

Formation osseuse et corticotomies à visée de facilitation métabolique : existe-t-il une ostéogénèse induite par les corticotomies alvéolaires ?

Nathan MOREAU^{1,2}, Jean-Baptiste CHARRIER^{3*}

¹ Service d'odontologie, Hôpital Bretonneau, 23 rue Joseph de Maistre, 75018 Paris, France

² Faculté de chirurgie dentaire, Université Paris Descartes, 1 rue Maurice Arnoux, 92120 Montrouge, France

³ 6 place du Président Mithouard, 75007 Paris, France

MOTS CLÉS :

Corticotomie /
Ostéogénèse /
Phénomène d'accélération
régionale

RÉSUMÉ – L'évolution des thérapeutiques orthodontiques doit faire face à une demande croissante de traitements plus courts pour un même résultat final, en particulier chez les patients adultes. Ces dernières années, l'amélioration des techniques orthodontiques, des techniques chirurgicales et anesthésiques en chirurgie orthognathique ont permis un développement considérable des protocoles orthodontico-chirurgicaux et de la prise en charge orthodontique chez le patient adulte. Les corticotomies alvéolaires font partie de ces nouvelles techniques. Elles permettent une facilitation des déplacements dentaires orthodontiques en modifiant localement le métabolisme osseux et en favorisant une ostéopénie transitoire, facilitatrice du mouvement dentaire. Elles augmentent ainsi l'enveloppe des mouvements dentaires possibles avec les techniques conventionnelles. Bien que la littérature récente apporte une meilleure compréhension des effets biologiques des corticotomies, il n'existe que peu d'informations sur le pouvoir ostéogénique de celles-ci. À travers un cas clinique et une revue de la littérature concernant cette technique et ses principes biologiques, nous décrivons les potentielles perspectives d'ostéogénèse induite par les corticotomies alvéolaires.

KEYWORDS:

Corticotomy /
Osteogenesis /
Regional acceleration
phenomenon

ABSTRACT – ***Bone formation and corticotomy-induced accelerated bone remodeling: can alveolar corticotomy induce bone formation?** Current orthodontic treatments must answer an increasing demand for faster yet as efficient treatments, especially in adult patients. These past years, the amelioration of orthodontic, anesthetic and orthognathic surgery techniques have allowed considerable improvement of orthodontico-surgical treatments and of adult orthodontic treatments. Alveolar corticotomy (an example of such techniques) accelerates orthodontic tooth movements by local modifications of bone metabolism, inducing a transient osteopenia. This osteopenia allows greater tooth movements than conventional techniques. Whereas there is a growing understanding of the underlying biological mechanisms of alveolar corticotomies, there is little data regarding the osteogenic potential of such technique. In the present article, we review the literature pertaining to alveolar corticotomies and their underlying biological mechanisms and present a clinical case underlining the osteogenic potential of the technique.*

1. Introduction

Les thérapeutiques orthodontiques fixes requièrent environ 12 à 24 mois de traitement,

exposant les patients aux risques de caries, de résorption radiculaire ainsi qu'à une baisse globale de la compliance. Raccourcir la durée des traitements orthodontiques est devenu une préoccupation croissante au cours de ces dernières années [14].

* Auteur pour correspondance : pr.charrier@gmail.com

Chez l'adulte, l'absence de croissance faciale rend certains mouvements orthodontiques difficiles, imposant parfois une thérapeutique chirurgicale [11].

L'orthodontie facilitée par corticotomies alvéolaires permet de répondre à ce double objectif de facilitation et d'accélération. Elle se définit comme une thérapeutique facilitatrice du mouvement dentaire par augmentation du métabolisme osseux local faisant suite à une lésion chirurgicale contrôlée. Cette lésion correspond *stricto sensu* à une agression superficielle de l'os cortical sans toucher l'os médullaire, induisant un état local d'ostéopénie transitoire, facilitant les mouvements dentaires à son niveau [4]. Il est ainsi possible d'améliorer temporairement le déplacement dentaire avec un minimum de complications [11]. Selon certains auteurs, la durée globale du traitement orthodontique pourrait être divisée par trois grâce à cette technique [24, 26].

