UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES

MEMBRE DE
USPC
Université Sorbonne Paris Cité

AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 122.4

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 335.2 - L 335.10

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES

MEMBRE DE
USPC
Université Sorbonne Paris Cité

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2019 **N° 090**

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 19 décembre 2019

Par

Lyora OUAZAN MAMOU

L'apport des corticotomies dans la prise en charge des dysharmonies du sens transversal par insuffisance maxillaire légère à modérée chez le patient adulte

Dirigée par M. le Docteur Christophe Dunglas

JURY

M. le Professeur Benjamin Salmon	Président
M. le Docteur Christophe Dunglas	Assesseur
M. le Docteur Nathan Moreau	Assesseur
Mme. le Docteur Claire-Adeline Dantagnan	Assesseur
Mme. le Docteur Eléa Ouadi	Invité

CC BY NC ND

Tableau des enseignants de la Faculté

DÉPARTEMENTS	DISCIPLINES	PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS	MAÎTRES DE CONFÉRENCES
1. DÉVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PRÉVENTION	ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE	Mme DAVIT-BÉAL Mme DURSUN Mme VITAL	M. COURSON Mme JEGAT Mme SMAIL-FAUGERON Mme VANDERZWALM
	ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE		Mme BENAHMED M. DUNGLAS Mme KAMOUN Mme LE NORCY
	PRÉVENTION, ÉPIDEMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ ET ODONTOLOGIE LÉGALE	Mme FOLLIGUET M. PIRNAY	Mme GERMA M. TAVERNIER
2. CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE	PARODONTOLOGIE	Mme COLOMBIER Mme GOSSET	M. BIOSSE DUPLAN M. GUEZ
	CHIRURGIE ORALE	M. MAMAN Mme RADOI	Mme EJEIL M. GAULTIER M. HADIDA M. MOREAU M. NGUYEN Mme TAÏHI
	BIOLOGIE ORALE	Mme CHAUSSAIN M. GOGLY Mme SÉGUIER Mme POLIARD	M. ARRETO Mme BARDET (MCF) Mme CHARDIN M. FERRE M. LE MAY
3. RÉHABILITATION ORALE	DENTISTERIE RESTAURATRICE ENDODONTIE	Mme BOUKPESSI Mme CHEMLA	Mme BERÈS Mme BESNAULT M. BONTE Mme COLLIGNON M. DECUP Mme GAUCHER
	PROTHÈSES	Mme WULFMAN	M. CHEYLAN M. DAAS M. DOT M. EID Mme FOUILLOUX-PATEY Mme GORIN M. RENAULT M. RIGNON-BRET M. TRAMBA
	FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIAUX	M. SALMON	M. ATTAL Mme BENBELAID Mme BENOÎT A LA GUILLAUME (MCF) M. BOUTER M. CHARRIER M. CHERRUAU M. FLEITER Mme FRON CHABOUIS Mme MANGIONE Mme TILOTTA
	PROFESSEURS ÉMÉRITES	M. BÉRENHOLC Mme BRION M. LASFARGUES M. LAUTROU M. LEVY	M. PELLAT M. PIERRISNARD M. SAFFAR Mme WOLIKOW

Mise à jour le 04 novembre 2019

Remerciements

À M. le professeur Benjamin Salmon

Docteur en Chirurgie dentaire

Spécialiste qualifié en Chirurgie orale

Docteur de l'Université Paris Descartes

Habilité à Diriger des Recherches

Professeur des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Chef de service de l'hôpital Bretonneau

Merci de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury de thèse d'exercice.

À M. Docteur Christophe Dunglas

Docteur en Chirurgie dentaire

Spécialiste qualifié en Orthopédie dento-faciale

Docteur en Sciences odontologiques

Maitre de Conférences des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Je voudrai tout d'abord remercier mon directeur de thèse le Dr Christophe Dunglas, merci infiniment pour votre temps et votre aide dans l'élaboration de cette thèse mais également pour vos précieux enseignements cliniques qui vont me suivre dans ma pratique présente et future.

À M. le Docteur Nathan Moreau

Docteur en Chirurgie dentaire

Spécialiste qualifié en Chirurgie orale

Ancien Interne des Hôpitaux

Docteur de l'Université Pierre et Marie Curie

Maitre de Conférences des Universités, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris

Lauréat de l'académie Nationale de Chirurgie dentaire

Je tiens à remercier Dr Nathan Moreau qui m'a fait partager sa grande maîtrise sur ce sujet, mais aussi le remercier pour sa disponibilité permanente pour répondre à mes questions avec patience, gentillesse et précision.

À Mme le Docteur Claire-Adeline Dantagnan

Docteur en Chirurgie dentaire

Spécialiste qualifiée en Orthopédie dento-faciale

Ancien Interne des Hôpitaux

Assistant Hospitalo-Universitaire, UFR d'Odontologie Paris Diderot

Merci d'avoir très gentiment acceptée de faire partie de ce jury de thèse d'exercice.

.

À Mme le Docteur Eléa Ouadi

Docteur en Chirurgie dentaire

Spécialiste qualifiée en Orthopédie dento-faciale

Ancien Interne des Hôpitaux

Assistant Hospitalo-Universitaire, Faculté de Chirurgie dentaire Paris Descartes

Merci Eléa pour ton encadrement pendant ces trois années d'internat, je ne pense pas que tu t'en souviennes mais c'est grâce à toi que j'ai enfin compris comment mettre mon torque , alors mille mercis d'avoir été là pour moi !

À Mme le Docteur Geneviève Guillomot

Attaché Hôpital Bretonneau
GG ce n'est vraiment pas en quelques lignes que j'arriverai à citer tous ce que vous m'avez transmis et apporter en trois ans que ce soit en orthodontie bien sûr mais pas seulement. Vous avez été le pilier de ma formation, toujours présente et encourageante avec votre sourire qui ne vous quitte jamais, le travail auprès de vous va énormément me manquer mais vos enseignements vont continuer à m'accompagner quotidiennement c'est évident. Merci GG pour tout.

À M. le Docteur Justin Oosthoek

AHU Hôpital Bretonneau
Justin, je ne sais comment te remercier pour toutes ces heures passées derrière l'écran à me corriger, merci pour ta patience, ta gentillesse et d'avoir été derrière moi dans cette dernière ligne droite, tes remarques m'ont permis d'envisager mon travail sous un autre angle.

À mes cointernes que j'adore et qui vont énormément me manquer : Jennyfer qui m'accompagne depuis plusieurs années et qui m'est juste indispensable, a Lalita et son karma incroyable qui a ensoleillée mes journées, à Hadrien qui m'a énormément aidé pendant ses trois ans toujours disponible et prêt à partager ses connaissances, à Pauline ma binôme de choc avec qui tout à commencer en orthodontie, à Agathe qui a été un pilier durant cet internat merci pour ton soutien, a Yann un co-interne et ami précieux merci à vous tous.

À mes parents adorés à qui je dois tout et sans qui je ne serai jamais arrivé là où je suis aujourd'hui mais aussi à mes frères et sœurs : Hanania, David, Ylan, Gaelle, Keren, Shaily et Lynoi merci pour votre aide, votre soutien et d'avoir été là pour moi et Simon je vous aimes tous.

Merci également à ma deuxième famille les Mamou qui m'ont toujours connu dans les études et dont j'espère profiter beaucoup plus à présent.

À mon mari, mon binôme, mon partenaire depuis le tout début merci d'avoir été là à chaque moment, de m'avoir encouragé à toujours viser plus haut et de m'avoir accompagné jusqu'à la dernière ligne droite avec une grande patience en me répétant sans cesse que le travail paie toujours. Le meilleur nous attend j'ai hâte !

Et le meilleur pour la fin mon fils Simon le plus parfait des enfants le plus malin le plus beau et le plus gentil qui peut être un jour sera à ma place qui sait ? Je t'aime

Table des matières

INTRODUCTION **3**

1 : LES CORTICOTOMIES ALVEOLAIRES COMME ALTERNATIVE THERAPEUTIQUE DE LA PRISE EN CHARGE DES DYSHARMONIES DU SENS TRANSVERSAL LEGERES A MODEREES **5**

1.1. ÉVOLUTION DE LA THEORIE EXPLICATIVE DU MECANISME DES CORTICOTOMIES ALVEOLAIRES 5

1.1.1. Apparition de la théorie du PAR « phénomène d'accélération régional » *5*

1.1.2. Protocoles expérimentaux sur modèle animaux *8*

1.1.3. Principes biologiques des corticotomies *10*

1.2. INTERETS CLINIQUES ET INDICATIONS THERAPEUTIQUES 18

1.2.1. Intérêts cliniques *18*

1.2.2 Indications thérapeutiques *21*

1.3. CHOIX DU PATIENT 22

1.3.1. Critères généraux *22*

1.3.2. Critères spécifiques *23*

1.4. PROTOCOLE DE DECORTICATION ALVEOLAIRE 28

1.4.1. Protocole chirurgical *28*

1.4.2. Protocole orthodontique *31*

1.5. PERCEPTION, DOULEUR, APPROCHE MINI-INVASIVE 33

1.5.1. Perception et acceptation *33*

1.5.2. Douleurs et inconfort en technique conventionnelle *34*

1.5.3. Approche mini-invasive *35*

1.5.4. Étude établissant la douleur, l'inconfort et la satisfaction des patients opérés en technique mini invasive *37*

2 : APPORT PARODONTAL DES CORTICOTOMIES ALVEOLAIRES **39**

2.1. PROTOCOLE DE PAOO DES FRERES WILCKO 39

2.1.1. Impact du protocole de PAOO sur l'épaisseur d'os alvéolaire *40*

2.1.2. Impact du protocole de PAOO sur les tissus mous parodontaux *47*

2.2. POTENTIEL OSTEOGENIQUE DES CORTICOTOMIES ALVEOLAIRES ? 50

2.2.1. Rapport de cas sur le potentiel ostéogénique des corticotomies alvéolaires *50*

2.2.2. Impact du protocole des corticotomies alvéolaires sans comblement osseux sur les tissus mous parodontaux *53*

2.3. AUGMENTATION DE LA STABILITE 55

2.3.1. Protocole de recherche de Rothe *55*

2.3.2. Comparaison de la stabilité des traitements avec et sans corticotomies alvéolaires *55*

CONCLUSION **60**

BIBLIOGRAPHIE **61**

TABLE DES FIGURES **65**

TABLE DES TABLEAUX **67**

Introduction

La demande d'un traitement d'orthodontie au sein de la population adulte ne cesse d'augmenter ces dernières années, elle constitue un défi thérapeutique plus grand pour nous praticiens. En effet il faut prendre en compte les changements biologiques liés à l'âge, l'absence de potentiel de croissance squelettique ainsi que la prévalence plus importante des atteintes parodontales[1].

Parmi leurs motifs de consultation on retrouve les déficits transversaux du maxillaire, qui se traduisent cliniquement par un inversé d'articulé uni ou bilatérale, source d'une demande de traitement à la fois esthétique et fonctionnelle[2].

Avant l'arrivée du protocole d'expansion assistée par corticotomies, deux solutions thérapeutiques à cette malocclusion pouvaient être proposées. La première est une prise en charge par SARME (surgical assisted rapid maxillary expansion), qui correspond au traitement optimal. Celui-ci n'est toutefois pas sans risques, notamment de morbidité liée à l'anesthésie générale, mais également d'infection sinusienne, d'hémorragie sévère, de gonflement de la face et d'élargissement du nez[3]. La seconde possibilité thérapeutique est la RME (rapid maxilary expansion) qui donne des résultats peu satisfaisants et instables chez l'adulte, tout en compromettant la santé parodontale du patient.

Les corticotomies alvéolaires se définissent comme une lésion chirurgicale contrôlée de la corticale osseuse en vue d'induire une accélération localisée du remodelage osseux. Biologiquement cela se traduit par une ostéopénie transitoire, ainsi que par la facilitation et l'accélération du déplacement dentaire à ce niveau. Cette chirurgie a été décrite au départ par Köle en 1959 puis développée par les travaux de Frost et des frères Wilcko, qui introduisent le concept du phénomène d'accélération régional (ou PAR) induit par les corticotomies.

Le déplacement dentaire dépend de trois facteurs biologiques : le turn over osseux, la densité osseuse et les propriétés du ligament alvéolo-dentaire (LDA). En jouant sur ces différents paramètres, les corticotomies alvéolaires réduisent le temps de traitement, mais elles peuvent également être une alternative à la chirurgie orthognatique dans les cas de décalage des bases osseuses léger à modéré. En effet, cette scarification de l'os alvéolaire permet d'obtenir des déplacements qui dépassent les limites d'un traitement d'orthodontie conventionnel, tout en réduisant le risque d'atteinte

[1] Shmuel E., Horwitz, et Aizenbud, « Wilckodontics, an alternative adult orthodontic treatment method : rational and application ».
[2] Le et al., « Adjunctive buccal and palatal corticotomy for adult maxillary expansion in an animal model ».
[3] Le et al.

parodontale. Cela augmente ainsi nos possibilités de traitement, notamment dans le cas d'endognatie maxillaire à la limite d'une indication de chirurgie orthognatique[4].

Nous allons développer dans une première partie l'utilisation de ce protocole dans la prise en charge de la dysharmonie du sens transversal légère à modérée par insuffisance maxillaire chez le patient adulte. Dans un second temps, nous discuterons de l'apport parodontal d'une telle procédure.

[4] Sebaoun et al., « Corticotomie alvéolaire et traitements orthodontiques rapides ».

1 : Les corticotomies alvéolaires comme alternative thérapeutique de la prise en charge des dysharmonies du sens transversal légères à modérées

1.1. Évolution de la théorie explicative du mécanisme des corticotomies alvéolaires

Les corticotomies alvéolaires ont été développées depuis plus d'un siècle pour répondre à la demande croissante de traitement plus court mais aux résultats prévisibles et stables. Décrites au départ par L.C. Bryan en 1892, c'est Henrich Köle en 1959 qui a réintroduit le concept du mouvement dentaire accéléré par corticotomies en soutenant la théorie des blocs osseux. Ce sont les travaux du chirurgien orthopédiste Frost en 1981 et des frères Wilcko en 2001 qui ont remplacé cette théorie par le concept de phénomène d'accélération régional (PAR).

1.1.1. Apparition de la théorie du PAR « phénomène d'accélération régional »

1.1.1.1 Théorie mécanique des blocs osseux

Heinrich Köle[5] considérait l'os cortical comme le frein principal aux déplacements dentaires, raison pour laquelle il décida de pratiquer des incisions verticales inter-proximales au niveau dents à déplacer, en buccal et en palatin. Ces incisions traversaient toute l'épaisseur de l'os cortical et la partie superficielle de l'os médullaire. Elles allaient jusqu'à 1 cm au-delà de l'apex des dents et étaient associées à un trait de corticotomie sub-apical. Les dents servaient alors de support pour déplacer les blocs osseux reliés alors entre eux uniquement par l'os médullaire.

[5] Köle, « Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities ».

Figure 1 : Schéma de décortication alvéolaire selon H. Köle

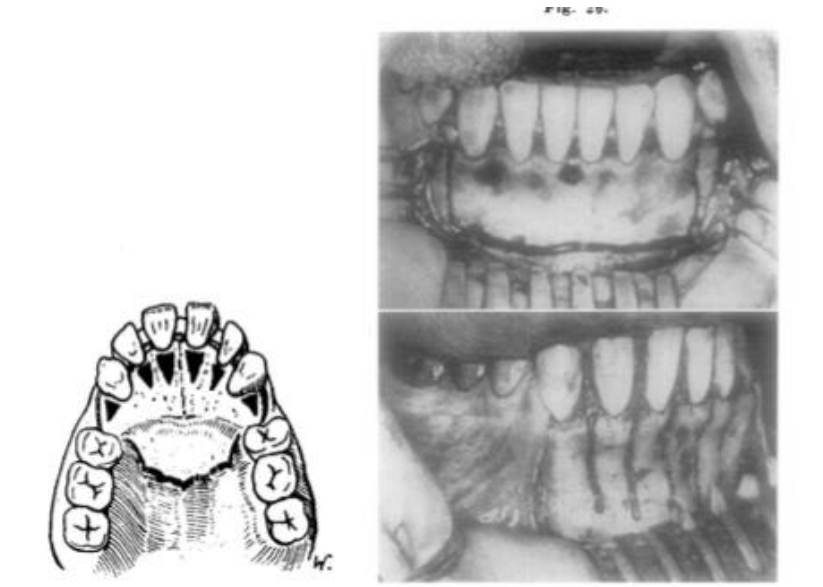


Fig. 25. Fig. 27.

Fig. 25.—Bichlmayr's technique for corticotomy in cases with maxillary protrusion.
Fig. 26.—Corticotomy for orthodontic movement of teeth with alveolar ridge in case of alveolomandibular retrusion. Photograph taken during operation.
Fig. 27.—Corticotomy for orthodontic movement of single teeth in case of mandibular protrusion with diastemas between the teeth. Photograph taken during operation.

Source : Köle, « Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities », 1959.

1.1.1.2. Théorie biologique

En 2001, les docteurs William et Thomas Wilcko[6] réfutent cette théorie mécanique au profit d'une théorie biologique suite à des études tomodensitométriques. Celles-ci révèlent que le mouvement dentaire accéléré et facilité par les corticotomies est le résultat d'un processus de déminéralisation-reminéralisation en réponse au phénomène d'accélération régional décrit par Frost pour les os longs et Yaffe et al. pour les os maxillaires.

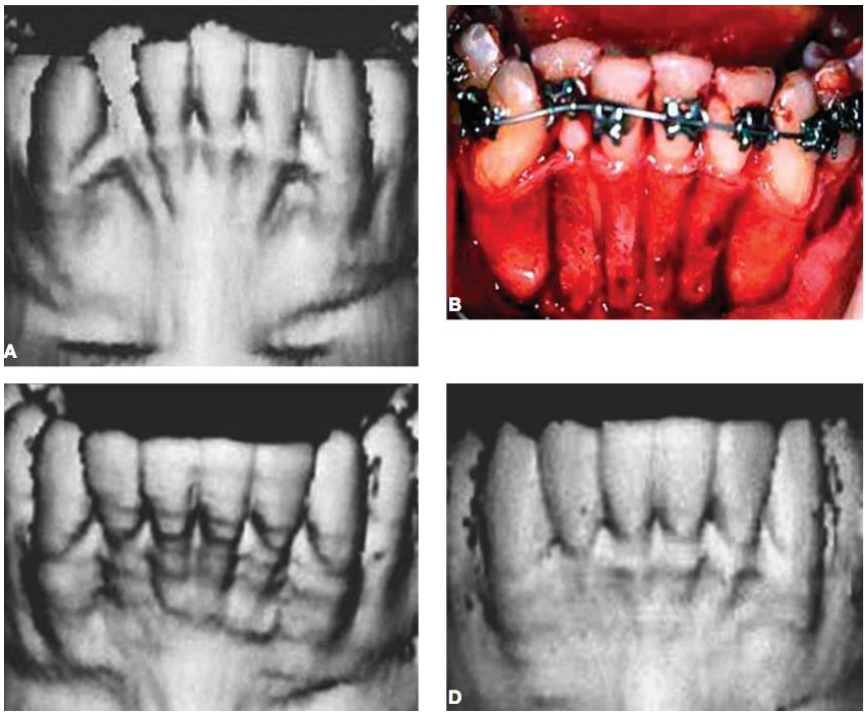
Dès 1981 Frost[7], un chirurgien orthopédiste, démontre que toute agression chirurgicale des tissus mous ou osseux induit une cascade physiologique complexe de cicatrisation à proximité du site d'intervention. Il la nomme phénomène d'accélération régional (PAR). Celui-ci est caractérisé par une augmentation du remodelage osseux associée à une ostéopénie temporaire, avec rétablissement progressive de la densité osseuse au fur et à mesure que la cicatrisation se fait. Selon Frost, l'intensité

[6] Ferguson et al., « The contribution of periodontics to orthodontic therapy ».
[7] Frost, « The biology of fracture healing : an overview for clinicians (part. I & part. II) ».

du PAR dépend principalement de la proximité et de l'intensité de l'agression chirurgicale avec le site d'intervention.

Figure 2 : Scanner surfacique de patient traité par corticotomies alvéolaires sans greffe osseuse

A : prétraitement B : scarifications alvéolaires C : fin de traitement D : un an de contention.



Source : Wilcko, the contribution of periodontics to orthodontic therapy, 2008.

Yaffe et al[8] ont étudié le PAR au niveau mandibulaire chez le rat. Pour cela ils ont pris soixante rats divisés en trois groupes : un groupe A contrôle, un groupe B avec levé d'un lambeau muco-periosté buccal mandibulaire et un groupe C avec un lambeau à la fois buccal et palatin. La chirurgie consistait en une procédure de vingt à quarante secondes avec levée d'un lambeau repositionné immédiatement sans suture dans la région prémolo-molaire de l'hémi-arcade mandibulaire droite. Trois analyses ont ensuite été réalisées : des analyses radiologiques de haute résolution, des coupes histologiques à dix et vingt et un jours et le décompte de rétention calcique.

Cette étude révèle l'apparition de larges plages radio-claires pendant les dix premiers jours dans le groupe B et pendant trois semaines dans le groupe C. Ces images radiologiques correspondent à la résorption osseuse de l'os alvéolaire, celle-ci étant plus importante lorsque le lambeau est à la fois

[8] Yaffe, Fine, et Binderman, « Regional accelerated phenomenon in the mandible following mucoperiosteal flap surgery ».

vestibulaire et palatin. On observe un retour à la normal à cent vingt jours dans les deux groupes. Nous retrouvons aussi une diminution de la rétention calcique à partir du septième jour, avec un retour aux valeurs de base au dix-septième jour, ainsi que des coupes histologiques typiques des mécanismes du PAR.

Tout ceci étaye la théorie que c'est le phénomène d'accélération régional qui est à l'origine du déplacement dentaire accéléré et facilité dans l'utilisation des corticotomies avec une rémission complète à 120 jours.

Mais ce sont les travaux de recherche suivants qui ont permis d'établir histologiquement les effets des corticotomies alvéolaires sur le modèle animal.

