



Finite element analysis of the convergence of the centers of resistance and rotation in extreme moment-to-force ratios

Analyse par éléments finis de la convergence des centres de résistance et de rotation avec des rapports moment/force extrêmes

Allahyar GERAMY^a, Kazuo TANNE^b, Meisam MORADI^a, Hamid GOLSHAHI^a, Yasamin FARAJZADEH JALALI^{a,*}

^aDepartment of Orthodontics, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

^bDepartment of Orthodontics, Hiroshima University, Hiroshima, Japan

Available online: 10 May 2016 / Disponible en ligne : 10 mai 2016

Summary

The aim of this study was to investigate how very high and very low M/F ratios affect the location of the center of rotation (CRo). A 3D model of a mesiodistal slice of the mandible was used for this purpose. The model comprised the lower right central incisor, its PDL, the spongy and cortical bone, and a bracket on the labial surface of the bracket. A couple of 1N was applied to the bracket slot to find the level of the center of resistance (Cre). In a second stage, we attempted to produce bodily movement by applying the appropriate M/F ratio. M/F ratios of ± 100 , 200, 400, and 800 were applied to the last tenths of a millimeter of a pre-activated loop. Higher M/F ratios with positive or negative values, at constant force, increased both incisal and apical movements. The change in the tooth inclination before and after force application matched the difference produced by the different M/F ratios. It was found that a single center of rotation can be constructed for any tooth position. However, this single point does not act as the center of rotation during the entire movement.

© 2016 CEO. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved

Résumé

L'objectif de cette étude était de déterminer comment des rapports M/F très élevés et très faibles influent sur le centre de rotation (CRo). Un modèle 3D d'une coupe mésiodistale de la mandibule a été utilisé pour les besoins de l'étude. Le modèle comprenait l'incisive centrale droite inférieure, son LPD, l'os spongieux et cortical, et un bracket à la surface labiale de l'incisive. Un couple de 1N a été appliqué à la gorge du bracket afin de trouver le niveau du centre de résistance (Cre). Dans un deuxième temps, nous avons essayé de produire un mouvement de translation en appliquant le rapport M/F approprié. Sur les derniers dixièmes de millimètre d'une boucle préactivée, des rapports de ± 100 , 200, 400 et 800 ont été appliqués. Des rapports M/F plus élevés avec des valeurs positives et négatives mais de force constante ont augmenté les mouvements vers le bord incisif et vers l'apex. Les modifications de l'inclinaison de la dent avant et après application de la force représentaient la différence générée par les différents rapports M/F. Il a été observé qu'un centre de rotation unique peut être créé quelle que soit la position de la dent. Cependant, ce point unique n'agit pas en tant que centre de rotation pendant l'intégralité du mouvement.

© 2016 CEO. Édité par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

* Correspondence and reprints / Correspondance et tirés à part.
e-mail address / Adresse e-mail : yassi.jalali@gmail.com (Yasamin Farajzadeh Jalali)

Key-words

- Orthodontic tooth movement.
- Center of rotation.
- Finite element method.

Introduction

Orthodontic treatment is achieved with the aid of force systems. A force system consists of force and moment. In other words, stresses and strains created in the PDL determine the type of tooth movement [1–3]. The effect of orthodontic forces on periodontal tissue remodeling has been the subject of many studies [4]. Predicting the response of the periodontal ligament (PDL) – the connective tissue between the root of a tooth and the alveolar bone – is critical in describing the behavior of a dentofacial system subjected to mechanical loads (in particular, in orthodontic treatment). Force or moment by itself cannot show or determine the type of tooth movement. However, the moment-to-force (M/F) ratio is a reliable criterion for predicting the type of tooth movement. Various studies have been published on the relationship between the moment-to-force (M/F) ratio and the type of tooth movement [1–3], suggesting that a combination of segmented arch technique and strong arms can lead to a high M/F ratio without creating friction and vertical forces, thus making it possible to achieve controlled and efficient tooth movement [5]. Nowadays, orthodontic practitioners have a sound knowledge and experience of applying forces to the teeth to correct dentofacial anomalies [6]. Hence, it is essential for clinicians to grasp the biomechanical principles behind tooth movement in order to orthodontist to produce an individualized treatment plan. If the location of the center of resistance (CR_e) of a tooth or group of teeth is known, the correct M/F ratio can be applied to the brackets to obtain specific centers of rotation or control the type of dental movement required [7]. The concept underpinning the center of resistance of a tooth is similar to that of the center of gravity in a free body [8].

