niveau du maxillaire et de la mandibule afin de surmonter ce problème. Les premières études utilisant ces marqueurs métalliques enfouis dans les bases osseuses ont également révélé que le bord inféro-antérieur de la mandibule subit une apposition qui, dans certains cas, est assez étendue. En revanche, le bord postérieur connaît souvent un remodelage par résorption, ce qui signifie que le plan mandibulaire se modifie complètement. La pertinence clinique de ces découvertes a été démontrée par Isaacson et al. [8] qui ont retracé certaines des illustrations dans l'étude de Björk et Skieller [3] intitulée « Facial development and tooth eruption ». Dans cet article, Isaacson et al. montrent que, au maxillaire comme à la mandibule, la différence entre une superposition « best fit » et une superposition sur implants est considérable. Un tel cas est illustré sur la *fig. 7*. Comme l'a démontré Björk, un des résultats de ces changements fait que, chez certains patients, la moitié seulement de la rotation effective est visible sur la superposition générale.

Mandibular growth and treatment analysis

In his studies of mandibular growth Björk [2] found that the following structures remained unchanged during growth (*fig. 8*):

Analyse de la croissance mandibulaire et du traitement

Dans ses études sur la croissance mandibulaire, Björk [2] a trouvé que les structures suivantes restaient inchangées pendant la période de croissance (*fig. 8*) :

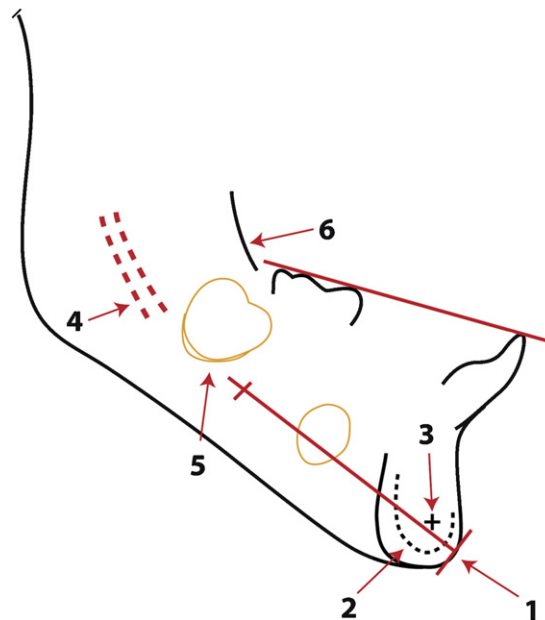


Fig. 8: Anatomically stable structures used for mandibular superimposition without implants.

Fig. 8 : Les structures anatomiquement stables utilisées pour les superpositions mandibulaires sans implants.

- the anterior portion of the chin;
- inner lower border of mandibular symphysis;
- trabecular structures within the symphysis;
- mandibular canal;
- the inferior part of developed dental crowns;
- the anterior border of the ramus.

A clinical example of the mandibular analysis in a treated patient can be seen in *fig. 9*. The superimpositions of three time points are made on the structures listed above. It can be

- partie antérieure du menton ;
- bord inféro-intérieur de la symphyse mandibulaire ;
- structures trabéculaires de l'intérieur de la symphyse ;
- canal mandibulaire ;
- partie inférieure des couronnes dentaires développées ;
- bord antérieur du ramus.

Un exemple clinique de l'analyse mandibulaire chez un patient traité est donné sur la *fig. 9*. Les superpositions de trois points temporels sont réalisées sur les structures citées ci-dessus.