1.1.2. Protocoles expérimentaux sur modèle animaux [9]

1.1.2.1. Protocole de recherche de Lino

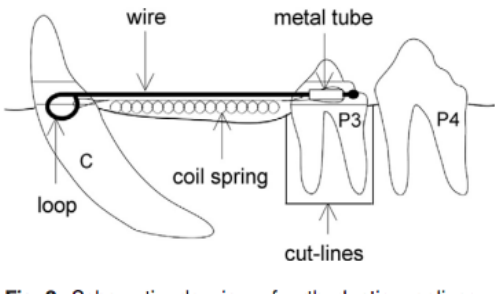
Shoishoro Lino[10] s'est intéressé à l'impact des corticotomies sur le mouvement dentaire et le métabolisme osseux à l'aide d'une étude en split-mouth. Pour cela il a réalisé des extractions de secondes prémolaires mandibulaire chez douze chiens. Seize semaines après les avulsions, des corticotomies au niveau mandibulaire gauche ont été réalisées. Les prémolaires ont ensuite été mésialées des deux côtés avec une force de 0,5 Newton.

Des radios ont été réalisées à distance et angulation reproductibles à T0, T1 (1 semaine après), T2, T4 et T8 après corticotomies. La vitesse de déplacement a été mesurée entre T0 et T1, T1 et T2, T2 et T4. Des groupes de trois chiens ont été respectivement sacrifiés à T1, T2, T4 et T8 afin de réaliser des analyses histologiques ainsi que des observations microscopiques au niveau de la racine mésiale de la troisième prémolaire. Ces analyses permettaient d'apprécier le recrutement des ostéoclastes, les résorptions radiculaires et la durée de la phase de hyalinisation.

[9] Thierry, « Orthodontie accélérée par corticotomies alvéolaires : intérêt clinique et évaluation tomographique de l'impact sur le volume osseux ».

[10] Lino et al., « Acceleration of orthodontic tooth movement by alveolar corticotomy in the dog ».

Figure 3 : Schéma du dispositif orthodontique employé chez le chien dans l'étude de Lino



Source : Lino, « Acceleration of orthodontic tooth movement by alveolar corticotomy in the dog », 2007.

1.1.2.2. Protocole de recherche de Sebaoun

Sebaoun[11] a mené quant à lui une étude chez le rat sur onze semaines. L'étude avait pour objectif d'évaluer la réponse alvéolaire suite aux corticotomies en fonction du temps et de la proximité de la lésion chirurgicale, sans mouvement dentaire. Il a réalisé un modèle en split-mouth sur trente-six rats, avec élévation d'un lambeau muco-périosté en regard de la première molaire maxillaire gauche et décortication vestibulaire et palatine à la fraise boule.
Des coupes histologiques ont ensuite été réalisées pour évaluer l'apposition osseuse, l'ostéopénie induite et le nombre d'ostéoclastes au niveau du site chirurgical (première molaire), mais également à distance (troisième molaire maxillaire gauche).

1.1.2.3 Protocole de recherche de Baloul

Baloul[12] s'est intéressée elle aussi à l'impact des corticotomies sur modèle animal. Pour cela elle a divisé cent quatorze rats en trois groupes : un groupe où des corticotomies ont été réalisées au niveau de la première molaire maxillaire gauche, un deuxième où il a juste été appliqué un mouvement dentaire, et un dernier groupe où les deux ont été combinés. Des études tomographiques, des analyses Faxitron et la mesure quantitative d'expression des ARNm de l'activité ostéoclastique et ostéoblastique ont été réalisées à J0, J3, J7, J14, J21, J28 et J42.

---

[11] Sebaoun et al., « Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats ».
[12] Baloul et al., « Mechanism of action and morphologic changes in the alveolar bone in response to selective alveolar decortication–facilitated tooth movement ».

1.1.2.4 Protocole de recherche de Wang

Wang a également mené une étude[13] ayant pour objectif de nous éclairer sur les mécanismes cellulaires sous-jacents impliqués dans les différentes réponses osseuses des mouvements dentaires assistés par corticotomies ou ostéotomies.
L'étude était élaborée en split-mouth sur trente-six rats répartis en cinq groupes : corticotomies et mouvements dentaires, corticotomies sans mouvements dentaires, ostéotomies avec mouvements dentaires, ostéotomies sans mouvements dentaires et mouvements dentaires seuls.
Un appareil orthodontique de mésialisation était activé, puis les rats ont été sacrifiés à trois, vingt et un et soixante jours pour évaluer le nombre d'ostéoblastes et de vaisseaux sanguins.

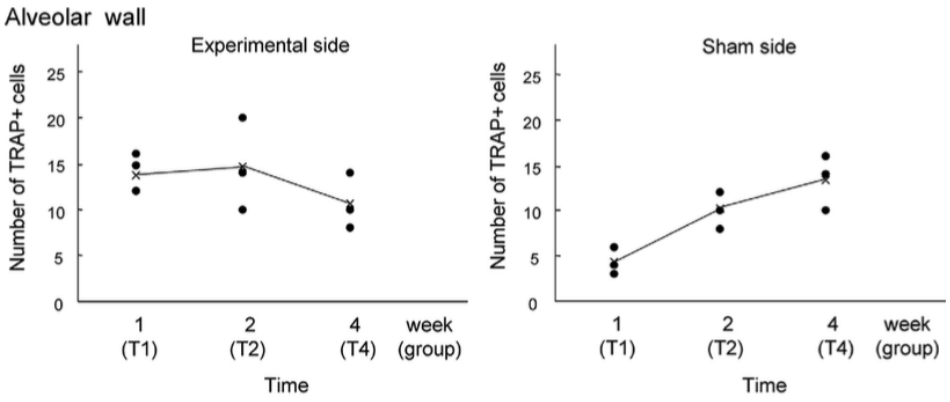
1.1.3. Principes biologiques des corticotomies

1.1.3.1. Augmentation du remodelage osseux

Le phénomène d'accélération régional décrit par Frost correspond à une augmentation du métabolisme osseux en réponse à un traumatisme chirurgical, avec une corrélation directe entre l'intensité et la proximité du traumatisme osseux et l'importance de la réponse osseuse.
Nous observons lors de cette phase de cicatrisation, une augmentation accrue de l'activité catabolique et anabolique osseuse avec un recrutement important de cellules ostéoprogénitrices, d'agents ostéo-conducteurs et de marqueurs de l'inflammation dans les zones à proximité du traumatisme.
L'expérience de Lino montre que le nombre d'ostéoclastes du côté expérimental est à son maximum dès T1 alors que du côté témoin ce nombre augmente graduellement. Il semble ainsi que du côté corticotomies les cellules ostéoclastiques interviennent plus précocement et vigoureusement que du côté témoin (figure 4).

[13] Wang et al., « Tisssue responses in corticotomy and osteotomy assisted tooth movements in rats : histology and immunostaining ».

Figure 4 : Nombre d'ostéoclastes au niveau de la paroi alvéolaire en fonction du temps chez les chiens de l'expérience de Lino

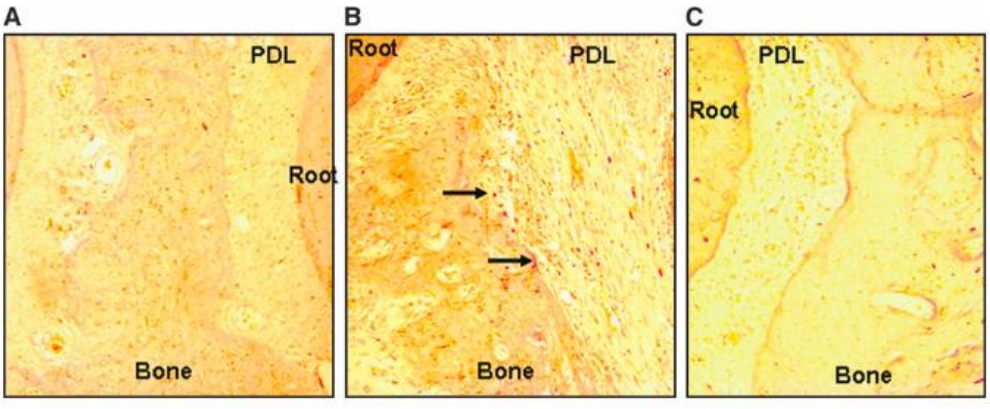


Source : Lino, « Acceleration of orthodontic tooth movement by alveolar corticotomy in the dog », 2007.

Les travaux de Sebaoun étayent ces résultats, en effet au niveau de l'os médullaire à trois semaines nous retrouvons 1,9 fois plus d'ostéoclastes du côté corticotomie par rapport au côté témoin

Figure 5 : Nombre d'ostéoclastes et pré-ostéoclastes au niveau de l'os médullaire

A : groupe contrôle à 3 s B : groupe chirurgical à 3 s C : groupe chirurgical a 11 s

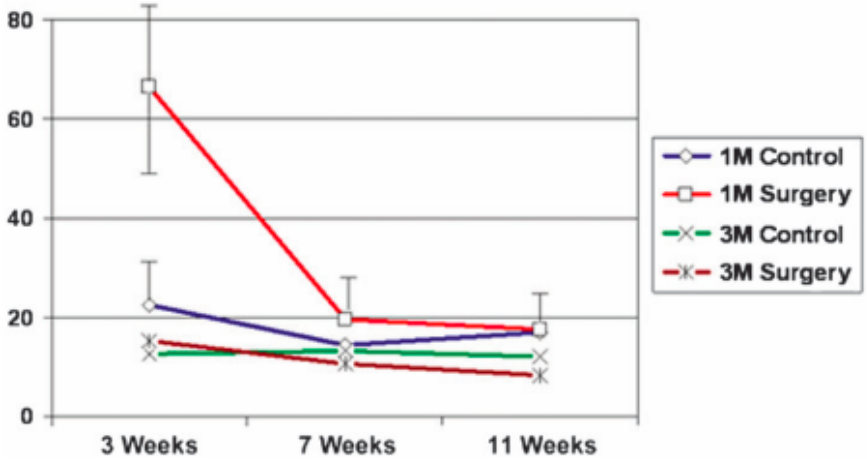


Source : Sebaoun et al., « Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats », 2008

A onze semaines un nombre équivalent de cellules TRAP + (ostéoclastes) est retrouvé dans les deux groupes, ainsi en l'absence de mouvement orthodontique le remodelage osseux semble rapidement

retourner à la normale. A trois semaines nous retrouvons également au niveau du LDA 3 à 4,6 fois plus de cellules TRAP+ dans le groupe chirurgical que dans le groupe témoin.
De plus, du côté expérimental on retrouve un nombre bien plus important au niveau de la première molaire maxillaire comparé à la troisième molaire maxillaire. Ceci montre bien que l'effet se limite à la zone immédiatement proximale à la scarification alvéolaire.

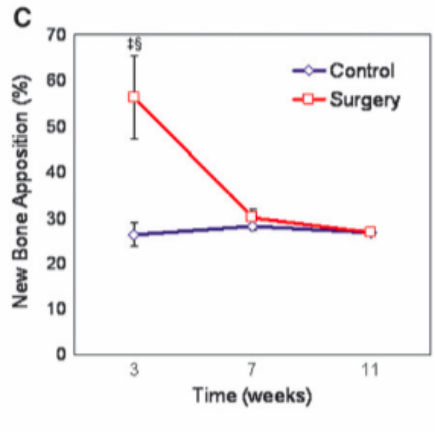
Figure 6 : Décompte des ostéoclastes et pré-ostéoclastes à 3, 7 et 11 semaines au niveau du LDA des premières et troisièmes molaires droite et gauche de l'étude de Sebaoun



Source : Sebaoun et al., « Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats », 2008.

L'équipe du Dr Sebaoun s'est également penché sur la mesure de l'apposition osseuse grâce à des marqueurs fluorescents. A quatre semaines, celle-ci était 2,4 fois plus importante au niveau de la première molaire du groupe expérimental qu'au niveau de celle du groupe contrôle. De plus, elle était 2,6 à 3,4 fois plus importante comparée à l'apposition en regard des troisièmes molaires des deux groupes. Par ailleurs à partir de la septième semaines, l'apposition osseuse était similaire au sein des deux échantillons. Nous voyons donc que l'effet corticotomies est limité dans le temps et l'espace.

Figure 7 : Apposition osseuse en fonction du temps au niveau de la première molaire maxillaire chez Sebaoun



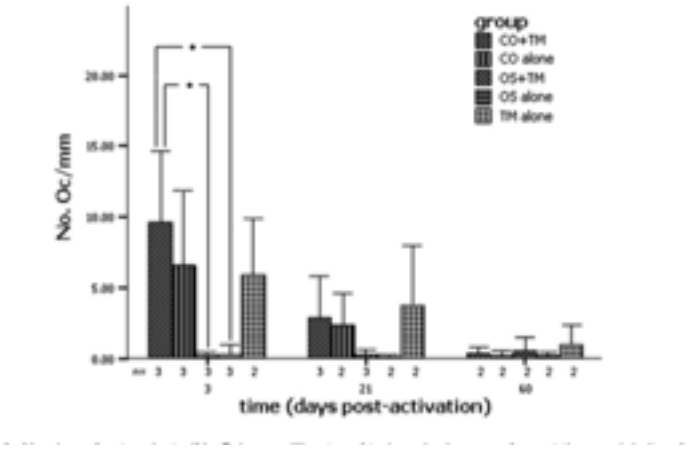
Source : Sebaoun et al., « Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats », 2008.

Les travaux de Baloul montrent une augmentation de l'expression de marqueurs d'ARNm des cellules ostéoclastiques, des régulateurs ostéoclastiques et des cellules ostéoblastiques, signe d'une activité catabolique et anabolique accrue.
De plus la numération des ostéoclastes, l'immuno-localisation des marqueurs osseux et des vaisseaux sanguins suggèrent que lors des mouvements dentaires assistés par corticotomies nous distinguons trois phases :

- Une phase de déminéralisation à J3 avec une grande quantité d'ostéoclastes dans l'os alvéolaire au niveau la zone de corticotomie.
- Une phase de remplacement, où l'os inter-radiculaire est converti en un tissu multicellulaire non minéralisé, en continuité avec le ligament parodontal constitué de cellules ostéoblastiques.
- Une phase de minéralisation à J60 de ce tissu multicellulaire.

Dans le groupe corticotomies seules, on retrouve moins de cellules ostéoblastiques et ostéoclastiques à J3 et J21 par rapport au groupe corticotomies et mouvements dentaires. Cela suggère que le déplacement dentaire amplifie ce phénomène.

Figure 8 : Nombre d'ostéoclastes par mm d'os trabéculaire



Source : Wang et al., « Tisssue responses in corticotomy- and osteotomy-assisted tooth movements in rats », 2009.

1.1.3.2. Ostéopénie transitoire

Les frères Wilcko ont étudié les effets des corticotomies alvéolaires en s'aidant d'un Cone Beam. Leurs travaux ont révélé une augmentation de la porosité osseuse à proximité du traumatisme, sans diminution du volume osseux, menant à une situation d'ostéopénie transitoire.

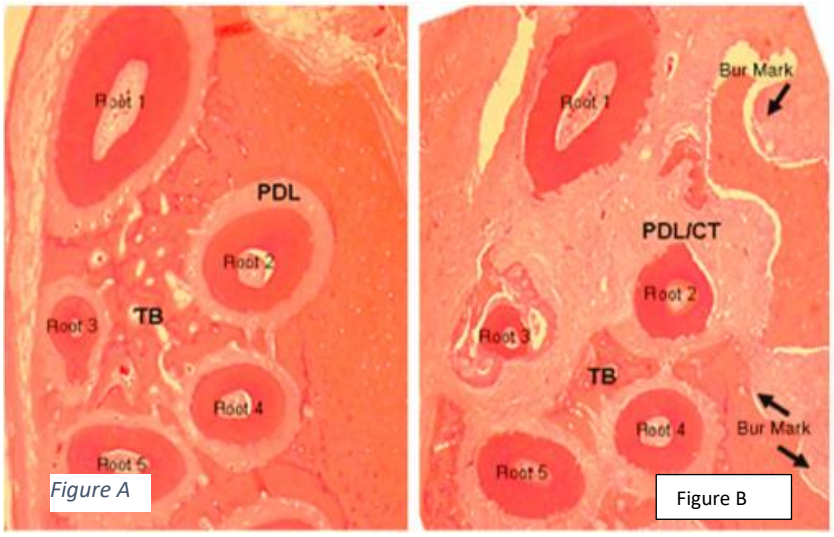
Ces zones de déminéralisation sont composées d'une trame de collagène, qui se déplace avec les racines dentaires et se reminéralise par la suite[14].

Dans l'étude de Sebaoun, l'analyse histologique révèle à 3 semaines dans le groupe corticotomie un élargissement du ligament dento-alvéolaire et, à onze semaines après la chirurgie, avec absence de mouvement orthodontique il y a un retour à la normale.

[14] Wilcko, Wilcko, et Bissada, « An evidence-based analysis of periodontally accelerated orthodontic and osteogenic techniques : a synthesis of scientific perspectives ».

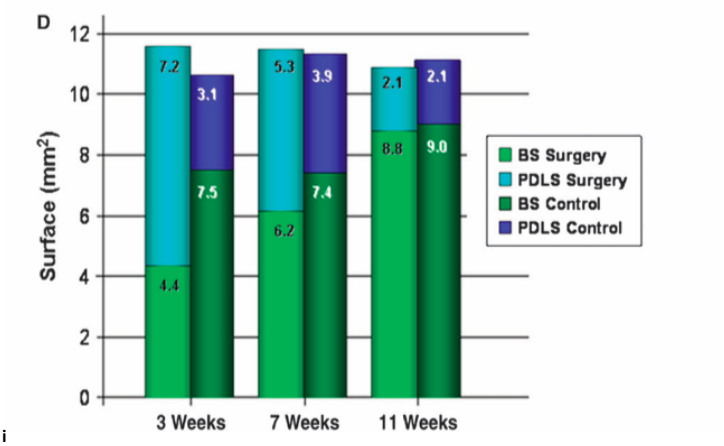
Figure 9 : Étude de Sebaoun sur le rat

A : groupe contrôle à trois semaines et B : groupe corticotomies à trois semaines



Source : Sebaoun et al., « Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats », 2008.

Figure 10 : Analyse histologique de la réponse tissulaire de l'étude de Sebaoun représentant la surface respective du LDA et de l'os médullaire au niveau de la racine de la première molaire maxillaire en fonction du temps



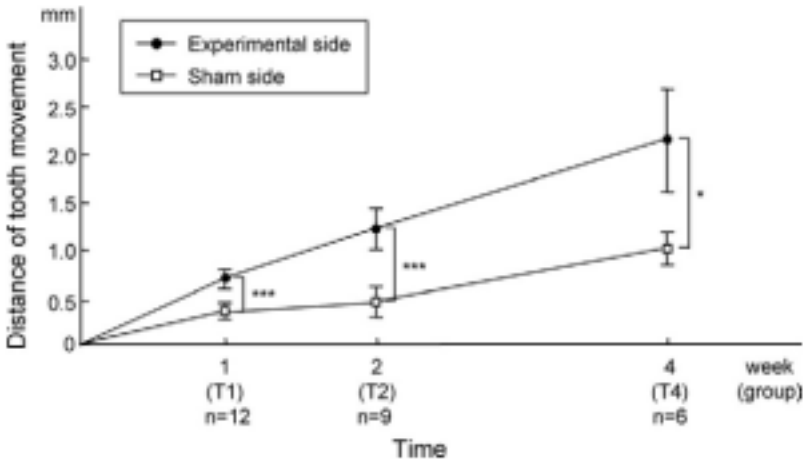
i

Source : Sebaoun et al., « Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats », 2008.

1.1.3.3. Diminution de durée de la phase de hyalinisation[15] [16] [17] [18]

Lors d'un déplacement orthodontique, suite à la phase initiale d'activation, une zone de nécrose aseptique est retrouvée du côté en pression du ligament parodontal. Cette zone est appelée phase hyaline. Elle perdure jusqu'à quatre semaines chez l'enfant et quarante jours chez l'adulte, période durant laquelle il n'y a aucun mouvement dentaire car la phase hyaline empêche la résorption osseuse en bloquant l'accès aux ostéoclastes. Elle est ensuite progressivement résorbée par les macrophages.
Dans le cas des corticotomies alvéolaires, le PAR accélère l'arrivée des macrophages sur le site opératoire à une semaine après l'application de la force. Cela permet une disparition précoce de la phase de hyanilisation du LDA et donc une reprise plus rapide du mouvement dentaire.
Lino dans son étude, s'est intéressé à la durée de la phase de hyalinisation. Ses recherches ont montré que dans le groupe avec corticotomies le déplacement dentaire est linéaire tout au long du mouvement. Il ne retrouve pas d'arrêt caractéristique de la phase de hyalinisation, preuve que celle-ci est extrêmement réduite (fig 11).

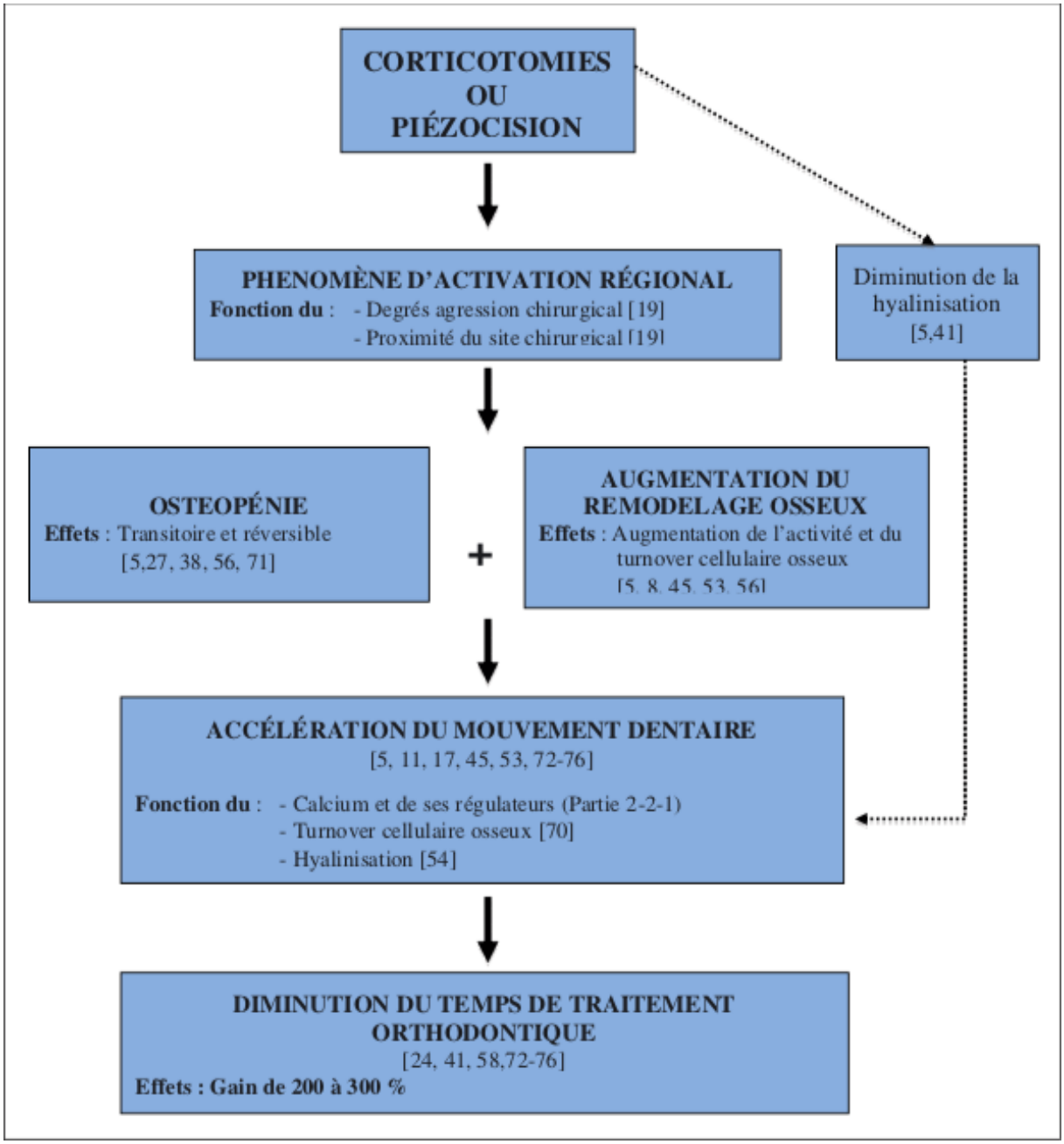
Figure 11 : Vitesse de déplacement dentaire avec et sans corticotomies de l'étude de Lino



Source : Lino, « Acceleration of orthodontic tooth movement by alveolar corticotomy in the dog », 2007.

