

Modélisation 3D du viscéro-crâne. Applications en orthodontie et chirurgie orthognathique

J Treil (1, 2), J Braga (1) et A Aït Ameer (2)

Abstract

**3D Representation of Skull and Soft Tissues.
Usefulness in Orthodontic and Orthognathic Surgery**
J Radiol 2009;90:634-41

Three D Modeling of the human face. The method combines the use of DICOM CT scan or cone beam data, anatomical informations and a mathematical tool, the axes of inertia, in order to create a 3D model for cephalometric analysis of the human face. The balance and symmetry of the model are stable enough to define normality for each individual, even when there are differences in ethnic and cultural origins. Imbalance and asymmetry characterize pathologies. Follow up shape and size of models allow growth prediction and modeling. An original statistical study of the 3D model variability using the "geometry morphometrics method" (GMM) is introduced. This 3D model is in the process of becoming an indispensable reference for all of those who are interested in studying the human face such as Orthodontists, Surgeons, Anatomists, Anthropologists and Forensic Medical Practitioners.

Key words: Image Manipulation/Reconstruction. Face. Computer Applications-3D.

Résumé

La méthode associe des données numériques au format DICOM issues d'examen TDM ou « cone beam », des informations anatomiques, et un outil mathématique : les axes d'inertie, dans le but de créer une modélisation tridimensionnelle du viscéro-crâne. Le modèle 3D définit par son équilibre et sa symétrie la normalité, quelle que soit l'origine ethnique et culturelle des individus. Ce sont les déséquilibres et les asymétries du modèle 3D qui caractérisent les pathologies. Le suivi du modèle permet d'étudier et de modéliser la croissance. L'analyse de la variabilité du modèle 3D se fait à l'aide d'une méthode statistique originale, la « morphométrie géométrique ». Le modèle 3D est devenu une référence indispensable pour les orthodontistes, les chirurgiens, les anatomistes, les anthropologues et les légistes.

Mots-clés : 3D. Massif facial, croissance. Nerf crânien. Imagerie virtuelle.

Introduction

« La géométrie plane est inapte à l'analyse d'un volume anatomique et à l'étude de sa croissance ». Cet aphorisme de Jean Delaire (1) résume et justifie à lui seul la modélisation en trois dimensions. L'objectif de notre recherche, résumée dans cet article, est de proposer à l'usage des radiologues, des anatomistes, des chirurgiens, des orthodontistes, et des anthropologues, une modélisation tridimensionnelle du viscéro-crâne réalisée à partir des données de l'imagerie en coupes par scanners médicaux conventionnels (MDCT) ou scanners à faisceaux coniques (CBCT).

Le viscéro-crâne est une structure anatomique osseuse et dentaire, tridimensionnelle, complexe qu'il est nécessaire, pour pouvoir l'étudier, de ramener à une construction géométrique simplifiée, une modélisation tridimensionnelle, anatomiquement cohérente, biologiquement pertinente, analysable et statistiquement manipulable.

Le modèle 3D proposé est créé à partir du relevé sur les coupes natives MDCT ou CBCT de repères anatomiques et des dents qui sont tous et toutes situés sur les axes trigéminaux de la croissance neuro-matricielle de la face. Le modèle 3D proposé est gé-

néré à partir de deux types de données : de données osseuses simples, modélisées à partir des coordonnées cartésiennes des repères anatomiques, dentaires, et de données obtenues à l'aide d'un outil mathématique original en biologie du développement dénommé « les axes d'inertie ».

L'analyse du modèle, réalisée sur une population de plus de 200 individus à l'aide d'outils statistiques plus ou moins sophistiqués, moyennes et écarts types, « morphométrie géométrique » (GMM), permet de dégager une structure tridimensionnelle anatomiquement et mathématiquement cohérente. Le modèle est susceptible de définir la normalité par son équilibre et sa symétrie quelle que soit l'origine ethnique ou culturelle des individus, de caractériser les pathologies par ses déséquilibres et ses asymétries et de proposer des schémas thérapeutiques susceptibles de les corriger.

Les moyens de la modélisation

Ils associent des données natives MDCT ou CBCT sauvegardées au format DICOM, des informations anatomiques et des outils mathématiques.

1. Données natives au format DICOM

À partir des données natives au format DICOM sont réalisées l'imagerie 2D multiplanaire (MPR) et/ou l'imagerie 3D (2, 3) en fonction des algorithmes disponibles, variables selon les logiciels utilisés et qu'il n'y a pas lieu de détailler ici.

(1) FRE 2960 CNRS, université Paul-Sabatier, Toulouse 3, France. (2) service de radiologie, clinique Pasteur, 45 avenue de Lombez 31300 Toulouse, France.
Correspondance : J Treil
E-mail : jtreil@free.fr

2. Informations anatomiques (fig. 1)

L'ensemble des éléments anatomiques, les repères et les dents, sélectionnés sur les coupes TDM natives, sont tous et toutes situés sur les branches du nerf trijumeau. Le nerf trijumeau, cinquième paire des nerfs crâniens, est le grand nerf sensitif de la face ; il organise par l'intermédiaire de ses trois branches la croissance et le développement des trois étages de la face, du stade embryonnaire à l'âge adulte (4).