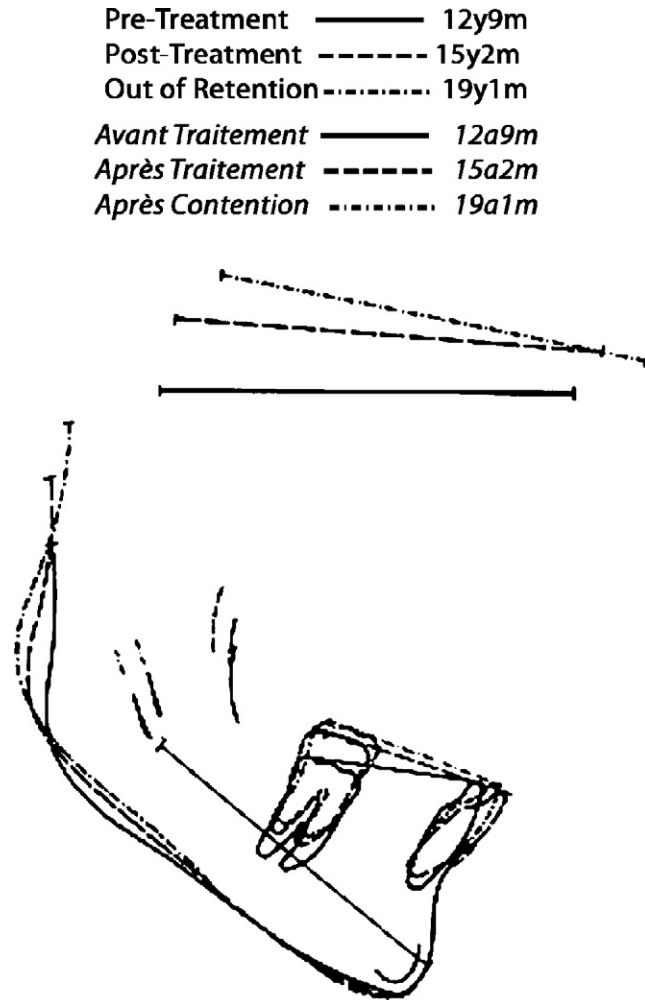


Fig. 9: Mandibular superimposition on stable structures. Note the change in the nasion-sella lines (NSL) that show continuous forward rotation of the mandible during treatment and retention. Also modeling of the lower mandibular border with apposition in the anterior part and resorption in the posterior part of the mandible.

Fig. 9 : Superposition mandibulaire sur des structures stables. Notez le changement au niveau des lignes nasion-sella (NSL) qui accusent une rotation vers l'avant continue de la mandibule pendant le traitement et la contention. Notez aussi le remodelage du rebord mandibulaire inférieur avec apposition dans la partie antérieure et résorption dans la partie postérieure de la mandibule.

seen that a considerable amount of remodeling of the lower posterior border of the mandible has taken place over time.

The illustration also shows the degree of mandibular rotation relative to the anterior cranial base (NSL) by the change in inclination of the NSL lines between age 12⁹, 15² and 19¹. The illustration additionally shows the amount of condylar growth that took place, in this case expressed at articulare, but also the mandibular occlusal plane change over time. The dento-alveolar changes such the eruption path of the teeth and change in the inclination are also visualized in this superimposition.

As it can be seen in this example a correct mandibular superimposition on stable structures in the mandible can yield a lot of valuable information about mandibular growth and the dento-alveolar development. One problem though is how accurate the tooth movements are since they are transposed directly from the headfilm. It is in particular the molar movements that are of concern, especially when traced from a headfilm where double contours often are present. From our clinical experience we all know that not only do we have a problem with molar location on the headfilm image but we also have varying degrees of double contours from film to film. To get a more accurate estimate of where the molars are located Björk [2] in his early works introduced the idea of using occlusal images of the dental arches in his illustrations (fig.

On remarquera qu'une quantité importante de remodelage du bord postéro-inférieur de la mandibule s'est produite avec le temps.

L'illustration montre également le degré de rotation mandibulaire par rapport à la base antérieure du crâne (SN) avec le changement d'inclinaison des lignes SN entre les âges de 12 ans et neuf mois, 15 ans et deux mois, et 19 ans et un mois. Elle révèle aussi la quantité de croissance condylienne qui s'est produite, exprimée ici au niveau du point Articulare, de même que l'évolution au cours du temps du plan occlusal mandibulaire. Les changements dento-alvéolaires, tels que le chemin d'éruption des dents et le changement d'inclinaison sont également visibles sur cette superposition.

Comme on le voit dans cet exemple, une superposition mandibulaire correcte sur des structures mandibulaires stables peut fournir beaucoup d'informations précieuses concernant la croissance mandibulaire et le développement dento-alvéolaire. Il existe, pourtant, un problème concernant l'exactitude des mouvements dentaires puisqu'ils sont transposés directement à partir de la téléradiographie, les mouvements des molaires étant les plus concernés, surtout lorsqu'ils sont tracés à partir d'une téléradiographie où l'on trouve fréquemment des contours doubles. L'expérience clinique nous a appris à tous qu'il y a un problème non seulement avec l'emplacement des molaires sur les téléradiographies mais également avec les variations d'un cliché à l'autre des contours doubles. Pour obtenir une estimation plus fidèle de

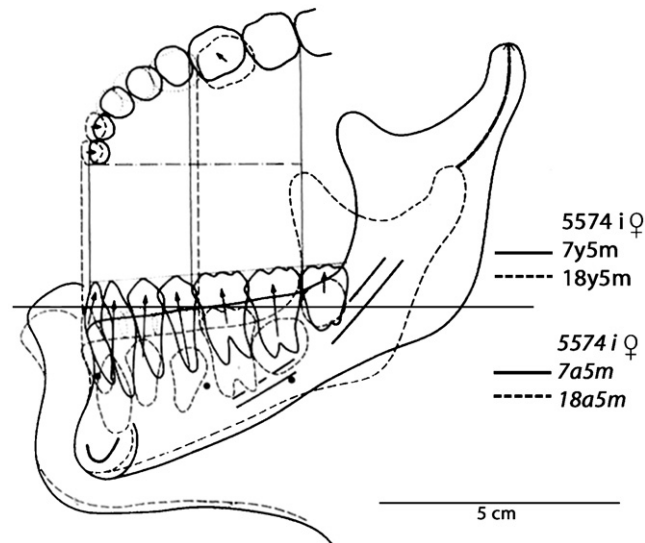


Fig. 10: Mandibular superimposition on implants showing extensive upward backward growth of the condyle. The dental changes can be observed in all three planes of space thanks to the occlusogram (from Björk, 1963).