[15] Gellee et al., « Au-delà de l'accélération du déplacement dentaire : autres effets des corticotomies alvéolaires d'intérêt en pratique orthodontique quotidienne. »
[16] Lino et al., « Acceleration of orthodontic tooth movement by alveolar corticotomy in the dog ».
[17] Baloul et al., « Mechanism of action and morphologic changes in the alveolar bone in response to selective alveolar decortication–facilitated tooth movement ».
[18] Thierry et Charrier, « Les corticotomies alvéolaires : principes et applications cliniques ».

Figure 12 : Schéma du concept biologique du déplacement dentaire accéléré par corticotomies ou par piézocision



Source : Strippoli et Aknin, « Le concept du déplacement dentaire accéléré par corticotomie ou par piezocision », 2012.

1.2. Intérêts cliniques et indications thérapeutiques

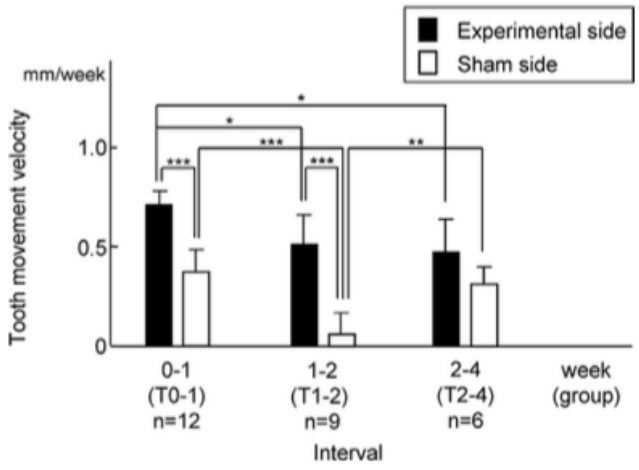
1.2.1. Intérêts cliniques

1.2.1.1. Accélération du déplacement dentaire

La vitesse du mouvement dentaire dépend de plusieurs éléments : le remodelage osseux, la densité osseuse et la hyalinisation du ligament parodontal. Or, tous ces éléments se voient impactés par la réalisation de corticotomies, à l'origine d'une cascade d'événements physiologiques : le PAR. La conséquence est la facilitation du mouvement dentaire qui devient trois à quatre fois plus rapide selon les frères Wilcko.

Lino, dans son étude citée plus haut, retrouve une augmentation de la vitesse de déplacement dentaire dans le groupe expérimental par rapport au groupe témoin, avec une différence significative entre T0-T1 et T1-T2, où la vitesse était respectivement deux et cinq fois plus importante dans le groupe avec corticotomies. Il suggère également que cette augmentation de vitesse est limitée dans le temps.

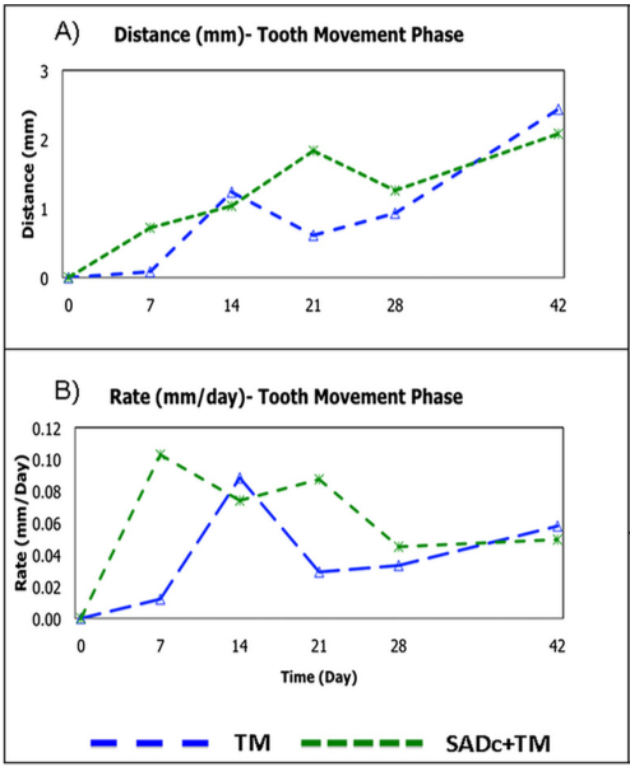
Figure 13 : Étude de Lino : Comparaison de la vitesse du mouvement dentaire entre le groupe avec corticotomies et le groupe témoin entre T0-T1, T1-T2 et T2-T4



Source : Lino, « Acceleration of orthodontic tooth movement by alveolar corticotomy in the dog », 2007.

Grace à l'analyse Faxitron, Baloul a pu évaluer l'impact des corticotomies alvéolaires sur la quantité de mouvement et la vitesse du déplacement entre le groupe avec mouvement dentaire seul et le groupe avec mouvement dentaire et scarifications alvéolaires. Les résultats montrent dans le groupe avec corticotomies une augmentation régulière de la quantité de mouvement de J0 à J21, celle-ci étant plus importante dans ce groupe.

Figure 14 : Résultats des analyses de Faxitron® du Dr Baloul pour la vitesse et taux de mouvement



Source : Baloul, « Mechanism of action and morphologic changes in the alveolar bone in response to selective alveolar decortication–facilitated tooth movement », 2011.

Hajji, en 2001 a réalisé une étude ayant pour but de comparer vingt patients traités par orthodontie associé aux corticotomies et greffes osseuses à trente-quatre patients traités par orthodontie conventionnelle sans extractions et trente patients traités par orthodontie conventionnelle avec extractions. Les résultats ont montré qu'il n'y avait pas de différence sur le plan clinique entre les groupes avec et sans corticotomies en fin de traitement. Mais également, un temps de traitement grandement diminué dans le groupe avec scarifications alvéolaires.

En effet, le temps de traitement moyen pour le groupe de patient ayant bénéficier de corticotomies alvéolaires s'élève à 6,1 mois alors pour le groupe de patient traités par orthodontie conventionnelle uniquement le temps de traitement moyen était de 18,7 mois pour le groupe sans extractions et de 26,6 mois pour le groupe traité avec extractions.

1.2.1.2. Augmentation des possibilités de traitements

Les changements biologiques apportés par les corticotomies alvéolaires permettent une diminution du temps de traitement, mais aussi une augmentation de l'enveloppe des mouvements dentaires réalisables dans les trois sens de l'espace. Selon Sebaoun, les limites des mouvements dentaires chez l'adulte décrites par Proffit sont au moins doublées.

Figure 15 : Enveloppe des mouvements réalisables avec et sans corticotomies alvéolaires

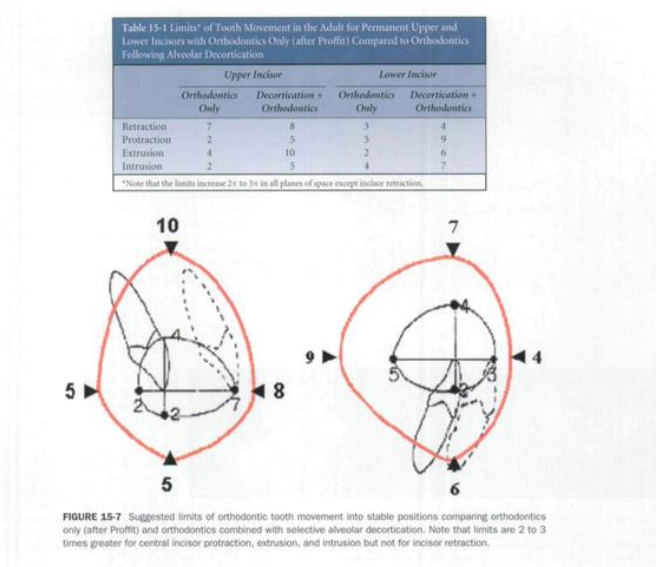


Table 15-1 Limits* of Tooth Movement in the Adult for Permanent Upper and Lower Incisors with Orthodontics Only (after Proffit) Compared to Orthodontics Following Alveolar Decortication

	Upper Incisor		Lower Incisor	
	Orthodontics Only	Decortication + Orthodontics	Orthodontics Only	Decortication + Orthodontics
Retraction	7	8	3	4
Protraction	2	5	5	9
Extrusion	4	10	2	6
Intrusion	2	5	4	7

*Note that the limits increase 2× to 3× in all planes of space except incisor retraction.

FIGURE 15-7 Suggested limits of orthodontic tooth movement into stable positions comparing orthodontics only (after Proffit) and orthodontics combined with selective alveolar decortication. Note that limits are 2 to 3 times greater for central incisor protraction, extrusion, and intrusion but not for incisor retraction.

Source : Sebaoun et al., « Corticotomie alvéolaire et traitements orthodontiques rapides », 2007.

Par ailleurs l'adjonction de greffes osseuses dans le cadre de ce protocole permettrait de déplacer les dents en dehors de leur enveloppe de prédictibilité sans compromettre la santé parodontale.
En rendant possibles de tels déplacements dentaires, le protocole de PAOO apparait comme un outil thérapeutique face à des malocclusions réservées classiquement à la chirurgie orthognatique, notamment l'endognatie maxillaire[19].

1.2.1.3. Diminution du risque de résorptions radiculaires

Le déplacement dentaire est décrit par Reitan comme s'articulant en quatre étapes. La seconde correspond à la phase de hyalinisation. Dans le cas d'orthodontie facilitée par corticotomies, il a été

[19] Sebaoun et al., « Corticotomie alvéolaire et traitements orthodontiques rapides ».

observé une importante diminution de la durée de cette phase. Ceci induit une accélération du mouvement dentaire mais également une réduction directe du risque de résorptions radiculaires[20], celles-ci apparaissant lors de la phase de hyalinisation. De plus en diminuant le temps de traitement, on réduit également indirectement le risque de résorption, celui-ci étant proportionnel à la durée globale du traitement[21].

Les résultats des travaux de Lino [22] révèlent, dans le groupe expérimental l'absence de toute résorption radiculaire après corticotomies, alors que dans le groupe témoin elles sont observées à partir de la quatrième semaine au contact de la zone hyaline.

En 2016, une étude sur les résorptions radiculaires[23] a été faite par l'équipe de Wilcko et Ferguson. Pour cela ils ont constitué deux groupes de vingt-sept patients, un traité par orthodontie conventionnelle et un par orthodontie facilitée par corticotomies. Des radiographie péri-apicales ont été réalisées sur les incisives centrales maxillaires. Des résorptions radiculaires ont été retrouvées dans les deux groupes, mais elles étaient supérieures de 1,1 mm dans le groupe conventionnel par rapport au groupe corticotomie après traitement (25,7 vs 26,8 mm, p = 0,03).

1.2.2 Indications thérapeutiques

Les docteurs Moreau et Charrier ont publié un article dans l'EMC portant sur les corticotomies alvéolaires[24], reprenant notamment les indications d'utilisation de cette chirurgie en orthodontie.

Parmi elles on retrouve notamment l'expansion maxillaire. Les modifications biologiques induites par les corticotomie associées à l'augmentation de l'enveloppe osseuse par greffes semblent permettre une expansion stable chez le patient squelettiquement mature, sans compromettre la santé parodontale. Nous pouvons désormais traiter des cas d'inversé d'articulé uni ou bilatéral à la limite de la chirurgie orthognatique grâce à l'expansion assistée par corticotomies.

Une étude sur modèle animal de 2018[25] s'est intéressée aux modalités de l'expansion maxillaire assistée par corticotomies chez l'adulte. Elle montre une expansion dentaire avec non seulement un déplacement des couronnes, mais également un mouvement sensible des racines de quantité comparable à l'augmentation de la largeur alvéolaire. Toutefois ce déplacement radiculaire reste deux

[20] Gellee et al., « Au-delà de l'accélération du déplacement dentaire : autres effets des corticotomies alvéolaires d'intérêt en pratique orthodontique quotidienne. »
[21] Gellee et al.
[22] Lino et al., « Acceleration of orthodontic tooth movement by alveolar corticotomy in the dog ».
[23] Ferguson et al., « Root resorption following periodontally accelerated osteogenic orthodontics ».
[24] Moreau et Charrier, « Corticotomies alvéolaires ».
[25] Le et al., « Adjunctive buccal and palatal corticotomy for adult maxillary expansion in an animal model ».

à trois fois inférieur au déplacement coronaire. Ainsi ce protocole combine gression et version dentaire.

Tableau 1 : Reprise des indications des corticotomies alvéolaires selon la littérature

Tableau 1.
Indications des corticotomies alvéolaires (d'après la littérature).

Indication	Références [a]	Commentaires
1. Traitement de la dysharmonie dentomaxillaire et diminution du temps de traitement	Wilcko et al., 2001 [18], 2003 [19] Germeç et al., 2006 [21], Charrier et al., 2008 [7], Sitbon et Charrier, 2009 [30], Liem et al., 2015 [1]	Pic d'accélération entre deux et trois semaines postopératoire Accélération du mouvement (de trois à quatre fois la vitesse normale) pendant quatre mois environ
2. Accélération du recul canin après extraction de prémolaires et traitement des biproalvéolies	Aboul-Ela et al., 2011 [33] Al-Naoum et al., 2014 [34]	Essais contrôlés randomisés *split-mouth* montrant une accélération de deux à quatre fois la vitesse normale de mouvement [33, 34]
3. Amélioration de la stabilité post-traitement orthodontique	Charrier et al., 2008 [7], Wilcko et al., 2008 [20], Sitbon et Charrier, 2009 [30], Makki et al., 2014 [35]	Perte de la « mémoire tissulaire » (responsable des récidives) par augmentation du turn-over tissulaire [20, 35]
4. Facilitation de l'éruption des dents incluses	Fischer, 2007 [36], Ma et al., 2015 [37]	Canines, prémolaires et dents de sagesse
5. Facilitation de l'expansion palatine	Yen et al., 2003 [38], Hassan et al., 2010 [39]	Correction d'endognathie unilatérale [39]
6. Ingression de molaires et correction de béances	Oliveira et al., 2008 [40], Akay et al., 2009 [41], Adjhani et Aldress, 2010 [31]	Indication à une corticotomie supra-apicale large [41]
7. Modulation de l'ancrage orthodontique	Echchadi, 2014 [42] Sakhti et al., 2014 [43]	Cinétiques dentaires différentes selon la présence de corticotomies à proximité ou non [44]
8. Augmentation de l'enveloppe des mouvements dentaires possibles	Sebaoun et al., 2007 [4] Bockow, 2014 [45]	Mouvement dentaire doublé dans les trois sens de l'espace [4]
9. Décompensation préchirurgicale des classes III squelettiques	Charrier et al., 2008 [7], Sitbon et Charrier, 2009 [30], Kim et al., 2011 [46], Ahn et al., 2012 [47], Wu et al., 2015 [48]	En cas de faible volume osseux alvéolaire, l'utilisation d'une technique de comblement alvéolaire permet le maintien du volume osseux malgré le déplacement incisif
10. Fermeture d'espaces	Kook et al., 2013 [49], Wu et al., 2015 [43]	Trois schémas de décortication possibles [49] : corticotomie circonscrite, triangulaire ou punctiforme
11. Limitation du recours à la chirurgie orthognathique dans le traitement de dysmorphoses modérées à sévères	Köle, 1959 [12], Akay et al., 2009 [41], Chung et al., 2009 [50], Thierry et Charrier, 2009 [32], Choo et al., 2011 [51], Ahn et al., 2014 [52]	Rétraction orthopédique du bloc antérieur maxillaire [51] Correction de l'inclinaison du maxillaire [52]

[a] Bibliographie non exhaustive.

Source : Moreau et Charrier, « Corticotomies alvéolaires », 2017.

Il faut à présent définir la catégorie de patient chez qui un tel protocole peut être mis en place.

1.3. Choix du patient

Un des facteurs décisifs de la réussite d'un tel protocole est de s'assurer que le patient répond bien aux critères de sélection.

1.3.1. Critères généraux

Les critères généraux[26] [27]sont :

[26] Moreau et Charrier, « Corticotomies alvéolaires ».
[27] Sebaoun et al., « Corticotomie alvéolaire et traitements orthodontiques rapides ».

- Motivation, coopération et disponibilité. L'effet des corticotomies dure en moyenne quatre mois, il est donc impératif de voir le patient toutes les deux semaines durant cette période pour profiter pleinement de l'effet induit. Dans cette optique, le docteur Sebaoun conseille de ne pas user de corticotomies chez le patient de moins de seize ans.
- Parodonte indemne de pathologie parodontale active pour avoir une parfaite cicatrisation post-chirurgicale.
- Absence de trouble de l'hémostase ou de pathologie osseuse locale ou systémique.
- Absence de prise régulière de biphosphonates, de corticoïdes, d'anti-inflammatoire non stéroïdiens (AINS) ou d'immunosuppresseurs.

1.3.2. Critères spécifiques

Pour chaque malocclusion, il y a un diagnostic mais une multitude de modalités de traitement[28]. Dans le cas de dysharmonie du sens transversal par insuffisance maxillaire légère à modérée chez le patient adulte, trois options thérapeutiques sont possibles : le SARME, le RME et le CAE.
Le SARME correspond au traitement de choix mais il n'est pas sans risque. Ainsi dans le cas où l'indication d'une chirurgie orthognatique porte à discussion, l'expansion assistée par corticotomies apparaît comme un moyen optimal de traitement sans compromis parodontal.
Les auteurs ont cherché à quantifier la limite de dysharmonie transversale compatible avec ce protocole. L'expérience clinique a permis d'observer un succès prévisible avec une expansion bilatérale de 5 mm environ[29]. Toutefois nous retrouvons également dans la littérature des case reports de traitement d'endognathie sévère.

Le cas suivant[30] a été traité par une équipe de Casablanca. Il s'agit du traitement d'une adolescente de 14 ans, squelettiquement mature (CVS 5), en classe I de Ballard sur un schéma hyper-divergent. Au niveau dentaire on retrouve une classe 1 molaire et une classe 2 canine, un encombrement maxillaire sévère, une DST de 9 mm et une infraclusion. La patiente présente par ailleurs un parodonte fin et le Cone Beam révèle une faible épaisseur osseuse au niveau des canines et des secondes prémolaires maxillaires.
A la vue de l'importance de la dysharmonie du sens transversale, l'option thérapeutique de choix serait une expansion maxillaire assistée par chirurgie orthognatique. Cependant les parents ont refusé le

[28] Bockow, « Treatment planning with corticotomy-facilitated orthodontics ».
[29] Bockow.
[30] Echchadi et al., « Corticotomy-assisted rapid maxillary expansion : a novel approach with a 3-year follow-up ».

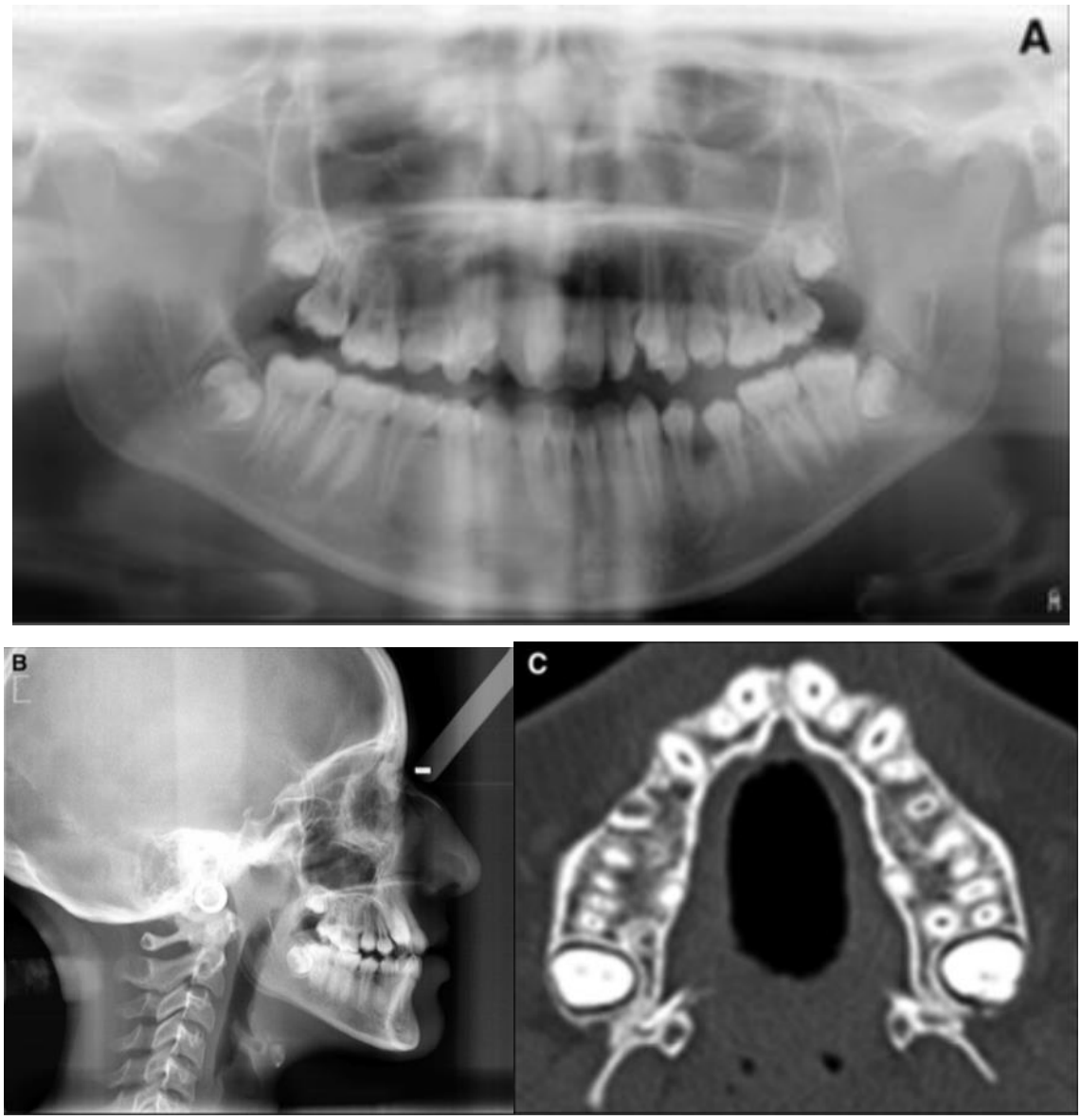
traitement en raison du coût, de l'invasivité du traitement et de la nécessité d'une anesthésie générale. Un traitement par expansion assisté par corticotomies a donc été réalisé.