We will describe the procedures for determining the positions of CR_e and center of rotation (CR_o) based on experimental data. The term CR_o is also very common in orthodontics, but it should be clearly differentiated from CR_e. Furthermore, in biomechanics, a number of different CR_o are used, which are mostly related to the kinematics of human joints [6].

Based on a mathematical model, Burstone established that the CR_e of a single-rooted tooth with a parabolic shape was located at a distance of 40% from the apex along the distance between the alveolar crest and the apex. Based on this assumption, the CR_o can be calculated using the so-called Burstone formula: $M/F = (0.068 h^2)/y$ where “h” is the distance from the alveolar crest to the apex, and “y” is the

Mots-clés

- Mouvement dentaire orthodontique.
- Centre de rotation.
- Méthode par éléments finis.

Introduction

Le traitement orthodontique est effectué à l'aide de systèmes de force. Un système de force est constitué d'une force et d'un moment. En d'autres termes, les contraintes et les déformations créées au niveau du ligament parodontal (LPD) déterminent le type de mouvement dentaire [1–3]. L'effet de forces orthodontiques sur le remodelage du tissu parodontal est le sujet de nombreuses études [4]. Savoir prédire la réponse du LPD – le tissu conjonctif entre la racine d'une dent et l'os alvéolaire – est essentiel afin de décrire le comportement d'un système dentofacial dépendant de l'action de charges mécaniques (dans le traitement orthodontique plus spécifiquement). En soi, ni la force ni le moment ne peuvent indiquer ou déterminer le type de mouvement dentaire. Cependant, le rapport moment/force (M/F) fournit un critère fiable pour prédire le type de mouvement dentaire. Diverses études ont été publiées sur la relation entre le rapport M/F et le type de mouvement dentaire [1–3] qui suggèrent qu'une combinaison de la technique de l'arcade segmentaire et de bras puissants peut générer un rapport M/F élevé sans créer de la friction ou des forces verticales, permettant ainsi d'obtenir des mouvements dentaires à la fois contrôlés et efficaces [5]. De nos jours, les praticiens orthodontiques possèdent de vastes connaissances et une expérience approfondie de l'application des forces aux dents afin de corriger les anomalies dentofaciales [6]. Il est indispensable pour l'orthodontiste de comprendre les principes biomécaniques qui sous-tendent le mouvement dentaire afin d'exécuter un plan de traitement individualisé. Si l'emplacement du centre de résistance (CR_e) d'une dent ou d'un groupe de dents est connu, le rapport M/F approprié peut être appliqué aux *brackets* afin d'obtenir des centres de rotation (CR_o) spécifiques ou de contrôler le type de mouvement dentaire souhaité [7]. Le concept de centre de résistance d'une dent est analogue au concept du centre de gravité dans un corps libre [8].

Nous décrirons les méthodes utilisées pour déterminer les positions du CR_e et du CR_o basées sur des données expérimentales. Le terme CR_o est très utilisé en orthodontie mais doit être clairement distingué du CR_e. Par ailleurs, en biomécanique, plusieurs CR_o différents sont utilisés qui sont principalement en relation avec la cinétique des articulations humaines [6].

Se basant sur un modèle mathématique, Burstone a établi que le CR_e des dents monoradiculées à forme parabolique se situe à 40 % de l'apex sur la distance entre la crête alvéolaire et l'apex. D'après cette hypothèse, le CR_o peut être calculé en utilisant la « formule Burstone » suivante : $M/F = (0,068 h^2)/y$, où « h » est la distance entre la crête alvéolaire et l'apex et « y » la distance entre le CR_e et le CR_o, en présupposant : un

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/3135326>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/3135326>

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