Fig. 10 : Superposition mandibulaire sur des implants montrant l'importance de la croissance condylienne vers le haut et vers l'arrière. Les changements dentaires peuvent être observés dans les trois dimensions de l'espace grâce à l'occlusogramme (d'après Björk, 1963).

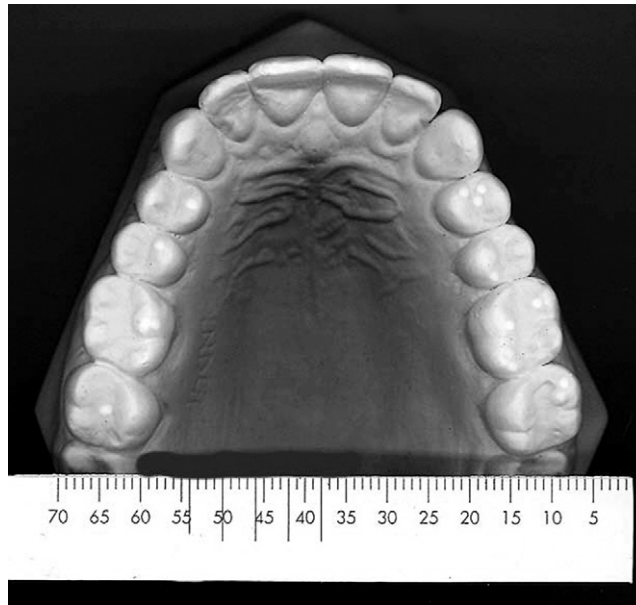


Fig. 11: Occlusogram of scanned study cast. A ruler is included as a control for possible magnification.

Fig. 11 : Occlusogramme d'un modèle d'étude scanné. Une règle sert de contrôle en cas d'agrandissement.

10). Using a complicated set-up with an image intensifier that enlarged the image of the study cast to about five times normal size and then tracing each tooth accurately he could get a more precise idea of the actual tooth movements in all three dimensions. Nowadays a much simpler approach can be used to obtain the same information. We routinely use a photocopy of our study casts made with a conventional flatbed image scanner. To ensure the scan is not enlarged we place a ruler next to the model (*fig. 11*) so we can adjust for any magnification. Most scanner software and cephalometric analysis programs have the ability to adjust for magnification. In our case we use the occlusograms in two different ways for analysis.

On the mandibular superimposition shown above (*fig. 12*) we initially trace only the incisors and the lower occlusal plane as seen on the headfilm. To place the molar correctly we then measure the distance from the lower incisor (most prominent) to the mesial of the first molars on the occlusograms of the lower and upper casts respectively. This measurement is then as needed adjusted for magnification and marked on the occlusal plane. Using a tooth template we then trace the first molar aligned to the mesial marker. The axial inclination of

l'emplacement des molaires, Björk [2] a introduit l'idée, dans ses premières études, d'avoir recours aux images occlusales des arcades dentaires pour ses illustrations (*fig. 10*). En utilisant un set-up compliqué et un amplificateur d'images qui agrandissait cinq fois l'image du modèle d'étude et en traçant fidèlement chaque dent, il obtenait une idée plus précise des mouvements dentaires effectifs dans les trois dimensions de l'espace. De nos jours, une approche beaucoup plus simple permet d'obtenir les mêmes informations. Nous employons de façon routinière une photocopie de nos modèles d'étude obtenue au moyen d'un scanner à plat conventionnel. Afin de garantir que l'image n'est pas agrandie, nous plaçons une règle à côté du moulage (*fig. 11*) pour que nous puissions faire les ajustements éventuels en cas de grossissement. La plupart des logiciels pour scanner et des programmes d'analyse céphalométrique ont des fonctions permettant d'ajuster le grossissement. Personnellement, nous utilisons les occlusogrammes de deux façons différentes pour réaliser nos analyses.

Sur la superposition mandibulaire montrée ci-dessus (*fig. 12*), nous commençons par tracer uniquement les incisives et le plan occlusal inférieur tel qu'il apparaît sur la téléradiographie. Puis, afin de placer la molaire correctement, nous mesurons la distance entre l'incisive inférieure (la plus proéminente) et la face mésiale des premières molaires sur les occlusogrammes des modèles inférieur et supérieur, respectivement. Ensuite, cette valeur est ajustée, selon les besoins, en fonction de l'amplification et marquée sur le plan occlusal. À l'aide d'un

