

Accélérer les traitements orthodontiques

Combinés à un accélérateur, les aligneurs permettent un traitement offrant tous les avantages recherchés par les adultes en demande d'orthodontie.

L'activité orthodontique a subi une mutation considérable ces dernières années et une constante évolution liées à plusieurs paramètres essentiels :

- l'apport du numérique avec les empreintes optiques et le développement des simulations de traitement précises,
- l'accélération du mouvement dentaire provoqué,
- le confort et la discrétion des aligneurs.

La demande adulte est donc en pleine croissance et la combinaison de traitement Invisalign/Accelident apporte une solution remarquable.

I LE MOUVEMENT DENTAIRE PROVOQUÉ [1]

1 - Les phénomènes biologiques

Le déplacement dentaire est déterminé par des phénomènes bioélectriques et des phénomènes de pression.

EFFETS PRIMAIRES

Lorsque nous exerçons une force sur une dent, le déplacement immédiat provoque deux types de phénomènes qui vont déterminer le mouvement.

- Les contraintes subies par l'os alvéolaire génèrent des courants électriques (phénomène de piézoélectricité) qui modifient le métabolisme des cellules osseuses.
- Les compressions/extensions subies par les diverses zones du ligament engendrent des compressions des vaisseaux sanguins et extensions des fibres ligamentaires.

EFFETS À QUELQUES HEURES

Au bout de quelques heures, nous observons des signes de modifications

métaboliques (messagers chimiques, enzymes, etc.) et des différenciations cellulaires :

- activités ostéoblastiques inductrices d'appositions osseuses dans les zones d'extension,
- activités ostéoclastiques inductrices de résorption dans les zones de compression.

Le remaniement osseux commence.

EFFETS À PLUSIEURS JOURS

Lorsque la force est maintenue trois à cinq jours, le remaniement osseux devient observable : une néo-alvéole s'est formée et le même processus peut se répéter pour prolonger le déplacement initié.

2 - Les données numériques

RELATION FORCE/ MOUVEMENT

Le déplacement dentaire résulte du remaniement osseux, la vitesse de déplacement dentaire n'est donc liée *a priori* qu'au turn-over tissulaire, à la dynamique du métabolisme parodontal (ligamentaire et osseux).

LES SEUILS

En dessous d'un certain seuil de contrainte, le processus décrit ci-dessus ne se déclenche pas. Au-dessus d'un certain niveau, les contraintes ligamentaires et osseuses sont telles que nous observons une destruction cellulaire dans les régions de compression : il s'agit de la hyalinisation. Le processus de déplacement est alors bloqué et nous devons attendre la reprise d'une activité ostéoclastique de « sape » en retrait de la lamina dura, et une cicatrisation ligamentaire pour reprendre le mouvement initié.



l'auteur

Dr Julien GODENÈCHE

- Spécialiste qualifié en orthodontie
- Docteur en chirurgie dentaire
- Ancien interne des hôpitaux de Lyon
- Ancien assistant hospitalo-universitaire
- Chargé d'enseignement en orthodontie (Lyon II)
- Attaché hospitalier hospices civils de Lyon

- Attestation d'études approfondies
- Maîtrise de sciences biologiques et médicales
- Certificat d'études cliniques spéciales mention orthodontie (Lyon II)
- Diplôme universitaire d'orthodontie linguale (Lyon II)
- Diplôme universitaire de réparation juridique du dommage dentaire
- Qualifié : Invisalign, Orthocaps, Incognito, Win, Harmony
- Praticien Invisalign Diamond



LES VALEURS OPTIMALES

Entre les deux seuils décrits plus haut, le déplacement est, comme nous l'avons dit, quasi indépendant de l'intensité de la force. Retenons les valeurs optimales. Pour un déplacement en version libre, avec des zones de compression et d'extension limitées, la force optimale est de 50 grf. Pour un déplacement en gression pure, avec des zones de compression et d'extension affectant toute la hauteur de la racine, la forme optimale est double, de l'ordre de 100 grf.