On distingue trois types d'indications des corticotomies en orthodontie [16] :

- 1) Diminuer la durée globale du traitement orthodontique.
- 2) Faciliter la mise en place de mouvements orthodontiques mécaniquement difficiles à obtenir.
- 3) Améliorer la correction de certaines malocclusions squelettiques.

Bien que les premiers cas de traitements chirurgicaux de correction de malpositions dentaires datent de la fin du XIX^e siècle, il a fallu attendre ces cinquante dernières années pour comprendre les mécanismes biologiques sous-tendant ces techniques chirurgicales. La meilleure compréhension de ces mécanismes biologiques permet aujourd'hui une amélioration de la technique opératoire et de ses indications, garants de la sécurité et du succès de la thérapeutique orthodontique.

Nous rapportons le cas d'une patiente de 49 ans chez qui des corticotomies alvéolaires ont permis une augmentation notable du volume osseux après six mois de traitement. Cette augmentation de volume osseux s'est révélée stable à un an post-opératoire. Un tel gain osseux après corticotomies alvéolaires sans apport concomitant d'os allogénique ou autologue n'a pas été décrit dans la littérature scientifique à ce jour.

À travers ce cas clinique ainsi qu'une revue de la littérature sur la technique et ses principes biologiques, nous envisageons les potentielles

perspectives d'ostéogénèse induite par les corticotomies alvéolaires.

2. Revue de la littérature

Les premiers cas décrivant une approche chirurgicale visant à corriger les malpositions dentaires ont été attribués à L.C. Brian en 1892 et G. Cunningham en 1893 [15].

En 1931, Bichlmayr introduit une nouvelle technique pour corriger la protrusion maxillaire sévère, consistant en la résection chirurgicale de blocs osseux en distal des racines du bloc incisivo-canin, afin de reculer ce dernier en un temps chirurgical [2].

En 1959, Köle a utilisé une technique similaire d'ostéotomies inter-dentaires pour générer d'autres mouvements orthodontiques tels que la fermeture d'espaces et la correction de l'occlusion inversée. Pour ce faire, il a réalisé des blocs osseux circonscrivant les dents à déplacer. Après avoir récliné un lambeau muco-périosté en vestibulaire et en lingual, des incisions osseuses inter-dentaires au niveau de l'os alvéolaire étaient pratiquées – sans pénétrer l'os médullaire – suivies d'une incision subapicale profonde reliant les deux autres incisions inter-dentaires. Selon la conception de l'époque, l'objectif était d'individualiser des blocs osseux qui se déplaceraient sous la forme d'une unité bloc osseux-dent [13]. De nos jours, ce type d'approche chirurgicale serait qualifié d'ostéotomie segmentaire impliquant une ou plusieurs dents.

La technique de Köle a été utilisée chez le chien en 1975 par Düker, pour étudier les effets des mouvements dentaires rapides induits par les « corticotomies » sur la vitalité dentaire et le parodonte marginal. Il a montré que la santé parodontale pouvait être maintenue en préservant l'os crestal marginal et que la technique permettait le maintien de la vitalité pulpaire des dents déplacées [7].

Ces approches initiales étaient toutes fondées sur la théorie du « mouvement osseux en bloc » [7].

Il a fallu attendre 2001 pour abandonner la théorie du « bloc osseux ». Wilcko, *et al.* ont montré, grâce à l'imagerie surfacique, un processus localisé transitoire de déminéralisation-reminéralisation au niveau des zones de corticotomies. Les auteurs ont montré que les zones de déminéralisation alvéolaire étaient composées d'une matrice osseuse faite de tissu mou collagénique, qui se déplaçait avec les racines dentaires (qu'ils qualifiaient de « transport de la

matrice osseuse »), puis se reminéralisait après arrêt du mouvement dentaire [26]. Cette reminéralisation finale était quasi complète chez les adolescents mais partielle chez les adultes (avec, dans certains cas, persistance de déhiscences plus de 11 ans après arrêt du mouvement orthodontique) [23].