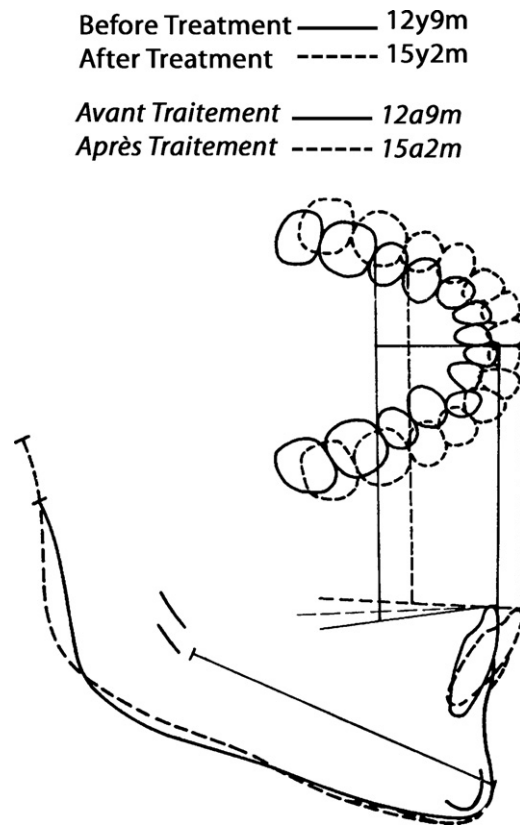


Fig. 12: Mandibular superimposition on stable structures registered at the anterior outline of the chin. The two occlusograms are oriented to the anterior teeth at both stages and a line parallel to the occlusal plane bisector. Note that the mandibular dentition during treatment underwent significant mesial movement and that considerable transverse expansion of the dental arches was done.

Fig. 12 : Superposition mandibulaire sur des structures stables enregistrée sur le contour antérieur du menton. Les deux occlusogrammes sont orientés sur les dents antérieures des deux stades et selon une ligne parallèle à la bissectrice du plan occlusal. Notez que la denture mandibulaire a subi une mésialisation significative en cours de traitement et qu'une expansion transversale considérable des arcades a été réalisée.

the tooth is transferred from the headfilm to match the image on the film or the digital image.

If we are interested in the three dimensional changes of the dental arch we can also benefit from using the occlusogram. Using this technique we not only get information about the mesio-distal changes of the teeth but also the transverse arch changes. Here we first trace the mandibular structures, as described above, but once again we do not include the molars

gabarit dentaire, nous traçons la première molaire alignée sur le marqueur mésial. L'inclinaison axiale de la dent est transférée de la téléradiographie afin de correspondre à l'image sur le cliché ou sur l'image numérique.

Si nous voulons obtenir les changements tridimensionnels de l'arcade dentaire, nous pouvons également utiliser l'occlusogramme. Cette technique nous permet d'obtenir des informations concernant non seulement les modifications dentaires méso-distales mais également les changements affectant le sens transversal de l'arcade. Dans ce cas-ci, comme nous

as their position will later be determined by their location on the occlusogram. The illustration in *fig. 12* shows one such analysis and you may notice that only two stages are included. In this superimposition the two mandibular occlusal planes are bisected and a so-called occlusal plane bisector is constructed. At right angles to the incisors we then draw two perpendicular lines and a line parallel to the occlusal plane bisector is constructed along which the respective occlusograms are traced. This line will then serve as the dental arch midline for the two arches. It is often advantageous to begin this process by tracing the upper model on the maxillary superimposition so as to determine the maxillary midline. This midline we place along the mid palatal raphe. It can then be transferred to the mandibular occlusogram after marking some of the teeth on the upper cast and bring the upper and lower models into correct occlusion thereby transferring these points to the lower model. However, this is only necessary in asymmetrical cases where one side may be askew. In most other instances we simply split the difference between the molars instead. Once the two occlusograms have been traced on the mandibular superimposition perpendicular lines to the mesial of the molars on the occlusal image we have traced are traced. These lines are drawn down to the respective occlusal planes and thereby determine the correct molar position. This may seem cumbersome but with some experience it is not too time consuming and provides an accurate idea of the precise three-dimensional dental changes.

Maxillary growth and treatment analysis

Analysis of maxillary growth and treatment change has routinely been done by using the “*best fit*” approach. Due to the difficulty in recognizing structures in the maxilla that remain unchanged during growth it is only recently a more accurate approach has been developed. Once again Björk [10], based on his implant studies, came up with a possible solution to the problem; the lack of a reliable superimposition. First of all his early studies of maxillary growth had shown that when metallic markers were inserted in the anterior outline of the zygomatic process of the maxilla these markers were not lost but remained in place over time. The location of the markers is indicated by an arrow in *fig. 13*. In an implant studies of maxillary growth which included 21 boys followed from age 7–21, Björk [10] and later Iseri et al. [9] found that the orbital floor undergoes bony apposition over time. In contrast the nasal floor has resorptive remodeling that lowers the floor over time. When they precisely measured these changes they found

l'avons déjà décrit, nous traçons d'abord les structures mandibulaires mais, encore une fois, nous n'incluons pas les molaires puisque leurs positions seront déterminées ultérieurement par leur localisation sur l'occlusogramme. L'illustration de la *fig. 12* montre un exemple d'une telle analyse et nous pouvons remarquer qu'elle ne comporte que deux stades. Dans cette superposition, les deux plans occlusaux se croisent et nous construisons la bissectrice de ces plans occlusaux. Ensuite, nous dessinons des lignes perpendiculaires aux incisives ainsi qu'une ligne parallèle à la bissectrice des plans occlusaux le long de laquelle nous traçons les occlusogrammes respectifs. Cette ligne nous servira par la suite comme ligne médiane des deux arcades. Il est souvent utile de commencer ce processus en traçant d'abord le modèle supérieur sur la superposition maxillaire afin de déterminer la ligne médiane maxillaire. Cette ligne médiane sera placée ensuite le long du raphé médian palatin. Plus tard, elle peut être transférée sur l'occlusogramme mandibulaire une fois que nous aurons marqué certaines des dents sur le moulage supérieur et placé les moulages supérieur et inférieur en bonne occlusion, ce qui a comme effet de transférer ces points au modèle inférieur. Cela n'est nécessaire, cependant, que dans les cas asymétriques où un côté peut être de travers. Dans la plupart des autres situations, il suffit de « couper la poire en deux » entre les molaires. Une fois que les deux occlusogrammes auront été tracés sur la superposition mandibulaire, nous tracerons les perpendiculaires de la face mésiale des molaires sur l'image occlusale que nous avons tracée. Ces lignes sont tracées jusqu'aux plans occlusaux respectifs et déterminent ainsi la bonne position occlusale. Ce procédé peut paraître lourd mais, avec un peu d'expérience, il prend peu de temps et fournit une idée exacte des changements dentaires dans les trois dimensions de l'espace.