Figure 16 : Documents du bilan pré-orthodontique (photographies)



Source : Echchadi et al., « Corticotomy-assisted rapid maxillary expansion », 2015.

Figure 17 : Documents du bilan pré-orthodontique (radiographies)

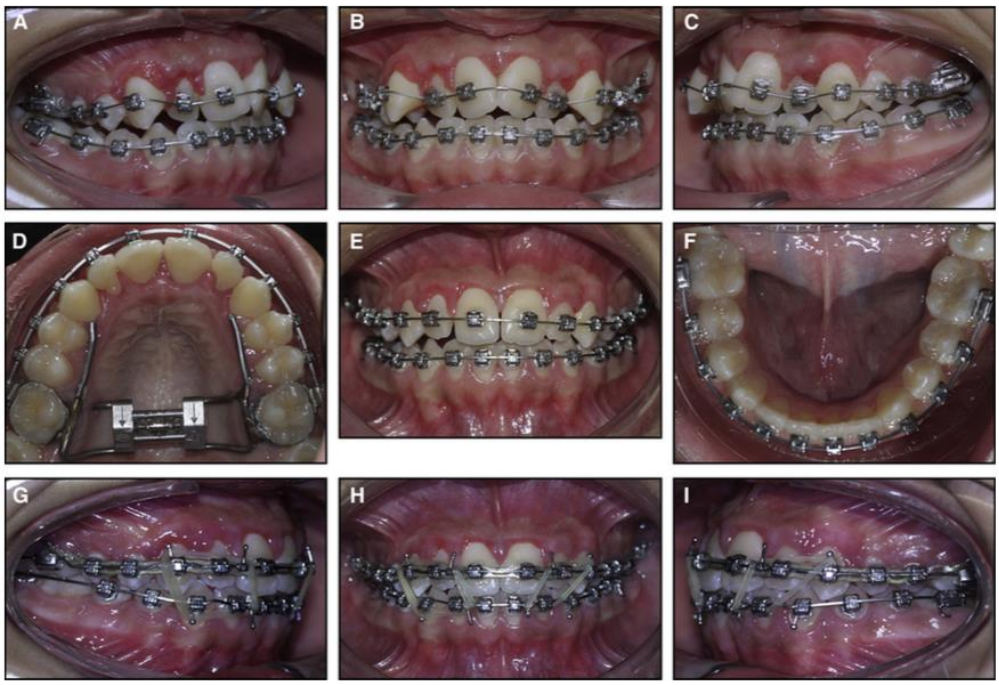


Source : Echchadi et al., « Corticotomy-assisted rapid maxillary expansion », 2015.

Une semaine après la pose d'un appareil multi-attache bi-maxillaire et d'un disjoncteur, une chirurgie de corticotomies est programmée dans les secteurs latéraux maxillaires. Le disjoncteur est activé d'un millimètre le jour de la chirurgie puis la patiente est revue chaque semaine. A chaque rendez-vous le

disjoncteur est activé d'un millimètre par le praticien. Le traitement aura duré en tout cinq mois et deux semaines.

Figure 18 : Photographies durant le traitement



Source : Echchadi et al., « Corticotomy-assisted rapid maxillary expansion », 2015.

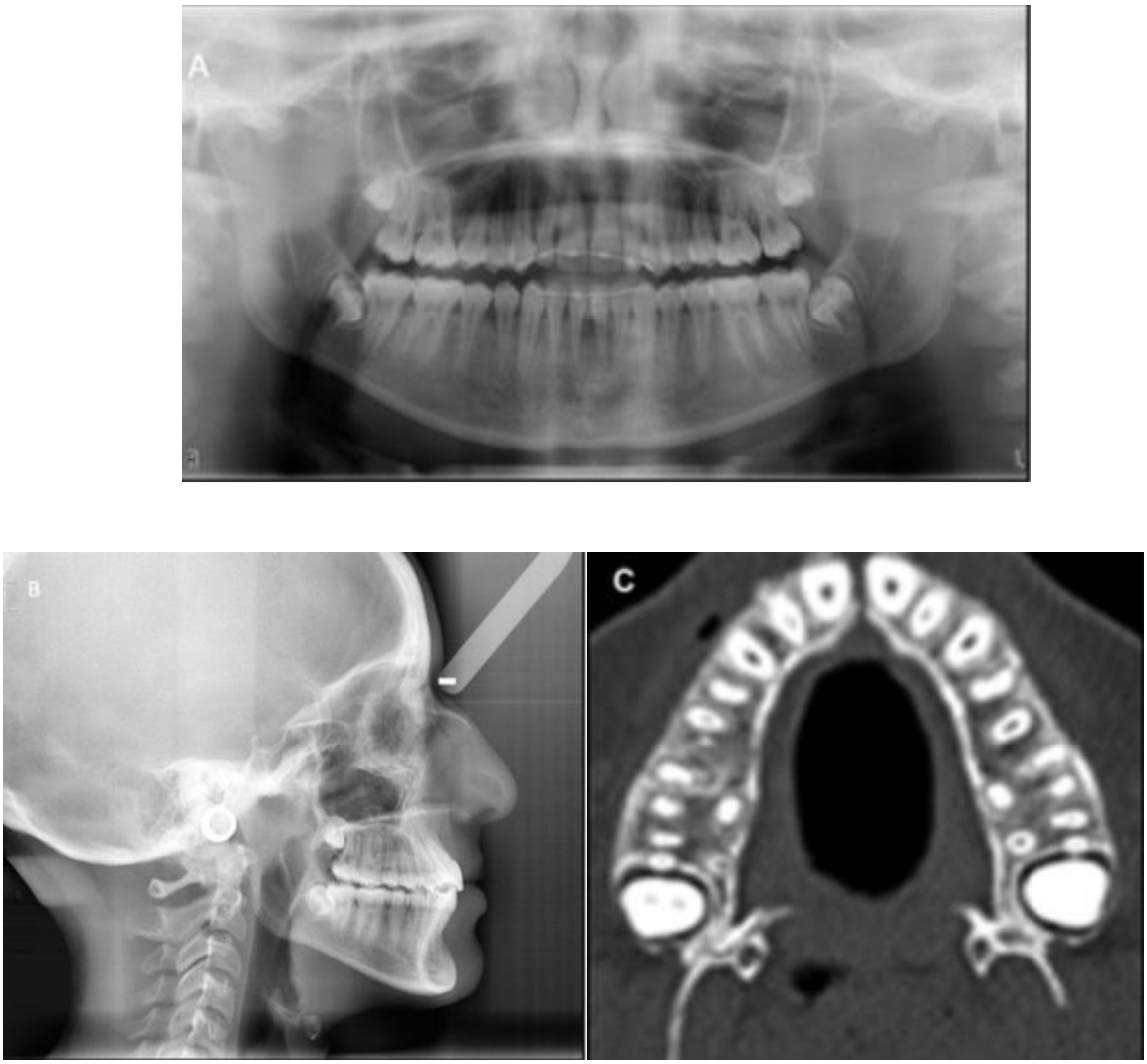
Figure 19 : Photographies de fin de traitement



Source : Echchadi et al., « Corticotomy-assisted rapid maxillary expansion », 2015.

En fin de traitement, tous les objectifs thérapeutiques sont atteints. L'analyse tomodensitométrique montre une nette amélioration du volume osseux en vestibulaire des canines et secondes prémolaires maxillaires ainsi que dans les secteurs postérieurs. Toutefois un amincissement de la corticale vestibulaire est retrouvé en regard du tiers apical des premières molaires droite et gauche ainsi qu'en regard du tiers médian radiculaire de la première molaire gauche.

Figure 20 : Radiographies de fin de traitement



Source : Echchadi et al., « Corticotomy-assisted rapid maxillary expansion », 2015.

Le suivi à trois ans post-traitement montre un gain d'épaisseur et de hauteur de gencive attachée en regard des canines.

Le succès de ce cas est encourageant, cependant des essais cliniques sont nécessaires pour établir les limites exactes de ce protocole.

1.4. Protocole de décortication alvéolaire

Avant de débuter tout traitement, il faut s'assurer de la bonne santé parodontale du patient. Un débridement prophylactique, et au besoin un surfaçage, seront réalisés[31].
La prescription d'un Cone Beam[32] au patient lors de la planification peut s'avérer intéressante afin d'évaluer les zones de faible épaisseur osseuse qui nécessiteront une greffe dans le cas de protocole de PAOO. Dans le cas de chirurgie mini-invasive (développée plus loin), le Cone Beam permet également de visualiser les structures anatomiques adjacentes.

1.4.1. Protocole chirurgical

1.4.1.1. Planification préopératoire

Après avoir vérifié que le patient répondait bien aux critères de sélection exigés, une planification multidisciplinaire rigoureuse entre le chirurgien et l'orthodontiste est requise.
Ces derniers discuteront du schéma de décortication qui sera mis en place. Dans le cas de l'utilisation des corticotomies pour l'expansion maxillaire, le schéma de décortication va dépendre principalement du caractère uni ou bilatéral de l'inversé d'articulé comme expliqué par la suite.
Dans la littérature, nous retrouvons souvent une prémédication antibiotique (Augmentin 1 g matin et soir pendant cinq jours, en l'absence de contre-indication)[33], associée ou non à une prise d'Atarax (100 mg).
La pose des brackets orthodontiques est généralement faite une semaine avant la chirurgie pour pouvoir directement profiter en post-opératoire du phénomène d'accélération régionale induit par les corticotomies alvéolaires[34].

1.4.1.2. Corticotomies alvéolaires

Une fois la planification terminée, le protocole chirurgical s'articule ainsi :

- Dépose des arcs
- Anesthésie : le choix de l'anesthésie repose sur la discussion patient-chirurgien. Il tient compte de la durée de la procédure, de l'anxiété du patient ainsi que des risques et des avantages de chaque option. De manière général il s'agira d'une anesthésie locale sauf si les corticotomies

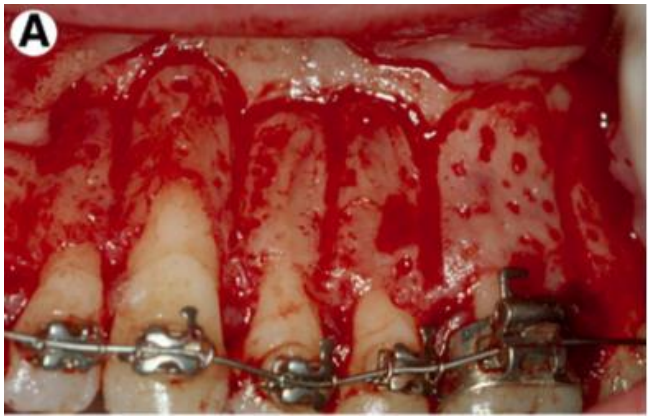
[31] Moreau et Charrier, « Corticotomies alvéolaires ».
[32] Sebaoun, Surmenian, et Dibart, « Traitements orthodontiques accélérés par piézocision : une alternative mini-invasive aux corticotomies alvéolaires ».
[33] Sebaoun, Surmenian, et Dibart.
[34] Charrier et al., « Traitement orthodontique accéléré par corticotomies alvéolaires chirurgicales chez l'adulte ».

sont très étendues et le patient trop anxieux, ou si l'on adjoint dans le même temps opératoire un acte invasif tel que l'extraction de dents de sagesse ou la pose de mini-plaques, dans ce cas nous nous tournerons vers un protocole d'anesthésie générale.

- Levée d'un lambeau muco-périosté de pleine épaisseur incluant les papilles, au niveau du ou des secteurs latéraux maxillaires, allant au-delà des apex afin de protéger le pédicule vasculo-nerveux dentaire. Pour cela est pratiquée une incision intra-sulculaire associée ou non à des incisions de décharges verticales situées à au moins une dent de la dernière dent concernée par le mouvement souhaité (surtout si une grande quantité de greffe osseuse doit être mis en place).

- Saignées corticales, réalisées à la fraise boule/fissure avec une pièce à main ou alors au piezotome, toujours sous irrigation abondante. Celles-ci traversent l'os cortical en mésial, distal et parfois en sub-apicale des dents concernées, tout en respectant l'os médullaire afin de ne pas léser le pédicule vasculaire dentaire. Il est impératif de préserver le parodonte marginal par des traits verticaux toujours à deux-trois millimètres du rebord de la crête afin de minimiser le risque de perte du septum osseux, de récession gingivale et d'une disparation des papilles inter-dentaires. Le saignement de la zone opérée sert de témoin de la bonne profondeur des traits de corticotomies. (Effraction de l'espace médullaire).

Figure 21 : Exemple de saignées corticales



Source : Wilcko, « Accelerated osteogenic orthodontics technique : a 1-stage surgically facilitated rapid orthodontic technique with alveolar augmentation », 2009.

1.4.1.3. Apport des greffes osseuses

L'équipe des frères Wilcko a modifié en 2001 le protocole de corticotomies alvéolaires par l'ajout d'une greffe osseuse en vue d'augmenter le volume d'os alvéolaire. Cette technique est connue sous le nom de PAOO ou « orthodontie accélérée par assistance ostéogénique parodontale ».
Celle-ci se voit indiquée en cas de fenestration / déhiscence préexistante ou lorsque des mouvements d'expansion sont prévus.

Figure 22 : Illustration du comblement osseux dans le protocole de PAOO



Source : Wilcko, « Accelerated osteogenic orthodontics technique: a 1-stage surgically facilitated rapid orthodontic technique with alveolar augmentation », 2009.

Cette greffe consiste en un mélange d'allogreffe (DFDBA = demineralized freeze dried bone allograft) et de xénogreffe bovine réhydratée avec une solution salée et une solution de clindamycine de phosphates (0,5mg/mm) [35]. Ce mélange est appliqué au niveau des traits de corticotomies à raison d'un cm^3 [36] par dent concernée par le mouvement d'expansion.
Les frères Wilcko estimaient que ce protocole de greffe ne nécessitait pas de membrane[37] car il s'agit d'une fermeture primaire sur parodonte sain, ainsi le périoste intact sert de membrane naturelle. Dans la seconde partie de ce travail l'intérêt et la légitimité de ce comblement osseux sera discuté en se basant sur la littérature.

[35] Wilcko, Wilcko, et Bissada, « An evidence-based analysis of periodontally accelerated orthodontic and osteogenic techniques : a synthesis of scientific perspectives ».
[36] Thierry, « Orthodontie accélérée par corticotomies alvéolaires : intérêt clinique et évaluation tomographique de l'impact sur le volume osseux ».
[37] Ferguson et al., « The contribution of periodontics to orthodontic therapy ».

1.4.1.4. Fermeture du site chirurgical et conseils post-opératoires

Après révision du site opératoire, le lambeau est repositionné et suturé avec du fil 5.0 non résorbable par points séparés (notamment matelassier vertical) et points en O [38]pour les traits de décharge. Ces sutures seront laissées pour une durée minimum de deux semaines, permettant à l'attachement gingival de se rétablir.

A cela s'ajoute une prescription post-opératoire de bain de bouche ainsi que d'analgésiques de pallier 1 ou 2, à l'exclusion des AINS et des corticoïdes qui sont contre indiqués. En effet, bien que le risque d'œdème soit élevé, cela limiterait le phénomène d'accélération régionale souhaité. Le patient procédera à un brossage doux et soigneux avec une brosse à dent 7/100.

1.4.2. Protocole orthodontique

Le protocole d'expansion transversale assistée par corticotomies développé dans cette thèse apparait comme un outil de traitement des déficits transversaux légers à modérés du maxillaire, chez l'adulte, situés à la limite d'une indication de chirurgie orthognatique, sans compromis pour la santé parodontale.

1.4.2.1. Fréquence des rendez-vous

Le phénomène d'accélération régional induit par les corticotomies alvéolaires est totalement réversible. Il débute quelques jours seulement après la chirurgie avec un pic entre un et deux mois, et les réels effets durent deux à quatre mois mais peuvent prendre six à vingt-quatre mois[39] [40]pour disparaitre complètement. C'est la raison pour laquelle au cours des quatre premiers mois les rendez-vous doivent être rapprochés (toutes les deux semaines) pour profiter pleinement de ce que le docteur Sebaoun appelle la fenêtre d'opportunité thérapeutique spatio-temporelle. De plus, l'application fréquente des forces orthodontiques permet d'entretenir ce phénomène.

1.4.2.2. Inversé d'articulé unilatéral vrai

Ce schéma constitue un véritable challenge thérapeutique pour l'orthodontiste du fait du caractère asymétrique de la malocclusion[41].

---

[38] Moreau et Charrier, « Corticotomies alvéolaires ».
[39] Bockow, « Treatment planning with corticotomy-facilitated orthodontics ».
[40] Gil et al., « Alveolar corticotomies for accelerated orthodontics : a systematic review ».
[41] Hassan et al., « Unilateral cross bite treated by corticotomy-assisted expansion : two case reports ».

Dans le cadre d'un protocole d'orthodontie facilitée par corticotomies alvéolaires il devient plus simple de solutionner le problème par expansion différentielle. En effet, le PAR induit par ces corticotomies est limité dans le temps mais aussi dans l'espace, ce qui engendre une différence d'ampleur et de rapidité des mouvements entre les dents ayant subi ou non des corticotomies.
Le patient est appareillé une semaine avant l'intervention : multi-attaches associé ou non à un quad helix ou disjoncteur[42].
Le jour de l'intervention les scarifications alvéolaires sont réalisées le plus souvent uniquement sur le pan vestibulaire (certains le font sur les pans à la fois vestibulaire et palatin) de l'hémi-arcade concernée par l'inversé d'articulé.
Immédiatement après la chirurgie les arcs sont mis en place, et dans le cas du choix d'un quad helix celui-ci sera activé des deux coté de façon symétrique. Du fait de la différence au niveau du remodelage osseux, de la densité osseuse et de la durée de la phase de hyalinisaton du coté opéré, le mouvement dentaire d'expansion se verra facilité, s'exprimant plus rapidement et avec une amplitude bien plus importante du coté ayant subi les corticotomies alvéolaires.
Bien évidement de l'expansion se fera tout de même au niveau de l'hémi-arcade opposée mais elle sera nettement moindre et récidivra rapidement après la dépose du dispositif amovible.

1.4.2.3. Inversé d'articulé bilatéral

Face à cette situation il y'a deux scénarios possibles :

- L'inversé d'articulé bilatéral est de même ampleur à gauche et à droite, dans ce cas le même appareillage que dans le cas précèdent est placé dans la cavité orale du patient. Les corticotomies alvéolaires seront réalisées sur les pans vestibulaires des secteurs latéraux des deux hémi-arcades de façon identique afin d'avoir, après activation symétrique du quad helix, une correction identique des deux côtés.
- Dans le cas où l'inversé d'articulé est plus sévère d'un côté que de l'autre, il faudra lors de la planification des corticotomies avec le chirurgien oral prévoir des scarifications alvéolaires asymétriques. Du côté où l'inversé est le plus sévère nous ferons des corticotomies alvéolaires sur les pans à la fois vestibulaire et palatin alors que du côté moins atteint des corticotomies

[42] Silva-Coll, Hernández-Orsini, et Wang, « Corticotomy-assisted adult rapid maxillary arch expansion and ridge augmentation : an interdisciplinary case report with 7-year follow-up ».

uniquement vestibulaire seront réalisées. L'idée étant toujours d'induire une expansion différentielle d'un côté par rapport à l'autre.

Dans le cas d'arcade très contractée (forme en V), le déficit transversal peut être géré uniquement par l'usage d'arcs en expansion (type DAMON par exemple)[43], redessinant notre forme d'arcade. Dans ce cas nous pouvons nous dispenser d'un dispositif amovible type quad helix.

Figure 23 : Exemple d'arcade en V



Source : Orthodontistes Lemay, 2017.

1.5. Perception, douleur, approche mini-invasive

1.5.1. Perception et acceptation

Une étude s'est intéressée à la perception et l'acceptation par les patients des corticotomies alvéolaires comme solution thérapeutique. Sur les cent cinquante patients recrutés, cent vingt-neuf ont accepté de répondre aux questions posées présentées sous la forme de deux questionnaires : l'un portant sur l'âge, le sexe et le niveau d'éducation du patient et l'autre sur la chirurgie de corticotomie après que le protocole leur a été expliqué et illustré par des photographies.[44]

Parmi ces patients, seuls 3,1 % avaient déjà entendu parler de cette intervention. 7,8 % l'ont acceptée en alternative aux extractions et 32 % pour réduire le temps de traitement. La principale cause de refus

[43] Ferguson et al., « Scope of treatment with periodontally accelerated osteogenic orthodontics therapy ».
[44] Zawawi, « Patients' acceptance of corticotomy-assisted orthodontics ».

était la peur de la chirurgie à 53,2 %, et la seconde était la peur d'avoir mal à 36,9 %. Ainsi le taux d'acceptation reste faible et n'est lié ni au sexe, ni au niveau d'éducation du patient.