Bien qu'étant décrite depuis de nombreuses années, l'utilisation des corticotomies alvéolaires comme adjuvant aux thérapeutiques orthodontiques a été relativement limitée jusqu'à ces dix dernières années.

3. Principes biologiques

Les mécanismes sous-tendant le déplacement dentaire accéléré ont été l'objet de multiples théories. Initialement, on pensait que les corticotomies facilitaient le déplacement segmentaire de blocs osseux alvéolaires via une distraction à appui dentaire [13]. D'autres théories plus récentes ont attribué le mouvement dentaire à une augmentation locale du métabolisme osseux, ainsi qu'à une ostéopénie transitoire (phénomène d'accélération régionale) plutôt qu'à un « déplacement osseux en bloc » [8,27]. En effet, une diminution temporaire de la masse osseuse a été montrée en pratique clinique dans des études radiographiques et en tomographie à faisceau conique [20,23], ainsi qu'expérimentalement sur des modèles animaux [12,18].

Ce phénomène d'accélération régionale a été décrit initialement par Frost en 1983. Il avait alors montré qu'une lésion osseuse peut accélérer localement le processus normal de cicatrisation. Ce phénomène peut apparaître suite à une fracture, une arthrodèse, une ostéotomie ou une greffe osseuse et implique le recrutement et l'activation de précurseurs nécessaires à la cicatrisation au niveau du site lésé [8]. Il ne s'agit pas d'un processus distinct de cicatrisation, mais bien d'une accélération du processus physiologique de cicatrisation de 2 à 10 fois la vitesse habituelle.

Shih et Norrdin ont montré de façon expérimentale chez le chien l'implication de ce phénomène après lésion de l'os cortical buccal par corticotomies. La cicatrisation était ainsi accélérée via des pics transitoires de remodelage tissulaire (impliquant les tissus durs ainsi que les tissus mous) [19].

Les deux caractéristiques principales de ce phénomène sont l'ostéopénie régionale et l'accélération

du métabolisme osseux, toutes deux responsables de la facilitation des mouvements dentaires orthodontiques [9,17].

Wilcko, *et al.* ont montré une ostéopénie au niveau de l'os alvéolaire traité par corticotomies – caractéristique du phénomène d'accélération régionale – que ce soit par de petites perforations punctiformes ou par des sections longitudinales inter-dentaires dans la corticale alvéolaire [26].

Le phénomène d'accélération régionale débute quelques jours après la lésion, avec un pic à 1 ou 2 mois, dure environ 4 mois et peut mettre entre 6 et 24 mois à disparaître [17,26]. Tant que le mouvement dentaire continue, en particulier grâce aux mécanismes orthodontiques, le phénomène se prolonge. Quand le phénomène s'arrête, l'ostéopénie disparaît et un aspect radiographique normal réapparaît. Après arrêt du mouvement dentaire, un nouvel environnement est créé, favorisant la reminéralisation osseuse dans la nouvelle position.

Les corticotomies induisent donc une accélération rapide de la réponse osseuse au niveau d'une zone limitée de déminéralisation. De fait, les mouvements dentaires ne seront facilités qu'à proximité des zones de corticotomies. L'apparition d'une différence de vitesse de déplacement entre les dents des zones de corticotomies et les zones voisines offre ainsi la possibilité de modifier l'ancrage relatif entre les dents [25].

4. Indications et protocole opératoire

Les corticotomies permettent de faciliter la gestion de certaines situations difficiles en orthodontie conventionnelle : encombrement dentaire, recul canin après extraction de prémolaires, facilitation de l'éruption de dents incluses, facilitation de l'expansion orthodontique lente, intrusion molaire pour correction d'infraclusion et amélioration de la stabilité post-orthodontique [10].