Analyse de la croissance maxillaire et du traitement

Par le passé, l'analyse de la croissance maxillaire et des changements résultant du traitement était réalisée de façon routinière par l'approche « *best fit* ». En raison de la difficulté à reconnaître les structures du maxillaire qui restent inchangées pendant la croissance, ce n'est que récemment qu'une méthode plus exacte a été mise au point. Une fois encore, c'est Björk [10], se basant sur ces études avec les implants, qui a trouvé une solution au problème du manque de fiabilité des superpositions. Tout d'abord, ses premières recherches sur la croissance maxillaire avaient démontré que lorsque des marqueurs étaient placés sur le contour antérieur de l'apophyse zygomaticue du maxillaire, ces marqueurs ne disparaissaient pas mais restaient en place de façon permanente. La localisation de ces marqueurs est indiquée par une flèche sur la *fig. 13*. Dans une étude sur la croissance maxillaire utilisant des implants et comprenant 21 garçons suivis entre sept et 21 ans, Björk [10] et, plus tard,

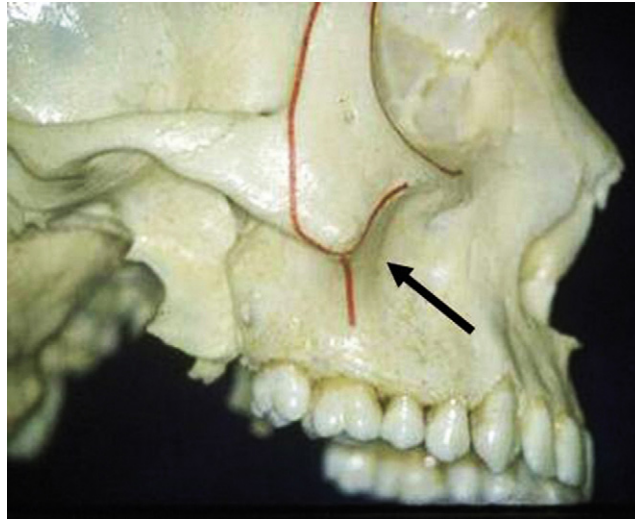


Fig. 13: Photo of the zygomatic process of the maxilla on a skull with arrow indicating the location of Björk's implants.

Fig. 13 : Vue de l'apophyse zygomatique maxillaire sur un crâne. La flèche indique l'emplacement des implants de Björk.

that the ratio between orbital floor apposition and nasal floor resorption on average was 3:2. Using this information we have since developed a “*structural*” superimposition for the maxilla that can be applied to patients without implants [11]. We have compared maxillary superimposition on stable structures to best fit and implant superimposition. Our results showed that when using a best fit technique one average the best fit technique underestimates the eruption of the incisors by about 50% and the molars by 30% [11].

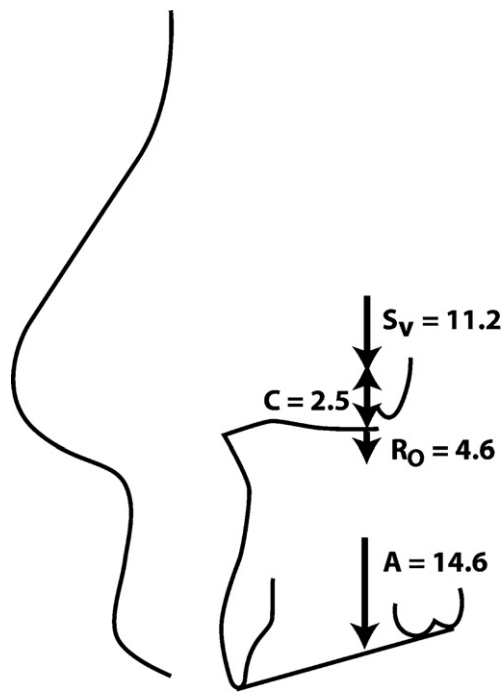
These findings have since been corroborated by a similar study by Dopple et al. [12] carried out on a different sample that also had implants placed in the maxilla. So what can we do to get a more accurate estimate of the maxillary growth and treatment changes?