Un article de Gantes et al. [45] retrouvait en général une cicatrisation sans incident particulier, avec un seul cas d'hématome de la face et du cou. Selon Wilcko[46] la principale complication rencontrée est l'œdème avec un recouvrement total en sept à dix jours.

1.5.2. Douleurs et inconfort en technique conventionnelle

L'équipe de Al-Naoum[47] s'est souciée de la douleur et de l'inconfort ressenti par le patient au cours du protocole de scarification alvéolaire. Pour cela, ils ont réalisé une étude en split-mouth chez trente patients ayant subi l'extraction des premières prémolaires maxillaires dans le cadre de leur traitement d'orthodontie, à l'aide d'un questionnaire comportant six questions auxquelles le patient devait répondre à T1 (=J1), T2 (=J3), T3(=J5) et T4 (=J7).

En cas de douleur, le patient n'était autorisé à prendre uniquement du tramadol (50 mg) et seulement après avoir répondu aux questions.

Concernant la douleur lors de l'alimentation : 50 % des patients ont rapporté une douleur sévère à T1 puis nous observons une diminution significative avec 30 % à T2 et 0 % à T4. Concernant la douleur diurne : plus de la moitié des patients ont rapporté une douleur légère à modérée le premier jour avec une réduction dans le temps qui est significative uniquement entre T1 et T4, avec un taux d'absence de douleur ou de douleur faible à T4 de 66,6 %. Le taux de douleurs réveillant les patients la nuit restait faible à tout moment.

Ils se sont ensuite penchés sur le gonflement des patients suite à cette chirurgie : 80 % des patients ont rapporté un gonflement modéré à sévère à T1 qui augmentait de façon non significative à T2 avec une réduction notable à T4, avec l'absence de sensation de gonflement sévère à J7.

Enfin, lorsqu'il a été demandé aux patients de choisir le temps chirurgical le plus désagréable entre les corticotomies alvéolaires et l'avulsion des prémolaires, presque deux tiers rapportaient plus d'inconfort lors des avulsions.

---

[45] Gantes, Rathbun, et Anholm, « Effects on the periodontium following corticotomy-facilitated orthodontics : case reports ».

[46] Wilcko et al., « Rapid orthodontics with alveolar reshaping : two case reports of decrowding ».

[47] Al-Naoum, Hajeer, et Al-Jundi, « Does alveolar corticotomy accelerate orthodontic tooth movement when retracting upper canines ? : a split-mouth design randomized controlled trial ».

Un case report de Michelle Casseta de 2016 [48] combinant corticotomies conventionnelles et gouttières Clear aligner® ont montré une détérioration de l'Oral Health Quality of Life (OHIP-14) suite aux scarifications alvéolaires mais limitée aux trois premiers jours après la chirurgie.
Une étude de 2012[49] a quant à elle comparé l'utilisation d'inserts piezo-électriques avec des fraises conventionnelles dans le protocole de scarifications alvéolaires en termes de durée de chirurgie et suites opératoires à l'aide de l'indice OHIP-14. Il a été trouvé un temps opératoire moyen plus long pour la procédure s'aidant d'inserts piezo-éléctriques (34,3 min vs 28,2 min) que pour le groupe avec la procédure conventionnelle mais la différence n'était pas statistiquement significative. Quant à l'indice OHIP-14, il chute dans les deux groupes (22,6 pour le groupe piezo et 21,3 dans l'autre) avec un recouvrement presque complet des valeurs originales à 7 jours, de façon un peu plus rapide dans le groupe conventionnel sans différence statistiquement significative et pouvant s'expliquer par la différence de temps opératoire.

1.5.3. Approche mini-invasive

Bien que bénéfiques et efficaces, le caractère traumatique et les suites opératoires des corticotomies alvéolaires freinent leur usage dans notre pratique orthodontique. Afin de limiter les potentielles suites opératoires, des techniques récentes dites mini-invasives ont été développées, notamment celle proposée par Dibart et Sebaoun. Elles reposent sur les mêmes principes biologiques que les techniques conventionnelles, mais elles allègent le temps d'intervention et les suites opératoires.
Cette approche nouvelle sans lambeau combine micro-incisions, incisions corticales piézoélectriques et tunnélisation sélective permettant greffes osseuses et gingivales :

- Incision gingivale sous la papille, traversant le périoste, à 2 mm de la gencive marginale pour éviter l'apparition de fentes cicatricielles, à l'aide d'une lame 15.

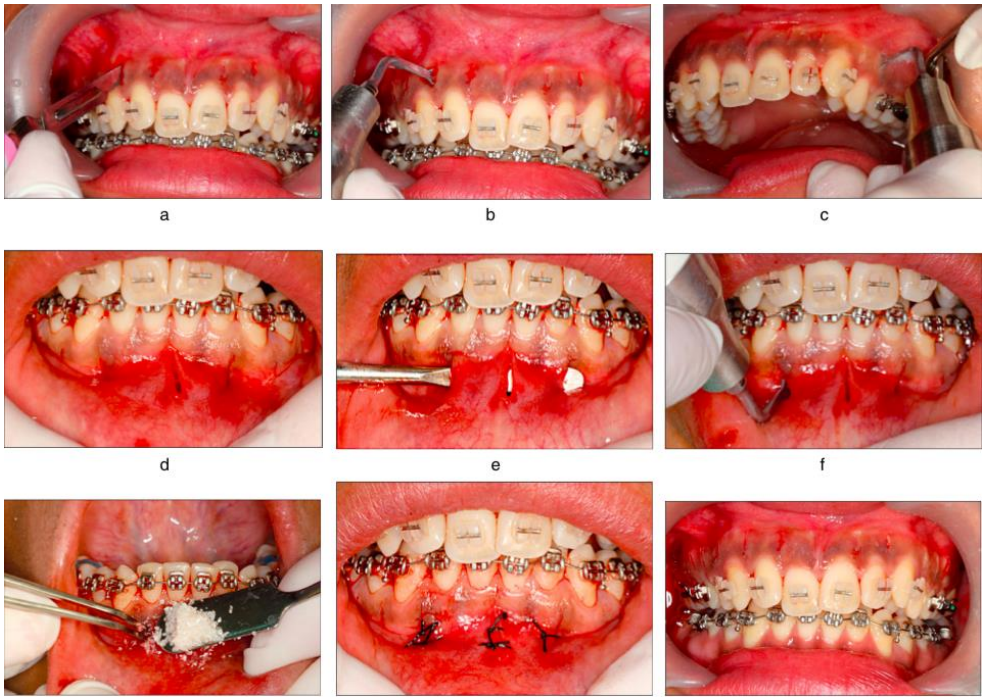
- Traits de corticotomies avec un insert ultrasonique de piezocision de 3 mm de profondeur et 5 mm de longueur [50]

[48] Cassetta, Altieri, et Barbato, « The combined use of corticotomy and clear aligners : a case report ».
[49] Cassetta et al., « The impact of osteotomy technique for corticotomy-assisted orthodontic treatment (CAOT) on oral health-related quality of life ».
[50] Charavet et al., « Traitement orthodontique accéléré par corticotomies : quelles sont les alternatives minimalement invasives ? »

- Lorsqu'une greffe est indiquée, aménagement d'un tunnel pour recevoir le matériel de greffe en décollant un lambeau à l'aide d'un élévateur inséré entre les incisions gingivales.

- Aucune suture n'est nécessaire, sauf dans les zones ou une greffe est réalisée (sutures résorbables 5.0)

Figure 24 : Illustration du protocole mini-invasive par Dibart



Source : Dibart et Sebaoun, « Traitements orthodontiques accélérés par piezocision : une alternative mini-invasive aux corticotomies alvéolaires », 2011.

Cette nouvelle approche se révèle moins traumatique, avec des suites opératoires allégées et l'absence d'œdème ou hématome majeur de la face ainsi que des douleurs post-opératoire minimes. Elle est aussi plus courte à réaliser, en effet pour une intervention des deux maxillaires il faut compter 45 minutes à une heure contre trois à quatre heures pour les techniques conventionnelles[51].
L'absence de lambeau ne constitue pas un risque pour le ligament dento-alvéolaire, en effet l'insert de piezocision devient inactif au contact des tissus mous. Le risque réel est la lésion radiculaire et du foramen mentonnier, raison pour laquelle Dibart et al. recommandent un Cone Beam pré-opératoire

[51] Sebaoun, Surmenian, et Dibart, « Traitements orthodontiques accélérés par piézocision : une alternative mini-invasive aux corticotomies alvéolaires ».

pour informer le chirurgien sur les structures anatomique et les zones où une greffe osseuse est indiquée.

Par ailleurs chaque incision est susceptible de laisser une trace qui ne se repigmentera pas. En 2016 Charavet et al. retrouvent des cicatrices chez 50 % des patients après piezocision[52]. Ainsi le risque de cicatrices résiduelles constitue une contre-indication à l'utilisation de cette technique chez les patients au sourire gingival ou ceux ayant une pigmentation gingivale d'origine ethnique.

1.5.4. Étude établissant la douleur, l'inconfort et la satisfaction des patients opérés en technique mini invasive

En 2016, l'équipe de Charavet [53] a mené un essai contrôlé randomisé ayant pour but de comparer les traitements orthodontiques conventionnels aux traitements associés aux techniques d'accélération des mouvements dentaires par piezocision et sans lambeau en termes de durée de traitement global, d'impact sur la santé parodontale, de modification de la crête alvéolaire, de cicatrisation osseuse et gingivale, de prise d'antalgiques mais également de niveau de satisfaction du patient.

Le niveau d'appréhension était identique entre les deux groupes en début de traitement. Si l'on s'intéresse à la douleur des patients ayant bénéficié de piezocision, celle-ci était évaluée à une moyenne de 6 +/- 1,9 (EVA) après la chirurgie. Quant à la prise moyenne de Paracetamol, il n'y avait pas de différence significative entre le groupe contrôle durant les sept jours qui ont suivi la pose de l'appareil orthodontique et le groupe expérimental durant les sept jours qui ont suivi la chirurgie de scarifications alvéolaires (1,2 g vs 2,2 g).

Par ailleurs, le niveau de satisfaction des patients est bien meilleur dans le groupe avec chirurgie de piezocision, avec un nombre significativement plus important de patients prêt à refaire le même traitement et qui le recommanderaient à un ami. Ainsi cette étude révèle un haut niveau d'acceptation et de satisfaction vis-à-vis de cette procédure chirurgicale.

En 2019 un article[54] a cherché lui aussi à confronter le niveau de douleur et d'inconfort chez les patients bénéficiant d'un traitement d'orthodontie avec celui des patients bénéficiant en plus d'une chirurgie d'accélération du mouvement dentaire par piezocision, mais cette fois ci des extractions étaient programmées dans le plan de traitement de l'ensemble de ces patients. Deux groupes randomisés de seize patients chacun (avec extraction et piezocision dans l'un et extraction et traitement orthodontique conventionnel dans l'autre) ont été constitués. Les auteurs se sont intéressés à cinq

[52] Charavet et al., « Localized piezoelectric alveolar decortication for orthodontic treatment in adults : a randomized controlled trial ».

[53] Charavet et al.

[54] Charavet et al., « Patient-reported outcomes measures (proms) following a piezocision-assisted versus conventional orthodontic treatments : a randomized controlled trial in adults ».

variables : douleur, limitation d'ouverture buccal, inconfort, gonflement, difficulté de mastication et la prise d'antalgiques.
Les patients devaient répondre à un questionnaire à J1, J7, J14 et J28. A J1, une différence significative a été trouvée entre les deux groupes uniquement pour la perception du gonflement, plus important dans le groupe avec piezocision, mais avec une guérison rapide puisqu'à J7 il n'y avait plus de différence significative. Par ailleurs un niveau de satisfaction élevé était aussi retrouvé dans cette étude pour le groupe expérimental (86,4 %).

Dans le cas de l'utilisation des corticotomies pour traiter une endocclusion, la chirurgie est moins étendue que dans les études sur la douleur et les suites opératoires précédemment citées. De plus, cela restera dans tous les cas beaucoup moins invasif et traumatique que la chirurgie orthognatique qu'elle a permis d'éviter.

2 : Apport parodontal des corticotomies alvéolaires

2.1. Protocole de PAOO des frères Wilcko

Lors de la réalisation de corticotomies alvéolaires, deux protocoles s'affrontent[55] : l'un standard, où seules les scarifications de la corticale sont réalisées et l'autre appelé PAOO ou « orthodontie accélérée par assistance ostéogénique parodontale » dévéloppé par les frères Wilcko, où une greffe osseuse particulaire est associée aux lésions contrôlées. Ce dernier se voit indiqué dans le cas de fenestrations ou déhiscences osseuses préexistantes, ou lorsque des mouvements d'expansion sont prévus au cours du traitement, en vue d'augmenter le support osseux alvéolaire.
La greffe consiste, comme vu précédemment, en un mélange de deux volumes d'allogreffe (DFDBA) utile pour ses propriétés ostéoinductrices et d'un volume de xénogreffe bovine[56] pour sa trame architecturale qui offre un bon potentiel ostéoconducteur. Le tout est réhydraté avec une solution salée et une solution de Clindamycine de phosphate (0,5 mg/ml).

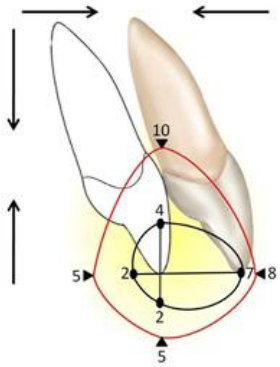
Dans le cas d'expansion assistée par corticotomies pour traiter les insuffisances transversales maxillaires chez l'adulte, les dents sont déplacées en direction de la corticale externe, pourtant jugée inviolable. En effet, ces mouvements vont mener à des fenestrations et déhiscences osseuses pouvant eux même induire des récessions gingivales, soit immédiatement suite à l'orthodontie, soit dans les années suivantes.
En réalité, la présence d'un défaut osseux n'induit pas automatiquement une migration apicale des tissus mous mais expose le patient à un plus grand risque d'en développer dans le temps[57]. Wennstrom[58] a montré que le repositionnement lingual des dents induit une augmentation de la hauteur gingivale et inversement lorsqu'elles sont versées en direction buccal.

Pour éviter ces effets indésirables, des lignes directives concernant les limites des mouvements orthodontiques ont été publiées, aidant le praticien dans la planification du traitement des malocclusions. Mais, lorsque nos traitements orthodontiques sont couplés au protocole de PAOO les

[55] Thierry, « Orthodontie accélérée par corticotomies alvéolaires : intérêt clinique et évaluation tomographique de l'impact sur le volume osseux ».
[56] Sebaoun et al., « Corticotomie alvéolaire et traitements orthodontiques rapides ».
[57] Bockow, « Treatment planning with corticotomy-facilitated orthodontics ».
[58] Wennström, « Mucogingival therapy ».

limites des déplacements dentaires chez l'adulte décrites par Proffit sont au moins doublées[59]. Cela autorise des mouvements d'expansion orthodontique traditionnellement prohibés car jugés instables et à risque pour la santé parodontale.

Figure 25 : Limites des mouvements orthodontiques suggérés par Proffit



Tooth Movement Guidelines		
MAXILLA	Proffit	PAOO
Retract	7	8
Protract	2	5
Intrude	2	4
Extrude	4	10

Tooth Movement Guidelines		
MANDIBLE	Proffit	PAOO
Retract	3	4
Protract	5	9
Intrude	4	7
Extrude	2	6

Source : Ferguson, « Scope of treatment with periodontally accelerated osteogenic orthodontics therapy », 2015.

2.1.1. Impact du protocole de PAOO sur l'épaisseur d'os alvéolaire

Le protocole initial de décortication des frères Wilcko ne comprenait pas d'apport de matériau de comblement osseux. Leurs cas ont par la suite fait l'objet d'une étude, avec comparaison des Cone Beam en prétraitement, post-traitement et à un an de contention. Les scans réalisés immédiatement après débagage révèlent une très faible épaisseur de l'os alvéolaire dans les zones de décortication,

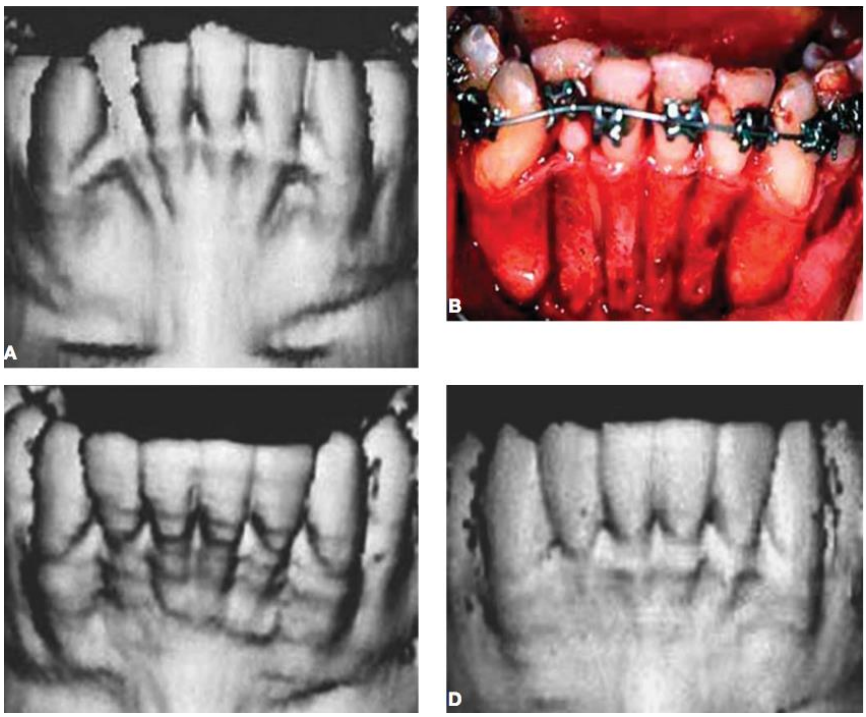
[59] Sebaoun et al., « Accélération du mouvement dentaire orthodontique suite à une décortication alvéolaire sélective : justification biologique et résultat d'une technique novatrice d'ingénierie tissulaire ».

résultant du phénomène de déminéralisation induit par le PAR, puis à un an de contention ils retrouvent un retour à l'état initial.

Ainsi pour les frères Wilcko, les corticotomies n'ont pas de potentiel ostéogénique. Bien évidement l'interprétation de ces résultats doit prendre en compte le fait que la quantité d'os alvéolaire a été évaluée à partir d'un scanner surfacique et non d'images en coupe.

Figure 26 : Scanner surfacique de patient traité par corticotomies alvéolaires mais sans greffe osseuse

A : prétraitement B : scarifications alvéolaires C : fin de traitement D : un an de contention

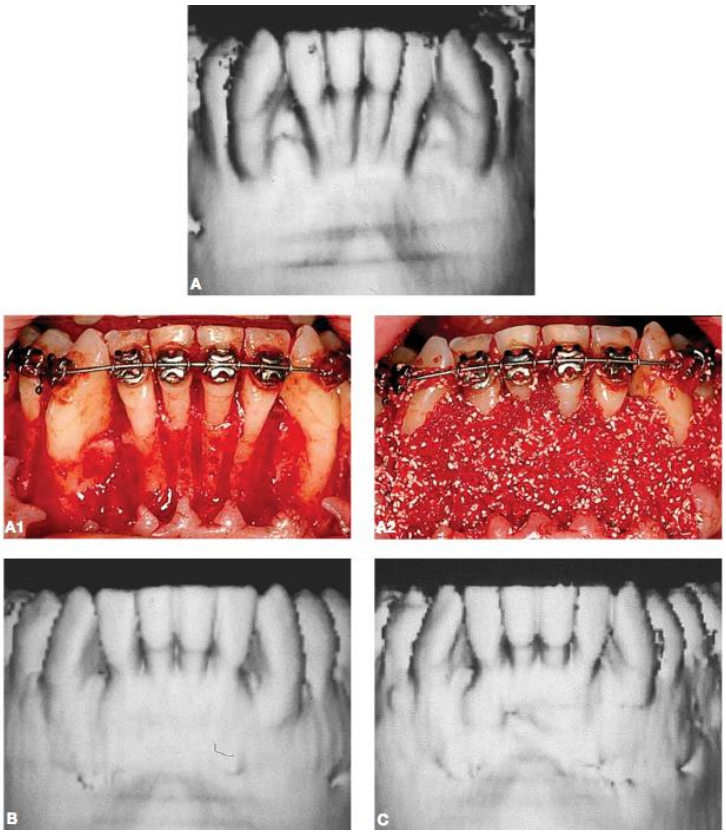


Source : Wilcko, « The contribution of periodontics to orthodontic therapy », 2008.

A partir de 2001 la technique de PAOO fut développée et les études sur Cone Beam montrent une augmentation du volume alvéolaire.

Figure 27 : Patients traités par corticotomies alvéolaires et comblement osseux

A : prétraitement A1 : scarifications alvéolaires A2 : comblement osseux B : fin de traitement C : 2,5 ans de contention



Source : Wilcko, « The contribution of periodontics to orthodontic therapy », 2008.

En 2001 les frères Wilcko publient[60] le rapport de cas d'un patient de 24 ans présentant un encombrement sévère, un inversé d'articulé bilatéral et une maladie parodontale stabilisée.
Le plan de traitement consistait en la pose d'un appareil multi-attache bi-maxillaire avec une gestion du déficit transversal et de l'encombrement par expansion orthodontique pure après corticotomies alvéolaires couplées à une greffe osseuse.

[60] Wilcko et al., « Rapid orthodontics with alveolar reshaping : two case reports of decrowding ».

Figure 28 : Photos de prétraitement



Source : Wilcko, « Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding », 2001.

Figure 29 : Photos de fin de traitement



Source :Wilcko, « Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding », 2001.

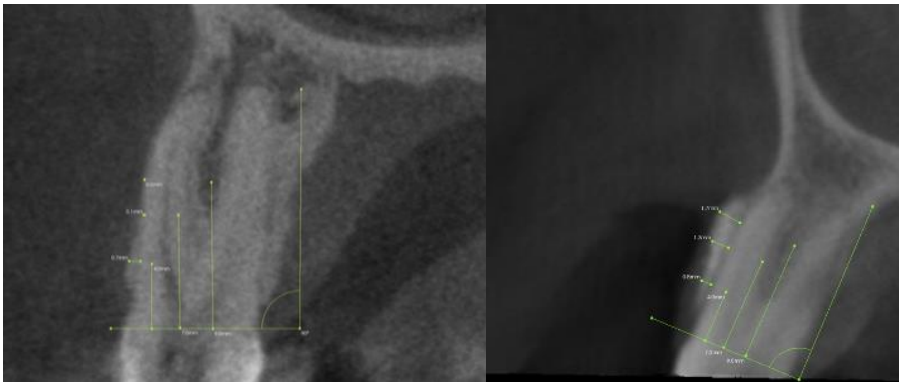
Huit mois après dépose de l'appareillage, un lambeau a de nouveau été levé au niveau du maxillaire gauche. Les auteurs ont constaté une augmentation de l'épaisseur osseuse vestibulaire en comparaison avec le début de traitement, et un maintien de la hauteur de la crête alvéolaire. L'os présentait un aspect marbré avec en surface des restes de particules du greffon qui ne se s'étaient pas

incorporées. A la vue de ce cas, le PAOO semble indiqué dans le maintien et l'amélioration du soutien parodontal de nos patients lors des mouvements orthodontiques à risque.