À l'inverse, il existe certaines contre-indications à l'utilisation de cette technique [16] : parodontite active, problèmes endodontiques non soignés ou dents ankylosées, utilisation concomitante de traitements susceptibles de ralentir fortement le métabolisme osseux tels que les corticostéroïdes au long cours ou les bisphosphonates [22].

L'objectif des corticotomies est de mettre en place le phénomène d'accélération régionale. Dans

la technique conventionnelle, après abord chirurgical de l'os alvéolaire par lambeau muco-périosté, de fines perforations ou sections (interdentaires et sus-apicales) sont pratiquées uniquement dans l'os cortical adjacent aux dents d'intérêt [11] sans mobilisation des blocs osseux créés [25]. Le schéma de décortication n'a pas d'importance : en réalité, seule compte l'intensité et la proximité de la corticision pour dicter l'étendue de la réponse osseuse et donc le mouvement dentaire rapide [25].

Bien que moins invasives que les ostéotomies segmentaires historiques, les corticotomies en technique conventionnelle ne sont pas toujours dénuées de complications, avec de rares cas décrits de perte d'attache ou de perte osseuse inter-dentaire [21]. Par ailleurs, des hématomes sous-cutanés du visage et du cou ont été rapportés après des corticotomies extensives. Dans certains cas, un oedème et des douleurs post-opératoires peuvent être à prévoir pendant plusieurs jours.

À ce jour, aucun effet délétère sur la vitalité pulpaire n'a été rapporté dans la littérature [21]. De plus, la revue systématique de Long, *et al.* en 2013 souligne l'absence d'études montrant un effet délétère des corticotomies sur le parodonte [14].

Une étude a montré un inconfort post-opératoire similaire entre instruments rotatifs et piézotomes, celui-ci étant limité dans les deux cas à la première semaine post-opératoire [5].

Les techniques mini-invasives tendent à prendre le pas sur les techniques conventionnelles de corticotomies. Dans notre pratique clinique actuelle, nous n'effectuons plus aucun décollement au niveau de la gencive attachée. Les traits de sections inter-radicaux sont effectués en trans-muqueux au niveau de la gencive attachée uniquement sur les versants vestibulaires. De petites incisions en muqueuse libre en regard des racines nous permettent de réaliser à ce niveau des décollements périostés sélectifs. Cette technique, réalisée sous anesthésie locale, simplifie considérablement les suites opératoires (Charrier, communication personnelle).

5. Cas clinique

Nous rapportons le cas d'une patiente de 49 ans, sans antécédents médico-chirurgicaux notables, présentant une classe II squelettique et dentaire avec bi-proalvéolie (Fig. 1A) relevant de la réalisation

d'un traitement ortho-cortico-chirurgical (traitement par appareil multi-attache associé à une ostéotomie sagittale avec génioplastie). Un protocole avec extraction de 34–44 a été retenu compte-tenu de la proalvéolie incisive inférieure de façon à majorer l'overjet.

Des corticotomies alvéolaires mandibulaires en technique conventionnelle ont été réalisées en même temps que l'extraction des prémolaires. Pour ce faire, une incision sulculaire a été pratiquée avec réalisation d'un lambeau muco-périosté de 35 à 45.

Il existait d'importantes déhiscences radiculaires au niveau du secteur incisif. Des incisions superficielles à la scie circulaire diamantée sous irrigation continue ont été réalisées en inter-dentaire et au niveau sus-apical.

Un contrôle radiologique par CBCT a été effectué avant, six mois et un an après les corticotomies (Fig. 2 et 3).

Six mois après la réalisation des corticotomies, nous avons observé sur le CBCT une augmentation significative de l'épaisseur osseuse vestibulaire symphysaire en mésial de 33 et 43 (Fig. 2B).