The approach we now use is based on the following technique which has been developed at the suggestion of Björk [6]. Using the information from their study of maxillary growth, about the relationship between orbital apposition and nasal floor resorption we align the headfilms, or tracings thereof, on the anterior outline of the zygomatic process of the maxilla. This is a similar location to the one used by Björk for placing his implants so we know this is an inactive area of the bone over time (*fig. 14*). The second image is then moved up or down along this anterior outline until there is slightly more apposition on the orbital floor than resorption of the nasal floor. The illustration in *fig. 15* may serve as a guide and shows a clinical example of a treated patient and it includes three stages, namely pre and post treatment and out of retention. Notice how growth in length is expressed at PNS and that the nasal

Iseri et al. [9] ont conclu que le plancher orbitaire subit une apposition osseuse au fil du temps. En contrepartie, le plancher des fosses nasales connaît un remodelage résorptif qui abaisse le plancher au fil du temps. Quand ils ont mesuré ces changements de façon précise, ils ont trouvé que le rapport entre l'apposition au niveau du plancher orbitaire et la résorption au niveau plancher des fosses nasales était, en moyenne, de 3/2. Forts de cette information, nous avons mis au point depuis lors une méthode de superposition « structurale » pour le maxillaire qui peut être utilisée avec les patients sans faire appel aux implants [11].

Ces résultats ont été corroborés par une étude similaire de Dopple et al. [12] sur un échantillon différent qui était également muni d'implants au maxillaire. Alors, que pouvons-nous faire pour obtenir une estimation plus exacte du développement maxillaire et des changements survenus en cours de traitement ?

La méthode que nous utilisons à l'heure actuelle est basée sur le développement de la technique suivante, suggérée par Björk [6]. Exploitant l'information dans son étude sur la croissance maxillaire et les relations entre l'apposition orbitaire et la résorption du plancher nasal, nous alignons les téléradiographies et les tracés que nous en tirons sur le contour antérieur de l'apophyse zygomatique du maxillaire. Cet emplacement est similaire à celui utilisé par Björk pour la mise en place de ses implants. En conséquence, nous savons qu'il s'agit d'une zone osseuse qui restera stable au cours du temps (*fig. 14*). La deuxième image est alors déplacée vers le haut ou le bas le long de ce contour antérieur jusqu'à ce qu'il y ait un peu plus d'apposition sur le plancher orbitaire que de résorption sur le plancher nasal. L'illustration de la *fig. 15* peut servir de guide et montre l'exemple clinique



MEAN GROWTH CHANGES

9 CASES, 4 TO 20 YRS

Fig. 14: Schematic illustration of the average maxillary growth and remodeling changes in 21 boys observed from age 7–21 with implants (from Björk and Skieller, 1977).

Fig. 14 : Illustration schématique de la croissance maxillaire moyenne et du remodelage chez 21 garçons équipés d’implants et observés entre sept et 21 ans.

floor was lowered relative to the superimposition and more so anteriorly than posteriorly. The illustration also shows the tooth movements and change in the upper occlusal plane. The molar changes are corrected with the direct measurement from the occlusogram of the upper dental arch. The nasion-sella lines that were transferred from the individual headfilms show that some degree of anterior or counterclockwise rotation of the maxilla took place during treatment and retention. In cases where we want to analyze the maxillary dento-alveolar changes we include an occlusogram of the upper dental arch similar to what was done in the mandibular analysis. *fig. 16* shows the same patients treatment analysis seen in *fig. 15* but here we have only included two stages namely pre and post treatment. The reason is that we have to arrange the respective occlusograms in relation to an occlusal plane bisector, as explained previously so only two time points can be included.

d’un patient traité comprenant trois stades, à savoir, pré- et post-traitement et post-contention. Notez comment la croissance en longueur s’exprime au niveau d’ENP et remarquez que le plancher des fosses nasales est plus bas par rapport à la superposition, et encore plus dans le sens antérieur que dans le sens postérieur. Cette illustration montre également les mouvements dentaires et l’évolution au niveau du plan occlusal supérieur. Les changements molaires sont corrigés grâce aux mesures directes prélevées sur l’occlusogramme de l’arcade dentaire supérieure. Les lignes SN qui étaient transférées des téléradiographies individuelles montrent qu’un certain degré de rotation antérieure ou anti-horaire du maxillaire s’est produit pendant le traitement et la contention. Lorsque nous voulons analyser les changements dento-alvéolaires maxillaires, nous incluons un occlusogramme de l’arcade dentaire supérieure de la même manière que pour l’analyse mandibulaire. La *fig. 16* montre l’analyse de traitement des patients déjà présentés sur la *fig. 15* mais ici,

Pre-Treatment ——— 12y9m
 Post-Treatment - - - - - 15y2m
 Out of Retention ······· 19y1m
 Avant Traitement ——— 12a9m
 Après Traitement - - - - - 15a2m
 Après Contention ······· 19a1m