Dans un autre case report des frères Wilcko de 2003[61], le lambeau était levé neuf mois et deux semaines après l'intervention. Cette fois-ci une évaluation histologique avait été menée après biopsie de l'os : la greffe apposée lors des corticotomies s'était convertie en os viable, naturel, avec une lamina dura encore immature et des zones de néo-formation osseuse. Plus aucune trace d'os lyophilisé n'était retrouvée. Ainsi cette augmentation du volume osseux par greffe semble efficace.

Par ailleurs, une étude de 2018 [62]a cherché à déterminer si l'adjonction de greffes dans le protocole de corticotomies offrait la possibilité de repositionner orthodontiquement les dents en dehors de l'enveloppe osseuse originelle par un mouvement d'expansion sans effets néfastes sur le parodonte. Pour cela, les auteurs ont établi deux groupes : l'un bénéficiant uniquement de corticotomies (7 personnes) et le second (13 personnes) dans lequel une greffe osseuse de type xénogreffe était adjointe. Un Cone Beam était réalisé en pré et post traitement orthodontique afin d'analyser les dents (144 en tout) déplacées hors de l'enveloppe osseuse traditionnelle lors du traitement.

Figure 30 : Exemple de coupe étudiée



Source : Brugnami, « Can corticotomy (with or without bone grafting) expand the limits of safe orthodontic therapy », 2018.

[61] Wilcko et al., « Rapid orthodontic decrowding with alveolar augmentation : case report ».
[62] Brugnami, Caiazzo, et Mehra, « Can corticotomy (with or without bone grafting) expand the limits of safe orthodontic therapy ? »

L'épaisseur alvéolaire était alors comparée pour ces 144 dents en pré et post traitement aux points situés à 4, 7 et 9 mm de la jonction amélo-cémentaire :

Tableau 2 : Tableau de valeur de l'épaisseur alvéolaire aux différents points étudiés dans les deux groupes

	4 mm	**7 mm**	**9 mm**
Groupe corticotomie et apport osseux (en mm)	+0,86 +/- 0,25	+0,95 +/- 0,22	+1,39 +/- 0,62
Groupe corticotomie seule (en mm)	-0,24 +/- 0,27	+0,26 +/- 0,35	+0,70 +/- 0,54

Source : Auteur, d'après Brugnami, Caiazzo, et Mehra, « Can corticotomy (with or without bone grafting) expand the limits of safe orthodontic therapy ? », 2018.

A la vue de ces résultats il semble que les corticotomies associées à un comblement osseux permettent d'augmenter l'enveloppe des mouvements réalisables sans les effets néfastes habituellement attendus au niveau parodontal, contrairement à l'usage de corticotomies seules.

En plus de ces case reports, des études sur modèle animal ont été menées pour établir l'intérêt de ces corticotomies dites « augmentées » :
En 2014[63], une équipe a cherché à établir l'impact des corticotomies augmentées en fonction du matériau de greffe non autogène appliqué. Pour cela ils ont réparti six chiens aléatoirement dans trois groupes : xénogreffe, allogreffe et os synthétique. Une fois la répartition faite, des corticotomies étaient réalisées en vestibulaire chez l'ensemble des chiens et les secondes et troisièmes prémolaires étaient versées en direction vestibulaire pendant six semaines à l'aide d'un appareil orthodontique.
La profondeur des poches, la largeur de gencive kératinisée et le ratio de surface d'os nouvellement formé sur l'os total étaient mesurés avant et après déplacement pour chaque groupe. Une formation osseuse importante était retrouvée du côté pression quel que soit le type de matériau utilisé, ce qui montre bien que les corticotomies augmentées maintiennent et améliorent les tissus parodontaux

[63] Lee et al., « Tooth movement out of the bony wall using augmented corticotomy with nonautogenous graft materials for bone regeneration ».

mou et dur après mouvement dentaire vers la corticale vestibulaire. Toutefois, le rapport entre la surface osseuse nouvelle et totale était supérieur dans le groupe avec greffe d'os synthétique. Dans ce groupe la plupart des particules greffées ont été résorbées alors que dans les deux autres groupes davantage de particules sont restées dans un état partiellement résorbé. Ces résultats suggèrent que le matériau de greffe synthétique est loin d'être inférieur aux autres greffons lorsqu'il est utilisé pour la corticotomie augmentée. De plus il a l'avantage d'être peu couteux, de ne pas provoquer de réactions immunitaires et d'être disponible en quantité suffisante. Ainsi l'os synthétique semble être, à la vue de cette étude, un matériau de choix pour ce protocole.

Une autre étude sur modèle animal[64] a cherché à établir l'intérêt d'appliquer une membrane de collagène résorbable par-dessus le matériau de comblement osseux. L'apposition d'une membrane ne fait pas parti du protocole initialement établi par les frères Wilcko, mais son utilisation a été largement décrite en parodontologie.

En effet, la greffe n'est maintenue que par une seule paroi et la quantité de matériau qui doit être apposée est conséquente. L'usage d'une membrane semble ainsi intéressant pour immobiliser et empêcher l'évacuation du matériau de comblement dans les jours qui suivent la chirurgie et ainsi promouvoir la régénération osseuse. Pour cela les auteurs ont réalisé une étude prospective randomisée en split-mouth sur deux chiens. Un mouvement de vestibulo-version important était appliqué sur les secondes et troisièmes prémolaires maxillaires et mandibulaires après une chirurgie de scarifications alvéolaires.

Figure 31 : Photographie en cours de traitement



Source : Lee, « Periodontal responses to augmented corticotomy with collagen membrane application during orthodontic buccal tipping in dogs », 2014.

[64] Lee. et al., « Periodontal responses to augmented corticotomy with collagen membrane application during orthodontic buccal tipping in dogs ».

Dans le groupe contrôle les corticotomies étaient associées à une greffe osseuse puis le lambeau était repositionné et suturé ; dans le groupe test une membrane était apposée par-dessus le matériau de comblement avant de repositionner le lambeau.

Dans les deux groupes, l'épaisseur de la crête osseuse était maintenue malgré une version vestibulaire excessive des dents. Douze semaines après la chirurgie, 79 % de la surface osseuse était composée d'os nouvellement formé, la plupart des particules de la greffe ayant été résorbées. Les auteurs notaient cependant dans le groupe expérimental une augmentation de la profondeur de poche après intervention supérieure au groupe témoin (+0,704 mm vs +0,136 mm), une réduction non significative de la largeur de tissu kératinisé et une surface osseuse uniforme.

Ces résultats soutiennent l'intérêt clinique du protocole de PAOO lorsque des mouvements d'expansion sont prévus. Bien que la formation d'os ne semble pas influencée par l'utilisation de membrane, celle-ci peut être intéressante pour améliorer la morphologie de la surface osseuse.

2.1.2. Impact du protocole de PAOO sur les tissus mous parodontaux

Lors de mouvements d'expansion assistés par corticotomies, la crainte reste toujours d'induire une récession parodontale en fin de traitement ou à long terme. Une étude menée par l'équipe de Ferguson et Wilcko en 2015 est rassurante à ce sujet[65].

Dans cette étude, deux groupes de 35 patients chacun ont été constitués. Les patients du premier groupe étaient traités par orthodontie conventionnelle et ceux de l'autre groupe par orthodontie assistée de corticotomies augmentées. Les auteurs comparaient l'évolution de la hauteur de gencive kératinisée entre les deux échantillons.

Les hauteurs étaient comparables entre les deux groupes (3,27 vs 3,52) en fin de traitement, mais celles-ci diminuaient de façon significative dans le groupe conventionnel en post-traitement (-0,38 mm en moyenne) tandis qu'à 19,4 mois de contention celles-ci augmentaient dans l'autre échantillon de +0,78 mm en moyenne. Cette augmentation était à la fois statistiquement significative et cliniquement importante.

Nous pourrions supposer que la pro-version incisive réalisée lors du traitement soit un facteur de confusion, cependant dans le groupe conventionnel où nous notons une perte de hauteur de gencive kératinisée l'inclinaison vestibulaire des incisives n'est augmentée que de 0,8° en moyenne alors que

[65] Wilcko et al., « Keratinized gingiva height increases after alveolar corticotomy and augmentation bone grafting ».

dans le groupe corticotomies où nous avons un gain de hauteur, les incisives sont davantage pro-versées (+2,7 °).

Tableau 3 : Tableau montrant l'évolution de la hauteur de la gencive kératinisée dans les deux groupes

	Pretreatment KT Height (mm)			Post-Treatment KT Height (mm)		
Mandibular Incisors	Conv (n = 35)	Cort (n = 35)	*P*	Conv (n = 35)	Cort (n = 35)	*P*
Right lateral	3.46 ± 1.14	3.69 ± 1.30	0.45	3.01 ± 1.15	4.47 ± 0.84	0.003
Right central	3.32 ± 0.91	3.40 ± 1.08	0.74	2.86 ± 0.98	4.33 ± 0.96	<0.001
Left central	2.91 ± 0.81	3.27 ± 0.94	0.09	2.65 ± 0.94	4.16 ± 0.92	<0.001
Left lateral	3.24 ± 0.91	3.73 ± 1.14	0.06	2.84 ± 1.11	4.26 ± 0.91	<0.001
Mean KT height	3.24 ± 0.82	3.52 ± 0.92	0.18	2.86 ± 0.98	4.30 ± 0.74	<0.001

	Conv (n = 35)			Cort (n = 35)		
	15.9 Months After Treatment			19.4 Months After Treatment		
Mandibular Incisors	Mean Difference	*t*	*P*	Mean Difference	*t*	*P*
Right lateral	–0.37	–2.74	0.01	0.78	3.95	<0.001
Right central	–0.46	–3.25	0.003	0.93	4.46	<0.001
Left central	–0.27	–1.96	0.06	0.89	4.26	<0.001
Left lateral	–0.42	–3.11	0.004	0.53	2.46	0.02
Mean KT height	–0.38	–3.46	0.001	0.78	4.75	<0.001

Source : Wilcko et Ferguson, « Keratinized gingiva height increases after alveolar corticotomy and augmentation bone grafting », 2015.

2.1.3. Déplacement des dents dans le matériel de greffe

Malgré les très bons résultats retrouvés plus haut, des questions persistent.

Pouvons-nous déplacer les dents au sein d'un greffon qui vient d'être apposé ?

Une équipe brésilienne a démontré par ses travaux[66] la possibilité de déplacer orthodontiquement, chez le cochon nain, les dents dans un défaut osseux comblé par un greffon de type xénogreffe. Des défauts osseux ont été créés chez six cochons, en mésial des quatre premières molaires. Le côté droit faisait office de groupe expérimental avec comblement osseux de type xénogreffe, tandis que le côté gauche représentait le groupe contrôle avec guérison spontanée.

Après trois mois, l'ensemble des premières molaires ont été mésialées de 4 mm, puis des analyses histologiques et morphologiques ont été menées.

[66] Oltramari et al., « Orthodontic movement in bone defects filled with xenogenic graft : an experimental study in minipigs ».

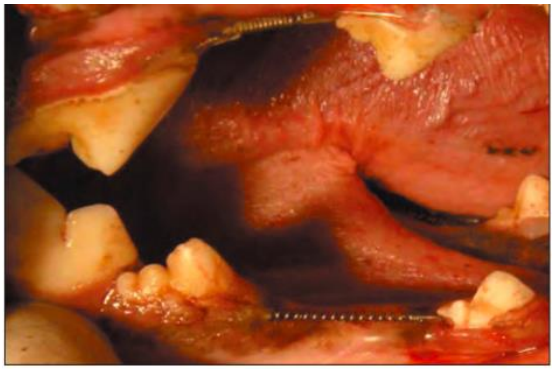
Celles-ci ont révélé un pourcentage significativement plus faible de résorptions radiculaires dans le groupe expérimental. De plus le mouvement dentaire n'était pas entravé, et le greffon permettait de limiter la perte de hauteur osseuse (2,18 mm pour le groupe expérimental vs 3,26 mm pour le groupe contrôle). Par ailleurs, aucune différence histologique de densité osseuse n'était retrouvée dans les deux groupes pour l'os nouvellement formé. Les particules de greffes dans le groupe expérimental étaient presque complètement remplacées par du tissu osseux. Une étude sur le chien [67]a apporté des conclusions similaires pour un greffon de type Bio-Oss®.

Le déplacement orthodontique d'une dent au sein d'un greffon ne semble pas poser de problème. Toutefois dans ces deux études le mouvement a été initié trois mois après la greffe (temps suffisant au remplacement des particules de greffes par un tissu osseux) et non pas immédiatement comme dans le protocole de PAOO.

Ainsi le déplacement au sein du greffon est possible à trois mois, mais l'est-il immédiatement après comblement osseux ?

Plus récemment en 2012, un protocole de recherche[68] en split-mouth chez le chien a démontré un déplacement dentaire avec succès dans un matériau de comblement osseux DFDBA immédiatement après l'apport. Les résultats de cette recherche ont montré une différence significative en faveur du groupe expérimental (avec greffe) pour le taux de mouvement dentaire, le niveau de résorption radiculaire et la préservation de la hauteur de la paroi osseuse (perte de 1,79+/-0,4 vs 2,67+/- 0,61).

Figure 32 : Schéma expérimental



Source : Seifi , « Determination of orthodontic tooth movement and tissue reaction following DFDBA grafting intervention », 2012.

[67] Araújo et al., « Orthodontic movement in bone defects augmented with bio-oss® : an experimental study in dogs ».

[68] Seifi et Ghoraishian, « Determination of orthodontic tooth movement and tissue reaction following demineralized freeze-dried bone allograft grafting intervention ».

Mais des résultats moins optimistes sont également retrouvés dans la littérature, notamment dans une étude de 2017 [69] qui a voulu déterminer l'effet des corticotomies augmentées combinées à des mouvements de vestibulo-version sur la formation de déhiscences osseuses. Pour cela les auteurs ont procédé à la version vestibulaire des secondes prémolaires chez un groupe expérimental bénéficiant d'une greffe osseuse avec membrane résorbable, et chez un groupe contrôle sans greffe. Malgré un taux de densité et de formation osseuse supérieur dans le groupe expérimental cela reste insuffisant pour prévenir complètement le risque d'atteinte osseuse. En effet des déhiscences étaient retrouvées sur l'ensemble des prémolaires des deux groupes, mais étaient tout de même inferieures de 30 % dans le groupe avec greffe.

Faut-il attendre l'intégration complète des particules de greffes avant d'amorcer le mouvement ? Une étude comparant la perte osseuse en cas de greffe, avec ou sans délai de trois mois avant déplacement orthodontique, serait intéressante pour répondre à cette question.

Néanmoins, même si ce délai permettait une meilleure préservation osseuse, il nous empêcherait par ailleurs de profiter du phénomène de PAR induit par cette chirurgie.

2.2. Potentiel ostéogénique des corticotomies alvéolaires ?

L'association d'un comblement osseux aux corticotomies alvéolaires fait l'objet de débats. En effet, certains auteurs estiment que le résultat positif des corticotomies alvéolaires sur le parodonte ne serait pas dû à l'adjonction de greffes mais au potentiel ostéogénique supposé de cette chirurgie.

Les frères Wilcko ont démontré après étude histologique la réduction de fenestrations suite à leur protocole de PAOO, mais la greffe s'incorpore-t-elle à la corticale native ou est-ce un matériau afibro-osseux indépendant de celle-ci ? La réparation osseuse obtenue aurait-elle eu lieu sans greffe ?[70] Autant de questions auxquelles nous cherchons à répondre.

2.2.1. Rapport de cas sur le potentiel ostéogénique des corticotomies alvéolaires

Malheureusement, seuls des rapports de cas permettent d'appuyer cette théorie actuellement. Nous pouvons citer notamment le cas de l'équipe de Casablanca[71] mentionné dans notre première partie, où après comparaison des analyses tomodensitométriques de début et fin de traitement, une

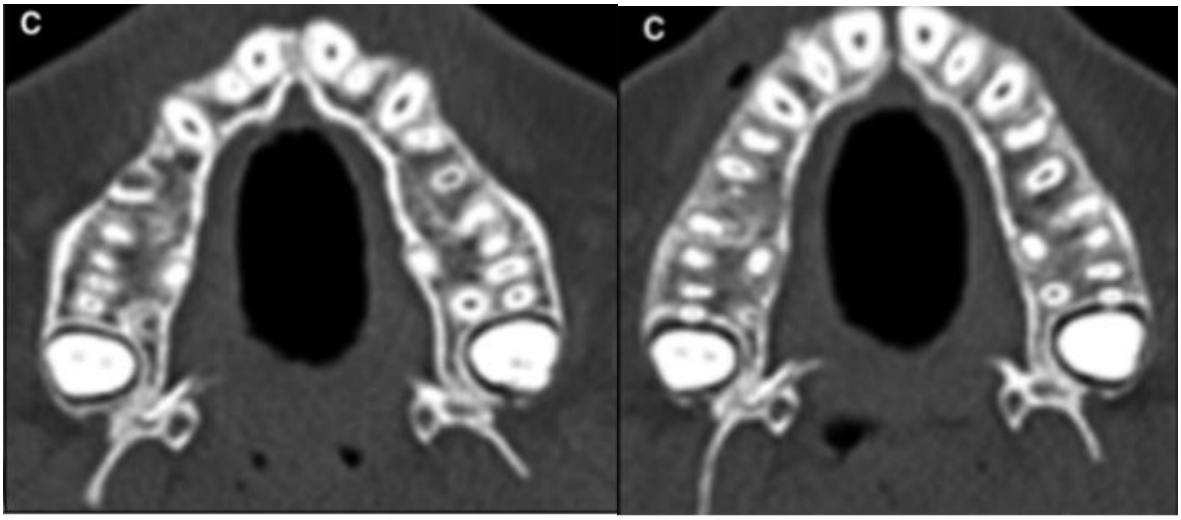
[69] Bare-Welchel et al., « Effects of bone grafting, performed with corticotomies and buccal tooth movements, on dehiscence formation in dogs ».

[70] Mathews et Kokich, « Accelerating tooth movement : the case against corticotomy-induced orthodontics ».

[71] Echchadi et al., « Corticotomy-assisted rapid maxillary expansion : a novel approach with a 3-year follow-up ».

augmentation du volume osseux était retrouvée au niveau des dents maxillaire, sans comblement osseux, alors que des mouvements d'expansion importants avaient été réalisés.

Figure 33 : Comparaison des images de CBCT de début et de fin de traitement



Source: Echchadi, « Corticotomy assisted rapid maxillary expansion: a novel approach with a 3-year follow-up », 2015.

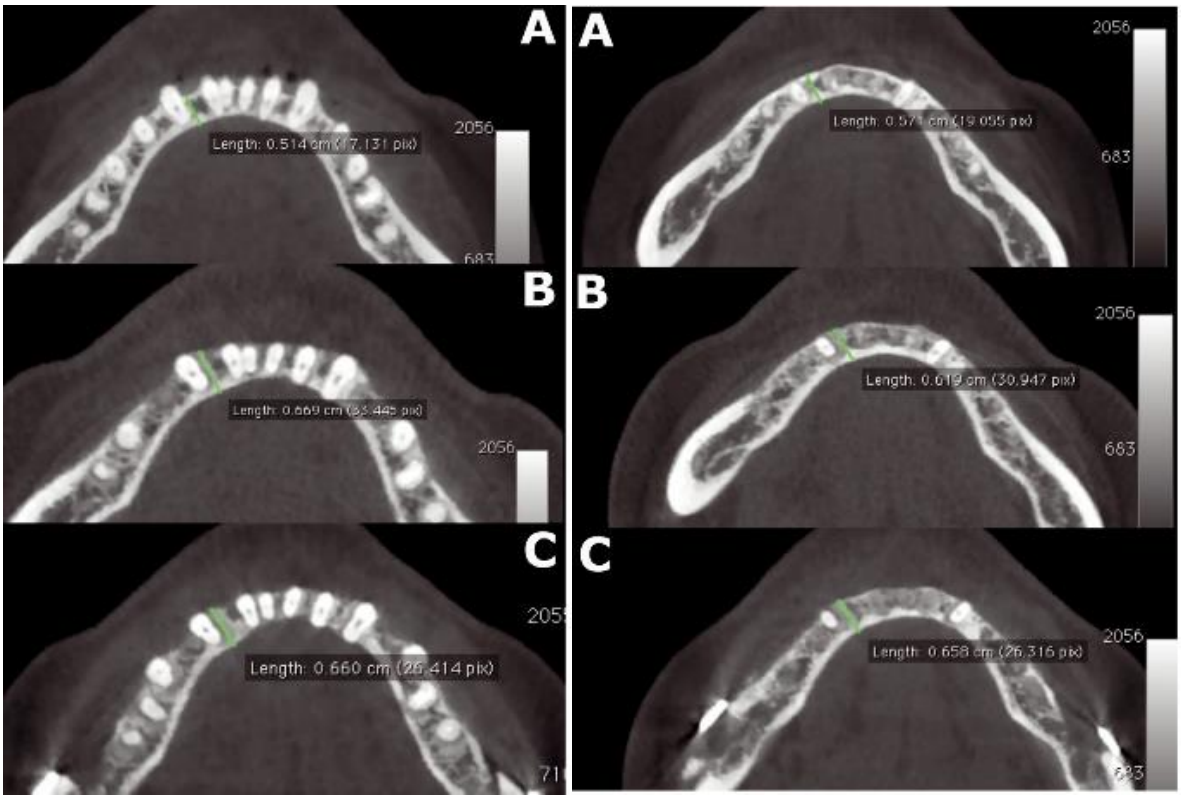
Les auteurs notaient également une augmentation de la hauteur et de l'épaisseur de la gencive attachée à trois ans.