En sus-apical et au même niveau (Fig. 3B), il existait une augmentation de l'épaisseur osseuse vestibulaire qui, à ce niveau, était indépendante des mouvements dentaires de vestibulo-version réalisés sur le secteur symphysaire. La particularité anatomique de cette augmentation d'épaisseur était de n'être pas ou peu corticalisée, compte-tenu du délai écoulé (six mois) depuis la réalisation du geste chirurgical et du fait de la persistance de l'activation métabolique inhérente au traitement orthodontique en cours.

Un an après les corticotomies (en phase de contention), le CBCT réalisé dans les mêmes conditions montrait une persistance de l'augmentation de l'épaisseur osseuse vestibulaire, significativement plus importante, avec une corticalisation vestibulaire (Fig. 2C). Cette augmentation de l'épaisseur osseuse symphysaire était stable en sus-apical (Fig. 3C).

À un an post-corticotomies, en fin de traitement ortho-chirurgical, il y a moins de déhiscences radiculaires en regard du secteur incisif mandibulaire du fait du recul incisif et du gain osseux obtenu avec les corticotomies alvéolaires (Fig. 1B et 1C).

Cette approche radiologique sur un cas clinique de corticotomies en technique conventionnelle montre que cette technique est susceptible, en plus



Figure 1

Téléradiographie cranio-faciale de profil. Noter l'importance de la pro-alvéolie mandibulaire (A). Vue exobuccale de 3/4 droit, avant extractions et corticotomies (B) et six mois après le débagueage (C). Noter la qualité du parodonte mandibulaire d'un point de vue clinique.

de l'accélération métabolique qu'elle induit, d'augmenter de façon significative et pérenne l'épaisseur osseuse corticale vestibulaire symphysaire et donc l'enveloppe osseuse des dents traitées.

Des études prospectives randomisées sont néanmoins nécessaires pour confirmer le potentiel ostéogénique des corticotomies alvéolaires.

6. Perspectives d'ostéogénèse

Certaines situations cliniques en pratique orthodontique peuvent être à l'origine de l'apparition de déhiscences radiculaires ou fenestrations osseuses

lors des mouvements orthodontiques. La vestibuloversion des incisives utilisée pour corriger un encombrement dentaire peut générer de tels défauts osseux, en particulier sur des terrains parodontaux faibles, notamment dans la population adulte.

Afin de palier à cette problématique, certains auteurs ont proposés une modification des corticotomies alvéolaires conventionnelles en adjoignant un apport osseux au niveau des zones de corticotomies. Wilcko, *et al.* ont ainsi proposé une stratégie innovante combinant des corticotomies avec un comblement alvéolaire, dénommée initialement « *orthodontie ostéogénique accélérée* » puis « *orthodontie*

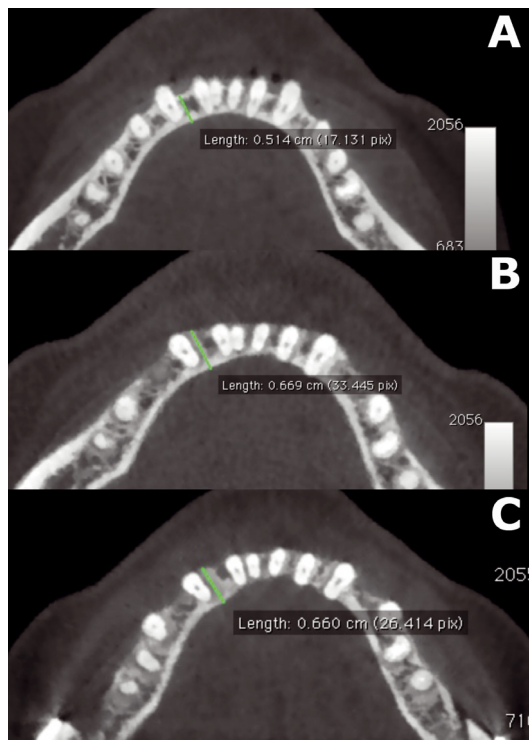


Figure 2

Tomographie à faisceau conique en reconstruction axiale au niveau de la symphyse mandibulaire en regard de l'apex des incisives, avec mesure de l'épaisseur osseuse en utilisant le logiciel Osirix®, avant la réalisation des corticotomies (A) ; six mois après la réalisation des corticotomies (B) et un an après la réalisation des corticotomies (C). Noter l'augmentation significative de l'épaisseur osseuse symphysaire, stable dans le temps avec densification de la corticale osseuse vestibulaire six mois après l'arrêt du traitement orthodontique.