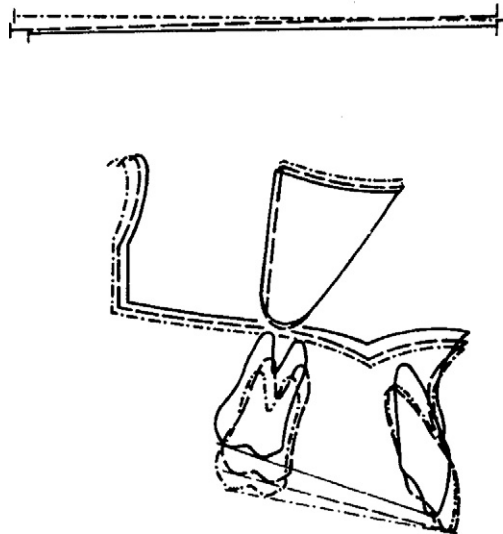


Fig. 15: Maxillary superimposition with the “structural technique” on the anterior surface of the zygomatic process of line show minor rotations took place. The eruption of the teeth and change in the upper occlusal plane can be seen. Note the differential remodeling of the nasal floor with greater resorption anteriorly than posteriorly.

Fig. 15 : Superposition maxillaire utilisant l’analyse structurale sur la face antérieure de l’apophyse zygomatique du maxillaire. Les changements au niveau de la ligne SN révèlent des rotations mineures. L’éruption des dents et l’évolution du plan occlusal supérieur sont visibles. Notez le remodelage différentiel du plancher nasal montrant une résorption plus importante dans la zone antérieure que dans la postérieure.

It should be noted that the validity of the maxillary growth and treatment analysis with the “structural technique” is greatly dependent on good headfilms with clear images of the structures used in the superimposition. It is important that the

nous n’avons inclus que deux stades, à savoir, le pré- et le post-traitement. Cela s’explique par le fait que nous devons disposer les occlusogrammes respectifs par rapport à la bissectrice des plans occlusaux, comme nous l’avons décrit précédemment, et il est donc impossible d’inclure plus de deux points séparés dans le temps.

Il est à noter que la validité de l’analyse de la croissance maxillaire et du traitement utilisant la « technique structurale » dépend en très grande partie de la qualité des téléradiographies qui doivent fournir des images nettes des structures

CASE DH ♂
Pre-Treatment — 12y9m
Post-Treatment ---- 15y2m

Cas DH ♂
Avant Traitement — 12a9m
Après Traitement ---- 15a2m

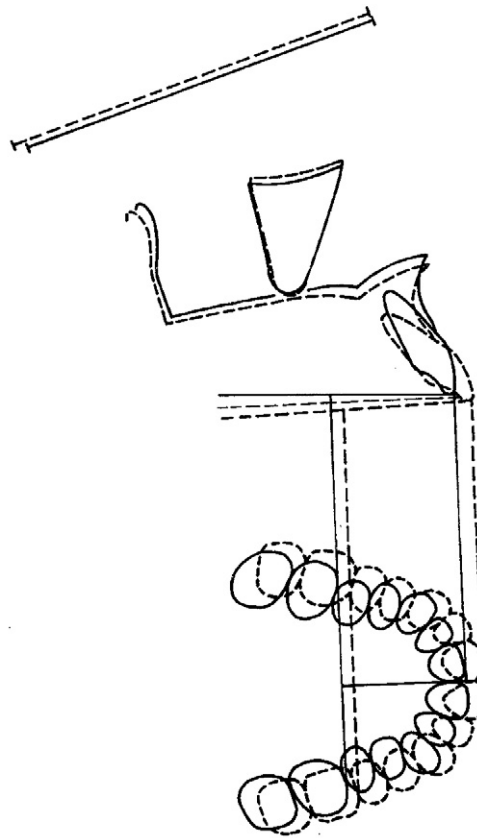


Fig. 16: Maxillary superimposition of the same patient seen in *fig. 15* except that only the pre and post treatment stages are included. The three dimensional dental changes can be seen with forward movement of the dentition and some transverse expansion during treatment.

Fig. 16 : Superposition maxillaire du même patient montré sur la *fig. 15*, sauf que seuls les stades pré- et post-traitement sont inclus. Les changements dentaires tridimensionnels sont visibles avec un déplacement antérieur de la denture et un peu d'expansion transversale survenue pendant le traitement.

extent of double contour of the structures is limited, in particular when it comes to the zygomatic process, which needs to be fairly similar from film to film.

Whereas the mandibular analysis, using the stable structures as references has gained a lot of users in recent years, and is now accepted by the American Board of Orthodontics, the maxillary analysis still has not yet become the norm. Hopefully the board will accept this approach to maxillary analysis as the “golden standard” in the near future as it provides much more reliable information about of the changes.

Conclusion

In an earlier article on cephalometric morphological analysis and in this article on cephalometric analysis of growth and treatment we have explained the technique and clinical application of both analysis for analyzing facial morphology and growth as well as the dento-alveolar changes. The application of the so-called “structural analysis” was in both articles based on the conventional lateral cephalometric headfilm. In recent years the digital headfilm that is analyzed on the computer screen has become the state of the art and these digital images lend themselves just as well to the analysis technique we have described. One advantage of the digital image is that there is no magnification factor to take into consideration so no adjustment is needed between the scanned study casts and the film image during the analysis. The most recent development of 3D analysis based on CBCT scans will undoubtedly in the future dominate the field but until then the “structural analysis” still has its place and provide the clinician with a better understanding of the treatment changes in their patients. It is unfortunate only that there are a few computer programs today that allow direct superimposition of the digital headfilm. So how can we then compare the images? We suggest the following approach that will get around this problem until better programs are available. Print out the digital images on transparencies and then superimpose these directly by overlaying them on the stable structures in the cranial base, on the maxillary or mandibular stable structures as we have described above. Then trace the structures and include the occlusograms as needed. This process may at first seem a little cumbersome but with experience the clinician would get to appreciate the value of an accurate and meaningful cephalometric analysis to the benefit of the treatment of their patients.

utilisées pour la superposition. Il est important que l'étendue du double contour des structures soit limitée, en particulier en ce qui concerne l'apophyse zygomatique, qui doit être assez similaire d'un cliché à un autre.