Le V1 ou nerf ophtalmique organise l'étage orbito-frontal. Le V2 ou nerf maxillaire organise l'étage maxillaire. Le V3 ou nerf mandibulaire organise l'étage mandibulaire qui correspond au premier arc branchial. Le V3, connu comme le nerf du premier arc, est composé, à l'image d'un nerf rachidien, d'une branche sensitive et d'une branche motrice. La branche motrice du V3 innerve l'ensemble des muscles manducateurs ainsi que le muscle tenseur du tympan (anciennement appelé muscle du manche du marteau).

Les 16 repères anatomiques, qui sont actuellement sélectionnés pour la modélisation de l'étage osseux basal, correspondent aux deux foramen supra-orbitaires (V1), aux deux foramen infra-orbitaires, grand ronds et grand palatins ainsi qu'aux foramen naso-palatins supérieur et inférieur (V2), aux deux foramen mentonniers et mandibulaires (V3), et à la tête des deux marteaux. Le marteau de par son origine, le premier arc, et de par l'innervation du muscle de son manche, le muscle tenseur du tympan, (V3), appartient au système trigéminal. Des repères trigéminaux complémentaires, identifiables sur les coupes TDM natives, les impressions trigéminales (empreintes des ganglions de Gasser sur les crêtes pétreuses), les foramen ovales sont susceptibles d'être utilisés et l'ont été par certains d'entre nous notamment en anthropologie pour l'étude de l'évolution de la base du crâne.

Les dents par leur innervation proprioceptive appartiennent au système trigéminal : les dents maxillaires (V2), les dents mandibulaires (V3) (fig. 1).

3. Outil mathématique : les axes d'inertie (fig. 2)

On cherche à caractériser la géométrie d'objets anatomiques discrets obtenus par empilement de coupes sérieuses numériques jointives d'épaisseur homogène, issues d'examen médicaux de type MDCT ou CBCT. Ces objets sont classiquement représentés par des ensembles d'éléments de volume appelés voxels : parallélépipèdes rectangles généralement non cubiques MDCT ou cubiques CBCT. L'objectif est de trouver une représentation synthétique, géométrique, significative et pertinente des éléments anatomiques qui permette : de quantifier la dispersion géométrique, la forme et l'étendue des objets étudiés, de comparer différentes acquisitions d'un même objet ou différents objets d'une même acquisition, éventuellement d'étudier la cinématique simplifiée des objets anatomiques.

Pour simplifier la manipulation des données, chaque parallélépipède est caractérisé par les coordonnées x y z de son centre de gravité et éventuellement une unité de masse ou de volume de sorte que l'objet discret soit représenté par un nuage de points. La géométrie de l'objet anatomique est elle-même représentée par la dispersion des points du nuage, grandeur classiquement traduite par la matrice de dispersion.

On caractérise la dispersion des points du nuage par les composantes principales (approche statistique) ou axes principaux d'inertie (approche physique) (5) obtenus à partir de la matrice de dispersion. C'est un ensemble de trois axes perpendiculaires deux à deux, liés au nuage de points et tournant avec lui, et pour lequel la matrice de dispersion est diagonale. Informellement, ce sont les trois axes orthogonaux pour lesquels la dispersion des projections orthogonales des points du nuage est maximale.

Les composantes principales ou axes principaux d'inertie de l'objet décrivent une ellipsoïde qui couvre plus de 90 % du nuage de points (théorème de Tchebycheff-Bienaymé). Le système est suffisamment stable, quelles que soient les conditions de la discrétisation, taille de la matrice et épaisseur des coupes MDCT ou CBCT natives, orientation de l'objet etc., pour être caractéristique de la géométrie 3D de l'objet.

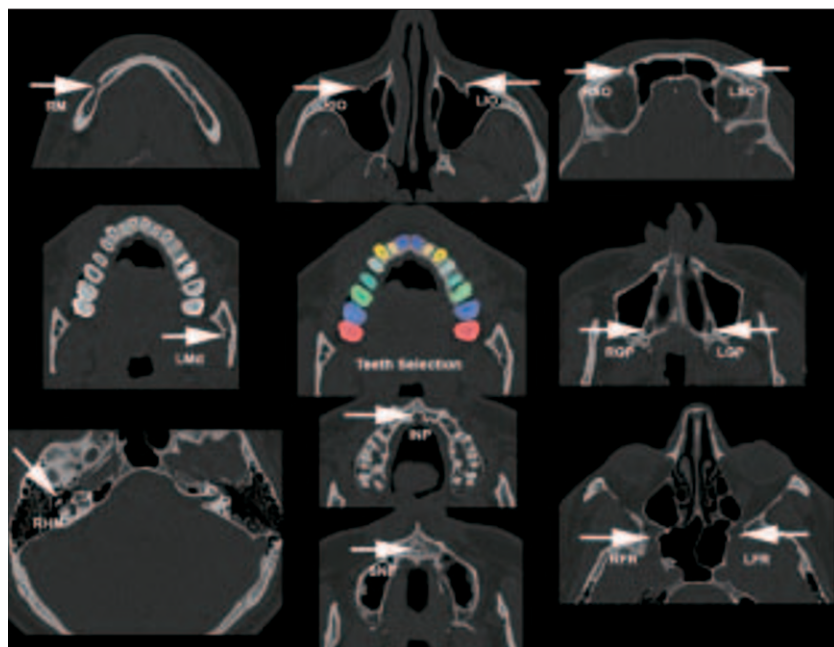


Fig. 1 : Relevé des « landmarks » et segmentation des dents sur les coupes natives MDCT ou CBCT.

Les landmarks et les dents sont tous et toutes situés sur les axes trigéminaux de la croissance neuro-matricielle du viscéro-crâne.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/4235342>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/4235342>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)