accélérée par assistance ostéogénique parodontale ». Cette technique combine un appareil orthodontique fixe, des corticotomies vestibulaires et palatines/linguales et un apport osseux alvéolaire avec de la poudre d'os sec déminéralisé d'origine bovine associée à de la clindamycine. Le mouvement dentaire est débuté deux semaines après la chirurgie puis l'appareil orthodontique est ensuite activé toutes les deux semaines [24, 26]. Selon les auteurs, cette technique permettrait d'augmenter le volume osseux alvéolaire, faciliterait le développement de l'arcade et préviendrait voire traiterait les fenestrations radiculaires/déhiscences osseuses, tout en maximisant la réponse métabolique durant le traitement orthodontique [23, 26].

Il n'existe à ce jour dans la littérature aucune étude évaluant les effets osseux d'un traitement orthodontique facilité par des corticotomies seules.

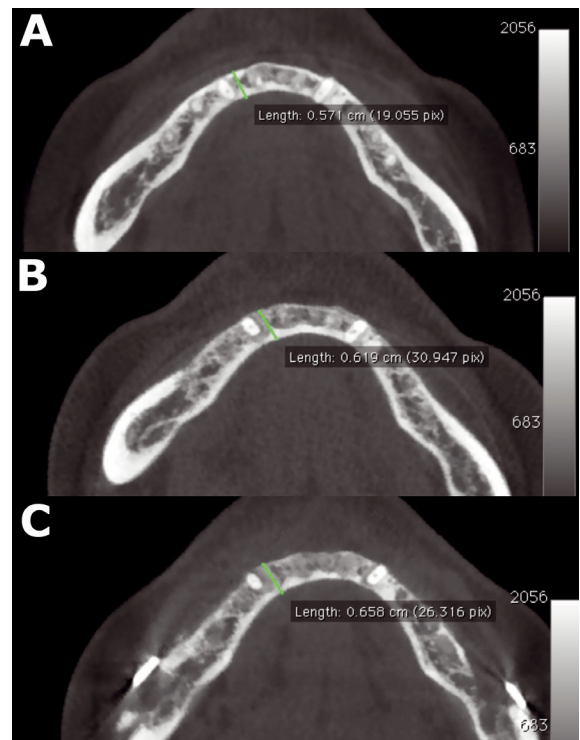


Figure 3

Tomographie à faisceau conique en reconstruction axiale au niveau de la symphyse mandibulaire en sus apical des incisives, avec mesure de l'épaisseur osseuse en utilisant le logiciel Osirix®, avant la réalisation des corticotomies (A), six mois après la réalisation des corticotomies (B) et un an après la réalisation des corticotomies (C). Noter l'augmentation significative de l'épaisseur osseuse symphysaire, stable dans le temps avec densification de la corticale osseuse vestibulaire six mois après l'arrêt du traitement orthodontique.

De plus, les cas rapportés dans la littérature n'apportent que des preuves circonstancielles de l'efficacité de la technique à améliorer le volume osseux et le niveau de preuve de ces publications reste assez faible [3].