Moreau et Charrier ont également rapporté un cas d'augmentation de volume osseux après corticotomies alvéolaires chez une patiente de 49 ans, dans le cadre d'un traitement ortho-chirurgical avec avulsions de prémolaire[72] Des déhiscences radiculaires conséquentes étaient retrouvées en début de traitement en regard des incisives mandibulaires. Des CBCT était réalisés en prétraitement, à 6 mois et à un an après la chirurgie de scarifications.
Une augmentation de l'épaisseur du volume osseux, peu ou pas corticalisé, était retrouvé en mésial de 33 et 43 à six mois. Cet accroissement osseux semblait stable puisqu'à un an il était encore retrouvé sur les coupes, avec en plus une corticalisation vestibulaire.

[72] Moreau et Charrier, « Formation osseuse et corticotomies à visée de facilitation métabolique : existe-t-il une ostéogénèse induite par les corticotomies alvéolaires ? »

Figure 34 : Comparaison des coupes de CBCT

A : début de traitement B : 6 mois C : 1 an



Source : Moreau et Charrier, « Formation osseuse et corticotomies à visée de facilitation métabolique : existe-t-il une ostéogénèse induite par les corticomies », 2015.

Une réduction des déhiscences radiculaires des incisives mandibulaires étaient retrouvées en fin de traitement. Cependant cela est aussi dû au repositionnement incisif permis par l'avulsions des prémolaires.

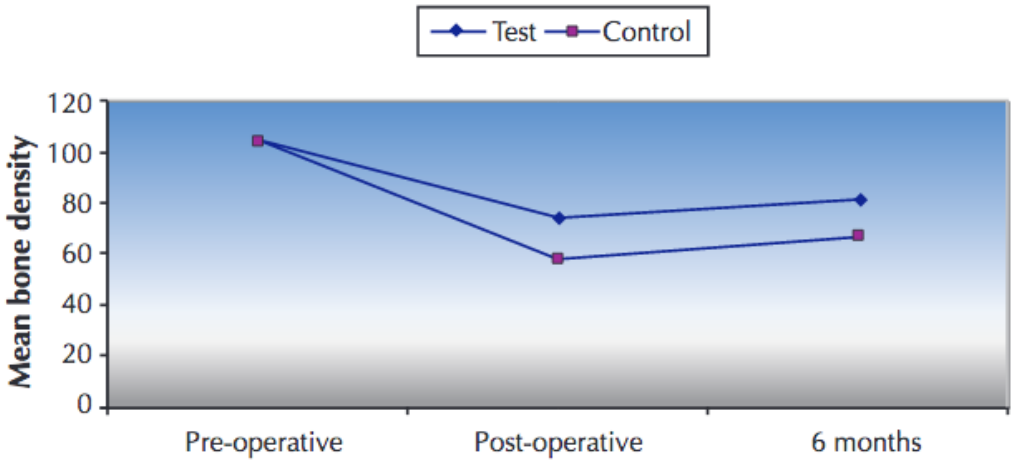
Bien évidemment ces rapports de cas ne suffisent pas affirmer le potentiel ostéogénique des corticotomies alvéolaires, mais ils ouvrent le débat et des études plus poussées sont nécessaires.

En 2012[73], une étude a cherché à comparer l'évolution de la densité osseuse en début et fin de traitement, ainsi qu'à six mois de contention, entre un groupe traité par orthodontie conventionnelle et un par orthodontie assistée par corticotomies alvéolaires, sans greffe. A six mois post débaguage, la perte de densité osseuse était moindre dans le groupe avec corticotomies (21,8% vs 37,2%). Bien que

[73] Shoreibah et al., « Corticotomy-facilitated orthodontics in adults using a further modified technique ».

cette différence ne soit pas statistiquement significative, elle pose la question d'une possible ostéogénèse induite par cette chirurgie.

Figure 35 : Evolution de la densité osseuse dans les deux groupes au cours du temps



Source : Shoreibah, « Corticotomy facilitated orthodontics in adult using a further modified technique », 2012.

2.2.2. Impact du protocole des corticotomies alvéolaires sans comblement osseux sur les tissus mous parodontaux

Une étude de 2018[74] a cherché à évaluer les effets d'un traitement orthodontique assisté par corticotomies, sans adjonction de greffe osseuse, sur la santé clinique des tissus mous parodontaux. Pour cela, vingt patients avec une dysharmonie du sens transversal par insuffisance maxillaire ont été recrutés. Un examen parodontal était réalisé avant le traitement mais aussi trois, six, neuf et douze mois après la chirurgie.

De nombreux paramètres parodontaux étaient étudiés : profondeur de poche, niveau d'attache, indice de plaque, indice de saignement, largeur et hauteur des papilles et des récessions, biotype et hauteur de gencive kératinisée.

Les résultats révélaient le rôle protecteur de ce traitement sur les tissus mous. En effet outre une diminution de la profondeur de sondage, nous retrouvons une augmentation de l'épaisseur et de la hauteur des tissus mous alors que de l'expansion maxillaire a été réalisée.

Tableau 4 : Impact des corticotomies sur les paramètres parodontaux

[74] Magdalena S. et al., « Assessment of the effect of the corticotomy-assisted orthodontic treatment on the maxillary periodontal tissue in patients with malocclusions with transverse maxillary deficiency : a case series ».

Table 3 Biotype, papilla width (PW), papilla height (PH), gingival recession (GR), recession width (RW) and keratinized tissue (KT) before and after orthodontic treatment

Parameter	[mm]	Time of observation [months]		Difference between baseline and 12 months post-op	p-value (Friedman ANOVA)	Mean diff. (95% CI) between baseline and 12 months post-op
Biotype	x ± SD	Baseline	1.71 ± 0.52	+0.32 mm	$p < 0.0001$	0.07 (0.26, 0.93)
		3	1.95 ± 0.54			
		6	1.89 ± 0.56			
		9	1.94 ± 0.59			
		12	2.03 ± 0.47			
PW	x ± SD	Baseline	3.75 ± 0.92	−0.21 mm	NS	0.29 (−1.11, −0.59)
		3	3.60 ± 1.17			
		6	3.77 ± 0.95			
		9	3.80 ± 1.13			
		12	3.54 ± 1.50			
PH	x ± SD	Baseline	4.82 ± 1.16	−0.82 mm	$p < 0.0001$	0.26 (−0.47, 0.05)
		3	4.16 ± 1.23			
		6	4.52 ± 0.85			
		9	4.51 ± 1.14			
		12	4.00 ± 1.60			
GR	x ± SD	Baseline	0.13 ± 0.47	−0.06 mm	NS	0.05 (−0.11, −0.01)
		3	0.09 ± 0.39			
		6	0.08 ± 0.34			
		9	0.09 ± 0.36			
		12	0.07 ± 0.32			
RW	x ± SD	Baseline	0.21 ± 0.75	−0.11 mm	NS	0.08 (−0.20, −0.03)
		3	0.17 ± 0.65			
		6	0.16 ± 0.66			
		9	0.14 ± 0.61			
		12	0.10 ± 0.49			
KT	x ± SD	Baseline	5.02 ± 1.79	−0.10 mm	$p = 0.0039$	0.17 (−0.07, 0.27)
		3	5.21 ± 1.65			
		6	5.08 ± 1.75			
		9	5.12 ± 1.83			
		12	5.12 ± 1.78			

x ± SD mean values and standard deviation
Mean diff. mean difference
CI Confidence interval

Gencive à 12 mois :

- +0,32 mm en épaisseur
- +0,1 mm en hauteur

Source : Sulewska, « Assessment of the effect of the corticotomy assisted orthodontic treatment on the maxillary periodontal tissue in patients with malocclusions with transverse maxillary deficiency : a case series », 2018.

Par ailleurs, aucune nouvelle récession parodontale n'est apparue au cours du traitement. Plus encore, sur les douze récessions préexistantes en début de traitement, cinq ont disparu et trois ont été réduite de 1 mm.

Ainsi l'ensemble de ces résultats laisse supposer le rôle protecteur des corticotomies alvéolaires sur les tissus mous, mais soutient aussi l'hypothèse du potentiel ostéogénique de cette chirurgie.

Charavet[75] s'est elle aussi intéressée à l'impact des corticotomies alvéolaires sur les paramètres parodontaux. Elle a mené un essai contrôlé randomisé, avec un groupe contrôle traité par orthodontie conventionnelle et un groupe expérimental traité avec un traitement d'orthodontie combiné aux corticotomies alvéolaires par piezocision et sans apport osseux.

Chez la plupart des patients, les paramètres parodontaux sont restés stables dans les deux groupes en fin de traitement. Toutefois chez deux patients du groupe contrôle et un patient du groupe expérimental, il a été noté l'aggravation d'une récession préexistante en début de traitement.

[75] Charavet et al., « Localized piezoelectric alveolar decortication for orthodontic treatment in adults : a randomized controlled trial ».

Des scans 3D ont été réalisés en début et fin de traitement pour l'ensemble des patients, mais aucun potentiel ostéogénique de la piezocision n'a été démontré ici.

2.3. Augmentation de la stabilité

Wilcko affirme en s'appuyant sur les travaux de Rothe que la faible épaisseur alvéolaire est un facteur de risque de la récidive orthodontique. Ainsi, l'augmentation du volume osseux alvéolaire, qu'elle soit dûe au comblement osseux (pour le protocole de PAOO) ou au potentiel ostéogénique supposé des corticotomies alvéolaires, améliorerait la stabilité de nos traitements.

2.3.1. Protocole de recherche de Rothe

En 2006, Rothe a publié une étude[76] ayant pour but d'établir une possible corrélation entre la qualité/quantité d'os et le risque de récidive orthodontique.
Il a mesuré l'indice d'irrégularité incisif après dix ans de contention. Un premier groupe « récidive » avec un indice > 6 mm était composé de 60 patients, et un groupe « stable » avec un indice < 3,5 mm était composé de 263 patients.
L'épaisseur de la corticale mandibulaire était ensuite mesurée sur la panoramique dentaire et la téléradiographie de profil (de début, de fin de traitement et à plus de 10 ans de contention), et la qualité de l'os était établie à partir de radiographies péri-apicales des incisives mandibulaires.
Comme supposé, l'épaisseur de la corticale mandibulaire était statistiquement moindre dans le groupe « récidive » par apport au groupe « stable », avec un risque de récidive divisé de moitié pour un 1mm de corticale supplémentaire. Les auteurs ne retrouvaient pas de différence statistiquement significative au niveau de la structure de l'os trabéculaire entre les deux groupes.
Cela laisse supposer que les patients avec une corticale mandibulaire plus mince présentent un risque de récidive augmenté. Il faut cependant préciser que l'indice moyen d'irrégularité incisif en pré traitement (14,5 vs 12,5) était supérieur dans le groupe récidive.

2.3.2. Comparaison de la stabilité des traitements avec et sans corticotomies alvéolaires

Nazarov s'est intéressé à l'évolution de la stabilité des traitements orthodontiques avec et sans protocole de PAOO[77]. Il a établi pour cela deux groupes de vingt-huit patients, ayant tous deux fait l'objet d'un traitement d'orthodontie, sans extractions dentaires et avec un dispositif de contention

[76] Rothe et al., « Trabecular and cortical bone as risk factors for orthodontic relapse ».
[77] Ferguson et al., « Posttreatment and retention outcomes with and without periodontally accelerated osteogenic orthodontics assessed using abo objective grading system ».

amovible (même impératifs de port), mais dont l'un a en plus bénéficié de corticotomies alvéolaires associées à un comblement osseux.

En fin de traitement, le résultat orthodontique obtenu était comparable dans les deux groupes (score total de 30,93 vs 29,82). Mais, au cours de la période de contention cinq des huit critères OGS (Objective Grading System) étaient améliorés dans le groupe sans corticotomies contre six pour le groupe avec corticotomies. Plus encore, en période de contention le score était inférieur (donc meilleur) dans le groupe avec PAOO pour l'alignement (1,7 vs 3,7), les crêtes marginales (3,25 vs 4,86) ainsi que pour le score total (21,79 vs 27,21).

Tableau 5 : Évolution des critères ABO des deux groupes

Table 2: Intra-group posttreatment and retention score means were compared for each study group using paired *t*-test

OGS criteria	Conventional			Corticotomy		
	Posttreatment (mean)	Retention (mean)	*P* significant	Posttreatment (mean)	Retention (mean)	*P* significant
Alignment	3.32	3.79	NS	2.43	1.71	0.045
Occlusal contact	3.25	1.96	0.004	3.57	1.71	0.000
Marginal ridges	5.86	4.86	0.034	5.00	3.25	0.000
AP relationship	2.75	2.93	NS	2.93	2.21	NS
Buccolingual inclinations	6.61	6.25	NS	6.64	6.14	NS
Overjet	2.89	3.36	NS	3.14	2.68	NS
Interproximal contact	1.07	0.46	0.010	0.57	0.11	0.010
Root angulation	4.68	3.50	0.000	5.54	3.96	0.000
Total score	30.43	27.11	0.005	29.82	21.79	0.000

Note that scores significantly improved for 5 conventional group criteria and 6 corticotomy group criteria. OGS – Objective grading system; AP – Anteroposterior; NS – not significant (*P*>0.05)

Source : Nazarov, « Posttreatment and retention outcomes with and without periodontally accelerated osteogenic orthodontics assessed using ABO objective grading system », 2018.

Tout ceci laisse présumer, que la phase de contention est plus favorable dans le groupe avec corticotomies alvéolaires. Nazarov explique ceci par l'augmentation de l'épaisseur de la corticale osseuse d'une part, et d'autre part par le turn over accru déclenché par cette chirurgie, induisant une perte totale ou partielle de la mémoire tissulaire parodontale.

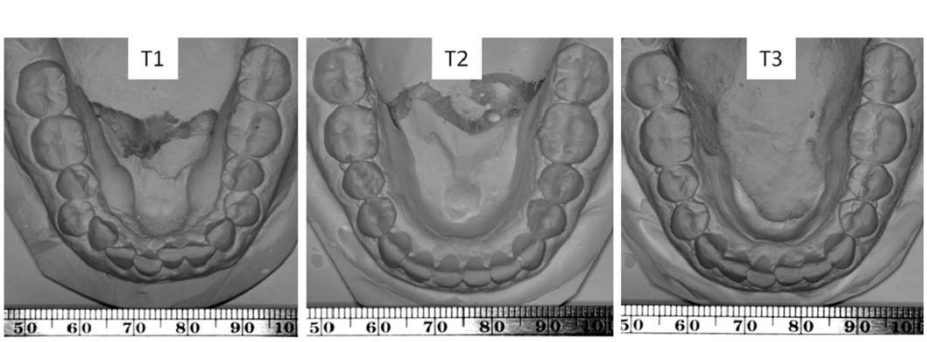
O'hara[78] a lui aussi comparé la stabilité des résultats avec et sans PAOO dans le cadre de traitements sans extractions en utilisant les huit critères de l'OGS. Après évaluation des moulages et des radiographies selon ces critères, il a retrouvé une homogénéité de l'ensemble des groupes pour les cinq sous-critères de l'alignement en début et fin de traitement. Cependant au cours de la période de

[78] O'Hara, P. 2005. Orthodontic treatment and retention outcomes with and without PAY and fixed retainers. Master's thesis in orthodontics, Boston University}

contention, une récidive de l'encombrement était retrouvée uniquement dans les groupes sans PAOO, que la contention choisie soit fixe ou amovible.

En 2014[79] une nouvelle étude a corroboré les résultats précédents, avec cette fois une durée de suivi de contention de cinq ans environ. Pour cela deux groupes étaient établis : un groupe expérimental de trente-trois patients ayant bénéficié d'un traitement d'orthodontie associé à des corticotomies augmentées et un groupe contrôle de douze patients avec un traitement d'orthodontie conventionnel. L'indice d'irrégularité était mesuré sur les moulages de début, de fin de traitement et à cinq ans de contention.

Figure 36 : Modèles mandibulaires en pré, post traitement et à cinq ans de contention



Source : Ferguson, « Stability of the mandibular dental arch following PAOO therapy: Preliminary studies », 2014.

Sur les moulages de début et de fin de traitement, les auteurs ne retrouvaient pas de différence statistiquement significative pour l'indice d'irrégularité entre les deux groupes. Mais après cinq ans de contention il avait augmenté dans le groupe contrôle (1,6 vs 4), alors qu'il ne présentait pas de changement statistiquement significatif dans le groupe avec PAOO (1,1 vs 1,5). Cela laisse donc supposer un bénéfice des corticotomies sur la stabilité du traitement à long terme.

[79] Ferguson et al., « Stability of the mandibular dental arch following periodontally accelerated osteogenic orthodontics therapy : preliminary studies ».

Tableau 6 : Évolution des valeurs dans les groupes test et témoins

	PAOO (n = 33)				*Non-Corticotomy (n = 12)*				
Parameters	*Mean*	*SD*	*Min*	*Max*	*Mean*	*SD*	*Min*	*Max*	***P** value*
Irregularity Index1	9.8	3.1	4.7	18.8	7.9	2.5	4.1	12.8	0.06
Irregularity Index2	1.1	0.5	0.3	2.3	1.6	1.1	0.6	4.5	0.04
Irregularity Index3	1.5	1.1	0.3	4.7	4.0	1.4	2.1	6.0	0.00
Intercanine width1	24.2	2.6	20.2	29.2	24.6	2.5	19.3	28.5	0.62
Intercanine width2	26.2	1.8	23.0	30.6	25.3	2.2	22.0	28.7	0.14
Intercanine width3	26.7	1.4	24.1	30.1	25.5	1.8	23.5	30.2	0.03
Intermolar width1	39.1	3.3	32.8	45.8	39.1	5.3	31.7	50.3	0.95
Intermolar width2	40.2	3.2	35.2	46.4	38.2	3.3	33.6	42.4	0.07
Intermolar width3	42.2	3.1	35.4	48.3	39.0	3.2	33.0	45.5	0.01
Months retention	59.1	19.4	27	101	48.5	13.1	32	70	0.08

Source : Ferguson, « Stability of the mandibular dental arch following PAOO therapy : preliminary studies », 2014.

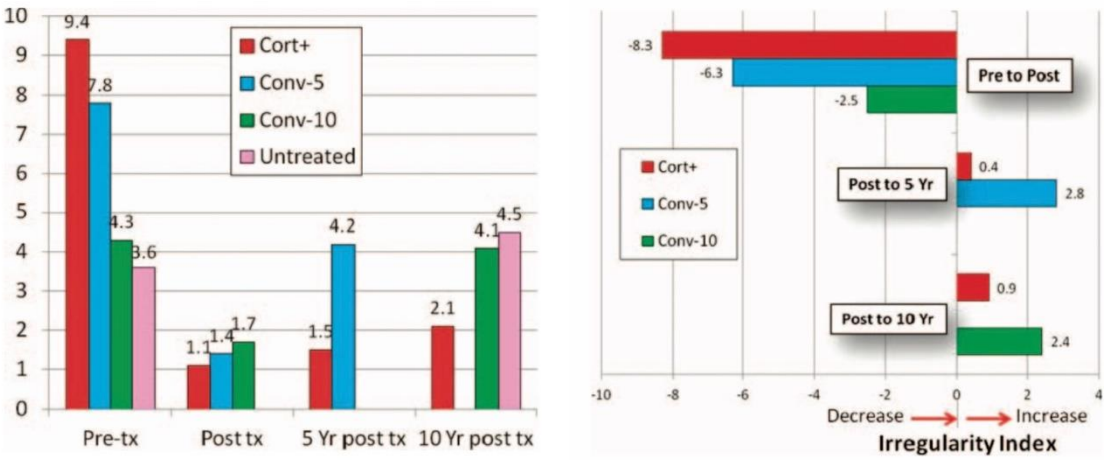
Un autre article[80] avec un suivi de dix ans appuie également cette hypothèse. Le protocole consistait à suivre et comparer l'évolution de l'indice d'irrégularité mandibulaire de quatre groupes :

- Groupe 1 : composé en début et fin de traitement de 43 patients avec orthodontie combinée au protocole de PAOO, puis 39 patients pour le suivi à 5 ans et 22 à 10 ans.
- Groupe 2 : composé de 23 patients traités par orthodontie conventionnelle avec un suivi de 5 ans post-traitement.
- Groupe 3 : comprenant 55 patients traités par orthodontie conventionnelle avec un suivi de dix ans.
- Groupe 4 : 15 patients non traités orthodontiquement, avec un suivi de 10 ans.

En fin de traitement, aucune différence statistiquement significative n'a été trouvée entre les différents échantillons. Cependant à long terme, l'évolution de l'indice d'irrégularité était bien plus favorable dans le groupe avec PAOO. En effet celui-ci augmentait de manière significative dans le groupe 2 (1,4 vs 4,2) et le groupe 3 (1,7 vs 4,1) alors qu'il s'est avéré beaucoup plus stable dans le groupe 1 (1,1 vs 1,5 vs 2,1), d'autant plus que l'indice d'irrégularité en pré-traitement était plus élevé dans celui-ci.

[80] Makki et al., « Mandibular irregularity index stability following alveolar corticotomy and grafting : a 10-year preliminary study ».

Figure 37 : Diagramme montrant la différence d'évolution de l'indice d'irrégularité entre les groupes



Source : Ferguson et Makki, « Mandibular irregularity index stability following alveolar corticotomy and grafting: a 10-year preliminary study », 2015.

Ainsi, bien que cette étude soit limitée par les différences d'âges et de tailles des échantillons, elle nous montre que la récidive semble considérablement moindre dans le groupe avec corticotomies augmentées.

Enfin, ces études se sont essentiellement focalisées sur la récidive de l'encombrement antérieur mandibulaire, mais tout laisse penser que les corticotomies alvéolaires permettent une meilleure stabilité de l'ensemble de nos mouvements orthodontiques, notamment transversaux, grâce à l'augmentation de l'épaisseur alvéolaire et de la perte de mémoire des tissus parodontaux adjacents.

Conclusion

Les insuffisances transversales du maxillaire constituent une malocclusion non peu fréquemment rencontré en consultation chez nos patients adultes. Elle se traduit par un inversé d'articulé uni ou bilatérale source d'une demande de traitement à la fois fonctionnelle et esthétique.
Dans les cas situés à la limite d'une indication de chirurgie orthognatique, l'expansion assisté par corticotomies alvéolaires peut s'avérer un arsenal thérapeutique de choix en orthodontie. En effet comme nous l'avons pu développer dans cette thèse, ce protocole permet d'accélérer les déplacements dentaires, d'élargir l'enveloppe des mouvements réalisables, d'assurer une meilleure stabilité du résultat obtenu mais aussi un renforcement des tissus mous et durs parodontaux indispensable à la vue du mouvement dentaire réalisé. Ainsi il nous offre ainsi de nouvelles perspectives de traitements pour des malocclusions pouvant être autrefois solutionné uniquement par orthodontie combinée à la chirurgie orthognatique.