Ces dernières années, l'analyse mandibulaire, utilisant comme points de références des structures stables, a attiré un nombre important d'utilisateurs et a été reconnue par le Board américain d'orthodontie, à la différence de l'analyse maxillaire qui n'est pas encore acceptée comme la norme. Il est à espérer que, dans un avenir proche, le Board acceptera cette méthode d'analyse maxillaire comme l'« étalon or » puisqu'elle fournit des informations beaucoup plus fiables au sujet des changements survenus en cours de traitement.

Conclusion

Dans un article précédent sur l'analyse morphologique utilisant la céphalométrie et dans l'article actuel sur l'analyse céphalométrique de la croissance et du traitement, nous avons détaillé la technique et l'application clinique des deux types d'analyse visant la morphologie faciale et la croissance aussi bien que les changements dento-alvéolaires. Dans ces deux articles, l'application de la technique dite « analyse structurale » était basée sur les téléradiographies céphalométriques sagittales conventionnelles. Ces dernières années, la téléradiographie numérique affichée sur un écran d'ordinateur représente la technique de pointe et ces images numériques se prêtent tout aussi bien à la technique d'analyse que nous avons décrite. Un avantage de l'image numérique est que celle-ci ne comprend pas de facteur d'agrandissement dont il faut tenir compte. Par conséquent, aucun ajustement n'est nécessaire pendant l'analyse entre les modèles d'étude scannés et les clichés. La mise au point récente d'analyses 3D basées sur des images de scanner à faisceau conique va sûrement conquérir ce domaine à l'avenir. En attendant, « l'analyse structurale » a toujours sa place et permet aux cliniciens de mieux comprendre les changements qui se produisent chez leurs patients en cours de traitement. Il est dommage seulement qu'il existe peu d'applications informatiques à ce jour permettant de réaliser une superposition directe des téléradiographies numériques. Comment alors comparer les images ? L'approche suivante que nous proposons permettra de contourner ce problème en attendant que de nouvelles applications soient disponibles. Il s'agit d'imprimer les images numériques sur des transparents que l'on superpose directement sur les structures stables de la base crânienne et sur celles du maxillaire et de la mandibule, comme nous l'avons décrit ci-dessus. Ensuite, nous traçons les structures et nous incluons les occlusogrammes, selon les besoins. Ce processus peut, dans un premier temps, paraître un peu fastidieux mais, avec l'expérience, les cliniciens sauront apprécier l'utilité d'une analyse céphalométrique exacte et significative au bénéfice de leurs patients.

Disclosure of interest

The author declares that he has no conflicts of interest concerning this article.

Déclaration d'intérêts

L'auteur déclare ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

References/Références

1. Björk A. Facial growth in man studied with the aid of metallic implants. *Acta Odontol Scand* 1955;13:9-34.
2. Björk A. Variations in the growth pattern of the human mandible: a longitudinal radiographic study by the implant method. *J Dent Res* 1963;42:400-11.
3. Björk A, Skieller V. Facial development and tooth eruption. An implant study at the age of puberty. *Am J Orthod* 1972;62:339-83.
4. Melsen B. The cranial base. The postnatal development of the cranial base studied histologically on human autopsy material. *Acta Odontol Scand*. 32: Suppl. 62, 1974.
5. Houston WJB, Lee RT. Accuracy of different methods of radiographic superimposition on cranial base structures. *Eur J Orthod* 1987;7:127-35.
6. Björk A. Growth of the maxilla in three dimensions as revealed radiographically by the implant method. *Br J Orthod* 1977;4:53-64.
7. Isaacson RJ, Worms RW, Speidel M. Measurement of tooth movement. *Am J Orthod* 1976;70(3):290-303.
8. Buschang PH, LaPalme L, Tanquay R, Demirijian A. The technical reliability of superimposition on cranial base structures. *Eur J Orthod* 1986;8(3):152-6.
9. Iseri H, Solow B. Average surface remodeling of the maxillary base and the orbital floor in female subjects from 8 to 25 years. An implant study. *Am J Orthod Dentofac* 1995;107(1):48-57.
10. Björk A, Skieller V. Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years. *Eur J Orthod* 1983;5:1-46.
11. Nielsen IL. Maxillary superimposition: a comparison of three methods for cephalometric evaluation of growth and treatment change. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;95(5):422-31.
12. Doppel D, Damon WM, Joondeph DR, Little RM. An investigation of maxillary superimposition techniques using metallic implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;105:161-8.