Globalement, les données de la littérature concernant l'évaluation du gain osseux propre à cette technique sont modestes :

- Une seule étude a comparé les changements du volume osseux après corticotomies avec ou sans comblement osseux. Dans les deux groupes, la densité osseuse avait diminué pendant le traitement puis était restaurée après six mois de consolidation dans le groupe corticotomies seules, voire avait augmenté de 26 % dans le groupe avec comblement osseux [20].
- Deux études soulignent l'intérêt des corticotomies avec greffe osseuse pour faciliter la

vestibulo-version des incisives mandibulaires (sans créer de déhiscences ou fenestrations osseuses) dans la décompensation pré-chirurgicale de patients en classe III squelettique. Dans l'étude de Ahn, *et al.*, les auteurs ont montré une augmentation de l'épaisseur osseuse vestibulaire moyenne de 1,6 à 2 mm à la fin de la phase pré-chirurgicale, ainsi qu'une absence de récessions parodontales post-traitement [1].

Dans l'étude de Coscia, *et al.*, les auteurs rapportent « une augmentation significative de l'épaisseur osseuse horizontale vestibulaire en regard des incisives mandibulaires » après traitement (augmentation moyenne de 0,2 mm) [6].

Cependant, ces résultats sont à pondérer du fait de faiblesses méthodologiques observées dans ces études, notamment l'absence de groupes contrôles et l'absence d'évaluation à long terme des effets de la technique. Au total, ces études semblent principalement souligner la conservation du volume osseux lors de mouvements orthodontiques à risque de déhiscences osseuses/fenestrations radiculaires plutôt qu'un réel gain de volume alvéolaire horizontal.

L'absence de résultats à long terme sur le gain osseux effectif apporté par les corticotomies alvéolaires associées à un comblement osseux doit inciter à la prudence quant aux conclusions à tirer concernant l'efficacité de cette technique.

Le cas clinique présenté ci-dessus évoque d'éventuelles capacités d'ostéogénèse induite uniquement par les corticotomies alvéolaires conventionnelles sans apport osseux concomitant. Bien qu'aucunement suffisant pour prétendre à un niveau de preuve satisfaisant, il soulève la question d'une éventuelle ostéogénèse induite par les corticotomies.

Seules des études prospectives méthodologiquement bien construites permettront d'apporter des éléments de réponse à cette question avec un niveau de preuve suffisant.

7. Conclusion

Les corticotomies alvéolaires apportent des avantages indéniables aux thérapeutiques orthodontiques, chez les patients adultes. Elles permettent en outre une diminution du temps de traitement ainsi qu'une augmentation de l'enveloppe des mouvements dentaires possibles [21].

La possibilité d'une ostéogénèse spontanée (telle que celle qui est décrite dans le cas clinique présenté) ou liée à un apport osseux concomitant ouvre de nouvelles perspectives de traitements pour les patients présentant un support parodontal réduit, situation plus fréquente dans la population adulte.

Davantage d'études sont nécessaires pour évaluer rigoureusement et précisément le gain osseux potentiel de ces techniques, dans l'optique d'en améliorer les indications et leur mise en œuvre.

Conflit d'intérêt

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

Bibliographie

- [1] Ahn HW, Lee DY, Park YG, Kim SH, Chung KR, Nelson G. Accelerated decompensation of mandibular incisors in surgical skeletal Class III patients by using augmented corticotomy: a preliminary study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;142:199–206.
- [2] Bichlmayr A. Chirurgische Kieferorthopaedie und das Verhalten des Knochens un der Wurzelspitzen nach derselben. *Deutsche Zahnarztl Wochenschrift* 1931;34:835–842.
- [3] Camacho AD, Cujar SA. Dental movement acceleration: Literature review by an alternative scientific evidence method. *World J Methodol* 2014;4:151–162.
- [4] Cano J, Campo J, Bonilla E, Colmenero C. Corticotomy-assisted orthodontics. *J Clin Exp Dent* 2012;4:e54–59.
- [5] Cassetta M, Di Carlo S, Giansanti M, Pompa V, Pompa G, Barbota E. The impact of osteotomy technique for corticotomy-assisted orthodontic treatment (CAOT) on oral health-related quality of life. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2012;16:1735–1740.
- [6] Coscia G, Coscia V, Peluso V, Addabbo F. Augmented corticotomy combined with accelerated orthodontic forces in class III orthognathic patients: morphologic aspects of the mandibular anterior ridge with cone-beam computed tomography. *J Oral Maxilofac Surg* 2013;71(10):1760.e1–9.
- [7] Düker J. Experimental animal research into segmental alveolar movement after corticotomy. *J Max Fac Surg* 1975;3:81–84.
- [8] Frost HM. The regional acceleratory phenomenon: a review. *Henry Ford Hosp Med J* 1983;31:3–9.
- [9] Goldie RS, King GJ. Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium-deficient and lactating rats. *Am J Orthod* 1984;85:424–430.
- [10] Hassan AH, Al-Fraidi AA, Al-Saeed SH. Corticotomy-assisted orthodontic treatment: review. *Open Den J* 2010;4:159–164.
- [11] Hoogeveen EJ, Jansma J, Ren Y. Surgically facilitated orthodontic treatment: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145:S51–64.