L'expérience clinique a permis d'observer un succès prévisible de ce protocole avec une expansion bilatérale de 5 mm, toutefois la réalisation d'un Cone Beam reste indiquée en prétraitement afin de visualiser le contexte osseux et de s'assurer de la bonne indication de ce choix de traitement, de la nécessité ou non de comblement osseux dans le cas de PAOO et de la visualisation des structures adjacentes dans le cas de chirurgie mini-invasive.
Par ailleurs le protocole de PAOO fait aujourd'hui débat dans la littérature, en effet des auteurs estiment que le résultat positif des corticotomies alvéolaire sur le parodonte ne serait pas dû à l'adjonction de comblement osseux mais au potentiel ostéogénique supposé de cette chirurgie. Toutefois des études supplémentaires sont nécessaires pour vérifier cette théorie, un protocole d'étude a notamment été mis en place au sein de l'hôpital Bretonneau sous l'acronyme de CASTOR pour tenter d'y répondre.

Bibliographie

Al-Naoum, F., M.Y. Hajeer, et A. Al-Jundi. « Does alveolar corticotomy accelerate orthodontic tooth movement when retracting upper canines ? : a split-mouth design randomized controlled trial ». *Journal of oral and maxillofacial surgery* 72, nº 10 (2014): 1880-89. https://doi.org/10.1016/j.joms.2014.05.003.

Araújo, M. G., D. Carmagnola, T. Berglundh, B. Thilander, et J. Lindhe. « Orthodontic movement in bone defects augmented with bio-oss® : an experimental study in dogs ». *Journal of clinical periodontology* 28, nº 1 (2001): 73-80. https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2001.280111.x.

Baloul, S., L. C. Gerstenfeld, E. F. Morgan, R. S. Carvalho, T. E. Van Dyke, et A. Kantarci. « Mechanism of action and morphologic changes in the alveolar bone in response to selective alveolar decortication–facilitated tooth movement ». *American journal of orthodontics & dentofacial orthopedics* 139, nº 4 (2011): S83-101. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2010.09.026.

Bare-Welchel, B., P.M. Campbell, M. Gonzalez, et P.H. Buschang. « Effects of bone grafting, performed with corticotomies and buccal tooth movements, on dehiscence formation in dogs ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 151, nº 6 (2017): 1034-47. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.10.033.

Bockow, R. « Treatment planning with corticotomy-facilitated orthodontics ». *Seminars in orthodontics* 20, nº 3 (2014): 228-38. https://doi.org/10.1053/j.sodo.2014.06.003.

Brugnami, F., A. Caiazzo, et P. Mehra. « Can corticotomy (with or without bone grafting) expand the limits of safe orthodontic therapy ? » *Journal of oral biology and craniofacial research* 8, nº 1 (2018): 1-6. https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2017.11.001.

Cassetta, M., F. Altieri, et E. Barbato. « The combined use of corticotomy and clear aligners : a case report ». *The Angle orthodontist* 86, nº 5 (2016): 862-70. https://doi.org/10.2319/091115-617.1.

Cassetta, M., S. Di Carlo, M. Giansanti, V. Pompa, G. Pompa, et E. Barbato. « The impact of osteotomy technique for corticotomy-assisted orthodontic treatment (CAOT) on oral health-related quality of life ». *European review for medical and pharmacological sciences* 16, nº 12 (2012): 1735-40.

Charavet, C., F. Lambert, G. Lecloux, et M. Le Gall. « Traitement orthodontique accéléré par corticotomies : quelles sont les alternatives minimalement invasives ? » *L'orthodontie française* 90, nº 1 (2019): 5. https://doi.org/10.1051/orthodfr/2019002.

Charavet, C., G. Lecloux, A. Bruwier, E. Rompen, N. Maes, M. Limme, et F. Lambert. « Localized piezoelectric alveolar decortication for orthodontic treatment in adults : a randomized controlled trial ». *Journal of dental research* 95, nº 9 (2016): 1003-9. https://doi.org/10.1177/0022034516645066.

Charavet, C., G. Lecloux, N. Jackers, N. Maes, et F. Lambert. « Patient-reported outcomes measures (proms) following a piezocision-assisted versus conventional orthodontic treatments : a randomized controlled trial in adults ». *Clinical oral investigations* 23, nº 12 (2019): 4355–4363. https://doi.org/10.1007/s00784-019-02887-z.

Charrier, J.-B., F. B. Bryon, E. Racy, M. Steve, J.-P. Monteil, et S. Bobin. « Traitement orthodontique accéléré par corticotomies alvéolaires chirurgicales chez l'adulte ». *International orthodontics* 6, nº 4 (2008): 355-73. https://doi.org/10.1016/S1761-7227(08)74952-0.

Echchadi, M. E., B. Benchikh, M. Bellamine, et S.-H. Kim. « Corticotomy-assisted rapid maxillary expansion : a novel approach with a 3-year follow-up ». *American journal of orthodontics*

and dentofacial orthopedics 148, nº 1 (2015): 138-53. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.08.023.

Ferguson, D. J., I. Machado, M.T. Wilcko, et W. M. Wilcko. « Root resorption following periodontally accelerated osteogenic orthodontics ». *APOS trends in orthodontics* 6, nº 2 (2016): 78. https://doi.org/10.4103/2321-1407.177961.

Ferguson, D. J., L. Makki, R. Stapelberg, M. T. Wilcko, et W. M. Wilcko. « Stability of the mandibular dental arch following periodontally accelerated osteogenic orthodontics therapy : preliminary studies ». *Seminars in orthodontics* 20, nº 3 (2014): 239-46. https://doi.org/10.1053/j.sodo.2014.06.005.

Ferguson, D. J., A. D. Nazarov, L. Makki, M. T. Wilcko, et W. M. Wilcko. « Posttreatment and retention outcomes with and without periodontally accelerated osteogenic orthodontics assessed using abo objective grading system ». *APOS trends in orthodontics* 6, nº 4 (2016): 194-99.

Ferguson, D. J., M. T. Wilcko, W. M. Wilcko, et L Makki. « Scope of treatment with periodontally accelerated osteogenic orthodontics therapy ». *Seminars in orthodontics* 21, nº 3 (2015): 176-86. https://doi.org/10.1053/j.sodo.2015.06.004.

Ferguson, D. J., M. T. Wilcko, W. M. Wilcko, et M. G. Marquez. « The contribution of periodontics to orthodontic therapy ». In *Practical advanced periodontal surgery*, par S. Dibart, 23-50. Ames: Blackwell Munksgaard, 2007.

Frost, H. M. « The biology of fracture healing : an overview for clinicians (part. I & part. II) ». *Clinical orthopaedics & related research*, nº 248 (1989): 283-309.

Gantes, B., E. Rathbun, et M. Anholm. « Effects on the periodontium following corticotomy-facilitated orthodontics : case reports ». *Journal of periodontology* 61, nº 4 (1990): 234-38. https://doi.org/10.1902/jop.1990.61.4.234.

Gellee, T., E. Ouadi, A.-L. Ejeil, et N. Moreau. « Au-delà de l'accélération du déplacement dentaire : autres effets des corticotomies alvéolaires d'intérêt en pratique orthodontique quotidienne. » *Revue d'orthopédie dento-faciale* 52, nº 1 (2018): 93-100. https://doi.org/10.1051/odf/2017049.

Gil, A. P. S., Jr O.L. Haas, I. Méndez-Manjón, J. Masiá-Gridilla, A. Valls-Ontañón, F. Hernández-Alfaro, et R. Guijarro-Martínez. « Alveolar corticotomies for accelerated orthodontics : a systematic review ». *Journal of cranio-maxillo-facial surgery* 46, nº 3 (2018): 438-45. https://doi.org/10.1016/j.jcms.2017.12.030.

Hassan, A. H., A. T. AlGhamdi, A. A. Al-Fraidi, A. Al-Hubail, et M. K. Hajrassy. « Unilateral cross bite treated by corticotomy-assisted expansion : two case reports ». *Head & face medicine* 6 (2010): 6. https://doi.org/10.1186/1746-160X-6-6.

Köle, H. « Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities ». *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology* 12, nº 4 (1959): 413-20. https://doi.org/10.1016/0030-4220(59)90051-9.

Le, M., S. Lau, N. Ibrahim, A. Noor Hayaty, et Z. Radzi. « Adjunctive buccal and palatal corticotomy for adult maxillary expansion in an animal model ». *Korean journal of orthodontics* 48, nº 2 (2018): 98-106. https://doi.org/10.4041/kjod.2018.48.2.98.

Lee., D.-Y., H.-W. Ahn, Y. Herr, Y.-H. kwon, S.-H. Kim, et E.-C. Kim. « Periodontal responses to augmented corticotomy with collagen membrane application during orthodontic buccal tipping in dogs ». *Biomed research international*, 2014, 873918. https://doi.org/10.1155/2014/873918.

Lee, K.-B., D.-Y. Lee, H.-W. Ahn, E. C. Kim, S. H. Kim, et I. Roitman. « Tooth movement out of the bony wall using augmented corticotomy with nonautogenous graft materials for bone regeneration ». *Biomed research international*, 2014, 347508. https://doi.org/10.1155/2014/347508.

Lino, S., S. Sakoda, G. Ito, T. Nishimori, T. Ikeda, et S. Miyawaki. « Acceleration of orthodontic tooth movement by alveolar corticotomy in the dog ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 131, nº 4 (2007): 448.e1-448.e8. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.08.014.

Magdalena S., Ewa D., Beata B.-M., Emilia W.-S., Robert M., Jan K. Pietruski, E. Sajewicz, et M. Pietruska. « Assessment of the effect of the corticotomy-assisted orthodontic treatment on the maxillary periodontal tissue in patients with malocclusions with transverse maxillary deficiency : a case series ». *BMC oral health*, nº 1 (2018): 1. https://doi.org/10.1186/s12903-018-0625-0.

Makki, L., D. J. Ferguson, M.T. Wilcko, W.M. Wilcko, K. Bjerklin, R. Stapelberg, et A. Al-Mulla. « Mandibular irregularity index stability following alveolar corticotomy and grafting : a 10-year preliminary study ». *The Angle orthodontist* 85, nº 5 (2015): 743-49. https://doi.org/10.2319/061714-439.1.

Mathews, D. P., et V. G. Kokich. « Accelerating tooth movement : the case against corticotomy-induced orthodontics ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 144 (2013): 5-13. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2013.04.008.

Moreau, N., et J.-B. Charrier. « Corticotomies alvéolaires ». In *EMC Orthopédie dentofaciale*. 23-499-A-12. Elsevier Masson, 2017. http://sirius.parisdescartes.fr/login?url=http://www.em-premium.com/article/1139324.

———. « Formation osseuse et corticotomies à visée de facilitation métabolique : existe-t-il une ostéogénèse induite par les corticotomies alvéolaires ? » *L'orthodontie française* 86, nº 1 (2015): 113-20. https://doi.org/10.1051/orthodfr/2015001.

Oltramari, P. V. P., R. de Lima Navarro, J. F. C. Henriques, R. Taga, T. M. Cestari, D. S. Ceolin, G. Janson, et J. M. Granjeiro. « Orthodontic movement in bone defects filled with xenogenic graft : an experimental study in minipigs ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 131, nº 3 (2007): 302.e10-302.e17. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.07.020.

Rothe, L. E., A.-M. Bollen, R. M. Little, S. W. Herring, J. B. Chaison, C. S.-K. Chen, et L. G. Hollender. « Trabecular and cortical bone as risk factors for orthodontic relapse ». *American journal of orthodontics & dentofacial orthopedics* 130, nº 4 (2006): 476-84. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2005.03.023.

Sebaoun, J.-D., A. Kantarci, J.W. Turner, R. S. Carvalho, T. E. Van Dyke, et D. J. Ferguson. « Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats ». *Journal of periodontology* 79, nº 9 (2008): 1679-88. https://doi.org/10.1902/jop.2008.080024.

Sebaoun, J.-D. M., D.J. Ferguson, M. T. Wilcko, et W. M. Wilcko. « Corticotomie alvéolaire et traitements orthodontiques rapides ». *L'orthodontie française* 78, nº 3 (2007): 217-25. https://doi.org/10.1051/orthodfr:2007025.

Sebaoun, J.-D. M., J. Surmenian, et S. Dibart. « Traitements orthodontiques accélérés par piézocision : une alternative mini-invasive aux corticotomies alvéolaires ». *L'orthodontie française* 82, nº 4 (2011): 311-19. https://doi.org/10.1051/orthodfr/2011142.

Sebaoun, J-D., J. Surmenian, D.-J. Ferguson, et S. Dibart. « Accélération du mouvement dentaire orthodontique suite à une décortication alvéolaire sélective : justification biologique et résultat d'une technique novatrice d'ingénierie tissulaire ». *International orthodontics* 6, nº 3 (2008): 235-49. https://doi.org/10.1016/S1761-7227(08)75161-1.

Seifi, M., et S. A. Ghoraishian. « Determination of orthodontic tooth movement and tissue reaction following demineralized freeze-dried bone allograft grafting intervention ». *Dental research journal* 9, nº 2 (2012): 203-8. https://doi.org/10.4103/1735-3327.95237.

Shmuel E., J. Horwitz, et D. Aizenbud. « Wilckodontics, an alternative adult orthodontic treatment method : rational and application ». *Alpha omegan* 104, nº 3-4 (2011): 102-11.

Shoreibah, E. A., A. E. Salama, M. S. Attia, et S. M. A.-M. Abu-Seida. « Corticotomy-facilitated orthodontics in adults using a further modified technique ». *Journal of the international academy of periodontology* 14, n° 4 (2012): 97-104.

Silva-Coll, J., R. Hernández-Orsini, et C.-W. Wang. « Corticotomy-assisted adult rapid maxillary arch expansion and ridge augmentation : an interdisciplinary case report with 7-year follow-up ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 156, n° 2 (2019): 266-74. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2018.02.018.

Thierry, M. « Orthodontie accélérée par corticotomies alvéolaires : intérêt clinique et évaluation tomographique de l'impact sur le volume osseux ». Mémoire CECSMO, Université Paris Descartes, 2009.

Thierry, M., et J.-B. Charrier. « Les corticotomies alvéolaires : principes et applications cliniques ». *International orthodontics* 6, n° 4 (2008): 343-54. https://doi.org/10.1016/S1761-7227(08)74951-9.

Wang, L., W. Lee, D-l. Lei, Y.-p. Liu, D.-D. Yamashita, et S. L. -K. Yen. « Tisssue responses in corticotomy and osteotomy assisted tooth movements in rats : histology and immunostaining ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 136, n° 6 (2009): 770.e1-770.e11. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.05.015.

Wennström, J. L. « Mucogingival therapy ». *Annals of periodontology* 1, n° 1 (1996): 31. https://doi.org/10.1902/annals.1996.1.1.671.

Wilcko, M. T., W. M. Wilcko, et N. F. Bissada. « An evidence-based analysis of periodontally accelerated orthodontic and osteogenic techniques : a synthesis of scientific perspectives ». *Seminars in orthodontics* 14, n° 4 (2008): 305-16. https://doi.org/10.1053/j.sodo.2008.07.007.

Wilcko, T., D. Ferguson, L. Makki, et W. M Wilcko. « Keratinized gingiva height increases after alveolar corticotomy and augmentation bone grafting ». *Journal of periodontology* 86 (2015): 1-14. https://doi.org/10.1902/jop.2015.150074.

Wilcko, W. M., M. T. Wilcko, J. E. Bouquot, et D. J. Ferguson. « Rapid orthodontics with alveolar reshaping : two case reports of decrowding ». *International journal of periodontics & restorative dentistry* 21, n° 1 (2001): 1-11.

Wilcko, W.M., D. Ferguson, J. Bouquot, et T. Wilcko. « Rapid orthodontic decrowding with alveolar augmentation : case report ». *World journal of orthodontics* 4, n° 3 (2003): 197-205.

Yaffe, A., N. Fine, et I. Binderman. « Regional accelerated phenomenon in the mandible following mucoperiosteal flap surgery ». *Journal of periodontology* 65, n° 1 (1994): 79-83. https://doi.org/10.1902/jop.1994.65.1.79.

Zawawi, K. H. « Patients' acceptance of corticotomy-assisted orthodontics ». *Patient preference and adherence* 9 (2015): 1153-58. https://doi.org/10.2147/PPA.S89095.

Table des figures

Figure 1 : Schéma de décortication alvéolaire selon H. Köle 6
Figure 2 : Scanner surfacique de patient traité par corticotomies alvéolaires sans greffe osseuse 7
Figure 3 : Schéma du dispositif orthodontique employé chez le chien dans l'étude de Lino 9
Figure 4 : Nombre d'ostéoclastes au niveau de la paroi alvéolaire en fonction du temps chez les chiens de l'expérience de Lino 11
Figure 5 : Nombre d'ostéoclastes et pré-ostéoclastes au niveau de l'os médullaire 11
Figure 6 : Décompte des ostéoclastes et pré-ostéoclastes à 3, 7 et 11 semaines au niveau du LDA des premières et troisièmes molaires droite et gauche de l'étude de Sebaoun 12
Figure 7 : Apposition osseuse en fonction du temps au niveau de la première molaire maxillaire chez Sebaoun 13
Figure 8 : Nombre d'ostéoclastes par mm d'os trabéculaire 14
Figure 9 : Étude de Sebaoun sur le rat 15
Figure 10 : Analyse histologique de la réponse tissulaire de l'étude de Sebaoun représentant la surface respective du LDA et de l'os médullaire au niveau de la racine de la première molaire maxillaire en fonction du temps 15
Figure 11 : Vitesse de déplacement dentaire avec et sans corticotomies de l'étude de Lino 16
Figure 12 : Schéma du concept biologique du déplacement dentaire accéléré par corticotomies ou par piézocision 17
Figure 13 : Étude de Lino : Comparaison de la vitesse du mouvement dentaire entre le groupe avec corticotomies et le groupe témoin entre T0-T1, T1-T2 et T2-T4 18
Figure 14 : Résultats des analyses de Faxitron® du Dr Baloul pour la vitesse et taux de mouvement 19
Figure 15 : Enveloppe des mouvements réalisables avec et sans corticotomies alvéolaires 20
Figure 16 : Documents du bilan pré-orthodontique (photographies) 24
Figure 17 : Documents du bilan pré-orthodontique (radiographies) 25
Figure 18 : Photographies durant le traitement 26
Figure 19 : Photographies de fin de traitement 26
Figure 20 : Radiographies de fin de traitement 27
Figure 21 : Exemple de saignées corticales 29
Figure 22 : Illustration du comblement osseux dans le protocole de PAOO 30
Figure 23 : Exemple d'arcade en V 33
Figure 24 : Illustration du protocole mini-invasive par Dibart 36

Figure 25 : Limites des mouvements orthodontiques suggérés par Proffit 40
Figure 26 : Scanner surfacique de patient traité par corticotomies alvéolaires mais sans greffe osseuse 41
Figure 27 : Patients traités par corticotomies alvéolaires et comblement osseux 42
Figure 28 : Photos de prétraitement 43
Figure 29 : Photos de fin de traitement 43
Figure 30 : Exemple de coupe étudiée 44
Figure 31 : Photographie en cours de traitement 46
Figure 32 : Schéma expérimental 49
Figure 33 : Comparaison des images de CBCT de début et de fin de traitement 51
Figure 34 : Comparaison des coupes de CBCT 52
Figure 35 : Evolution de la densité osseuse dans les deux groupes au cours du temps 53
Figure 36 : Modèles mandibulaires en pré, post traitement et à cinq ans de contention 57
Figure 37 : Diagramme montrant la différence d'évolution de l'indice d'irrégularité entre les groupes 59

Table des tableaux

Tableau 1 : Reprise des indications des corticotomies alvéolaires selon la littérature 22
Tableau 2 : Tableau de valeur de l'épaisseur alvéolaire aux différents points étudiés dans les deux groupes..... 45
Tableau 3 : Tableau montrant l'évolution de la hauteur de la gencive kératinisée dans les deux groupes 48
Tableau 4 : Impact des corticotomies sur les paramètres parodontaux..... 53
Tableau 5 : Évolution des critères ABO des deux groupes 56
Tableau 6 : Évolution des valeurs dans les groupes test et témoins..... 58

Vu, le Directeur de thèse

Docteur Christophe DUNGLAS

Vu, le Doyen de la Faculté de Chirurgie dentaire
de l'Université Paris Descartes

Professeur Louis MAMAN

Au nom et pour le compte de l'administratrice
provisoire de l'Université Paris Descartes,

Le Doyen Louis MAMAN

L'apport des corticotomies dans la prise en charge des dysharmonies du sens transversal par insuffisance maxillaire légère à modérée chez le patient adulte

Résumé :

Les insuffisances transversales du maxillaire correspondent à une malocclusion fréquemment rencontré chez nos patients. Elles sont responsables d'un sourire étroit et d'une occlusion pathogène, source d'une demande de traitement à la fois esthétique et fonctionnelle de leur part. Avec l'essor de techniques chirurgicales tel que les corticotomies alvéolaires, il nous est aujourd'hui possible de proposer à nos patients squelettiquement matures une alternative à la chirurgie orthognatique dans la prise en charge d'une dysharmonie transversale par insuffisance maxillaire légère à modérée. Il s'agit alors de combiner orthodontie conventionnelle et scarifications alvéolaires, qui consiste en une lésion contrôlée de la corticale osseuse facilitant les déplacements dentaires à ce niveau, nous parlons alors d'expansion assisté par corticotomies. Dans cette revue narrative de littérature nous allons dans une première partie, après avoir rappelé les mécanismes biologiques sous-jacent à une telle chirurgie, expliquer les critères de sélection du patient et les protocoles chirurgical et orthodontique qu'implique un tel protocole. Ensuite, dans une seconde partie nous discuterons de l'intérêt parodontale d'une telle procédure avec ou sans greffe osseuse et de l'impact que cela aura sur la stabilité des résultats obtenus par nos traitements.

Discipline :

Orthopédie dento-faciale

Mots clés français (fMeSH et Rameau) :

Remodelage osseux -- Dissertation universitaire ; Reconstruction de crête alvéolaire -- Dissertation universitaire ; Chirurgie dentaire -- Thèses et écrits académiques ; Malocclusion dentaire -- Thèses et écrits académiques

English keywords (MeSH) :

Bone Remodeling -- Academic Dissertation ; Alveolar Ridge Augmentation -- Academic Dissertation

Université Paris Descartes

Faculté de Chirurgie dentaire

1, rue Maurice Arnoux

92120 Montrouge