- [12] Iino S, Sakoda S, Ito G., *et al.* Acceleration of orthodontic tooth movement by alveolar corticotomy in the dog. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:448.e1–448.e8.
- [13] Köle H. Surgical operations of the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1959;12:515–529.
- [14] Long Hu, Pyakurel U, Wang Y, Liao L, Zhou Y, Lai W. Interventions for accelerating orthodontic tooth movement. A systematic review. *Angle Orthod* 2013;83:164–171.
- [15] Merrill RG, Pedersen GW. Interdental osteotomy for immediate repositioning of dental-osseous elements. *J Oral Surg* 1976;34:118–125.
- [16] Oliveira DD, de Oliveira BF, Soares RV. Alveolar corticotomies in orthodontics: Indications and effects on tooth movement. *Dental Press J Orthod* 2010;15:144–157.
- [17] Schilling T, Müller M, Minne HW, Ziegler R. Influence of inflammation-mediated osteopenia on the regional acceleratory phenomenon and the systemic acceleratory phenomenon during healing of a bone defect in the rat. *Calcif Tissue Int* 1998;63:160–166.
- [18] Sebaoun JD, Kantarci A, Turner JW, Carvalho RS, Van Dyke TE, Ferguson DJ. Modelling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats. *J Periodontol* 2008;79:1679–1688.
- [19] Shih MS, Norrdin RW. Regional acceleration of remodeling during healing of bone defects in beagles of various ages. *Bone* 1985;6:377–379.
- [20] Shoreiba EA, Ibrahim SA, Attia MS, Diab MM. Clinical and radiographic evaluation of bone grafting in corticotomy-facilitated orthodontics in adults. *J Int Acad Periodontol* 2012;14:105–113.
- [21] Uzuner FD, Darendeliler N. Dentoalveolar surgery techniques combined with orthodontic treatment: A literature review. *Eur J Dent* 2013;7:257–265.
- [22] Wade ML, Suzuki JB. Issues related to diagnosis and treatment of bisphosphonate-induced osteonecrosis of the jaws. *Grand Rounds in Oral-Sys Med* 2007;2:46–53.
- [23] Wilcko MT, Wilcko WM, Bissada NE. An evidence-based analysis of periodontally accelerated orthodontic and osteogenic techniques: a synthesis of scientific perspectives. *Semin Orthod* 2008;14:305–316.
- [24] Wilcko MT, Wilcko WM, Pulver JJ, Bissada NE, Bouquot JE. Accelerated osteogenic orthodontics technique: a 1-stage surgically facilitated rapid orthodontic technique with alveolar augmentation. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:2149–2159.
- [25] Wilcko WM, Wilcko MT. Accelerating tooth movement: The case for corticotomy-induced orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144:4–13.
- [26] Wilcko WM, Wilcko MT, Bouquot JE, Ferguson DJ. Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001;21:9–19.
- [27] Yaffe A, Fine N, Binderman I. Regional accelerated phenomenon in the mandible following mucoperiosteal flap surgery. *J Periodontol* 1994;65:79–83.