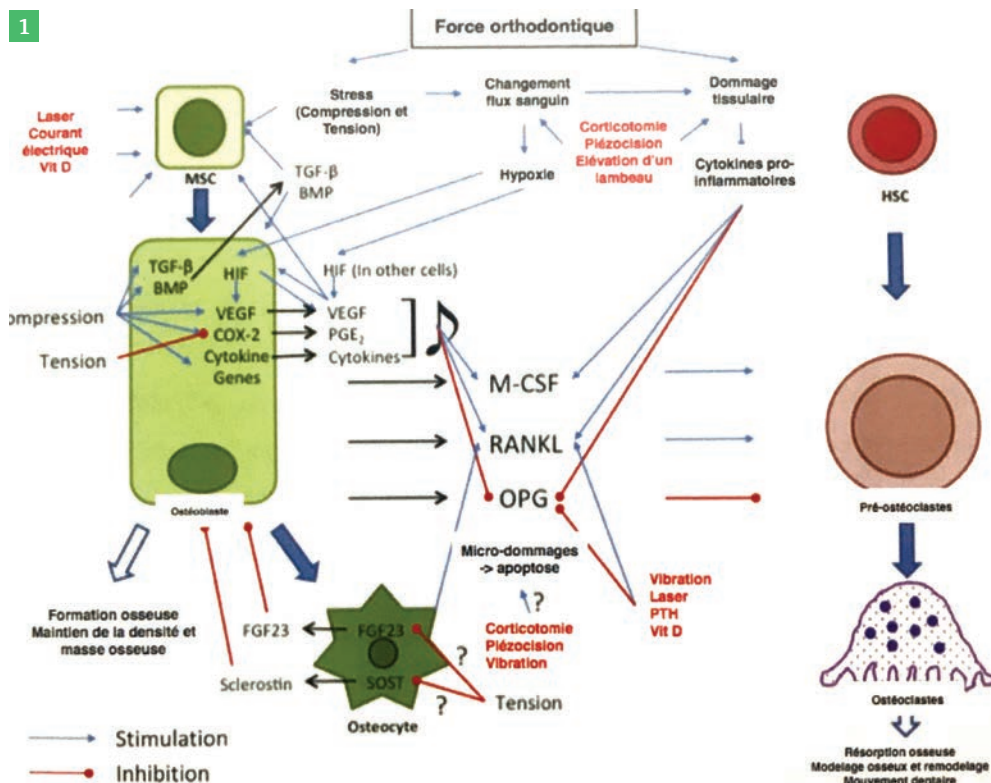
3 - Le modèle mécanique

Lorsque nous appliquons un système

de force à une dent, celle-ci se déplace au sein d'un milieu déformable partiellement élastique, le milieu ligamentaire (les propriétés élastiques du ligament sont liées aux faisceaux fibreux et à la vascularisation). La position immédiate de la dent résulte de l'équilibre entre le système de force et la réaction élastique du ligament. L'amplitude reste bien sûr limitée par l'anatomie de l'alvéole osseuse. Le remaniement osseux crée alors une néo-alvéole, conforme au nouvel équilibre de la dent. Le déterminant primaire du déplacement dentaire est donc l'équilibre primaire de la dent dans le milieu ligamentaire.

Les contraintes subies par l'os alvéolaire génèrent des courants électriques.

Fig.1 : Mécanismes moléculaires et cellulaires lors de l'application d'une force orthodontique [3].



CAS CLINIQUE 1 -> Fig.2 à 7



Fig.2 à 4 : Début de traitement. Fig.5 à 7 : 4 mois de traitement.



t4 - La différenciation cellulaire [2]

L'activation des ostéoclastes est cruciale afin d'augmenter la formation et le renouvellement osseux déterminant dans la vitesse orthodontique de déplacement des dents. Les systèmes RANKL/OPG et M-CSF sont les médiateurs qui jouent un rôle décisif dans le contrôle de l'ostéoclastogénèse lors de la mise en place d'un mouvement dentaire. Les ostéoblastes sont importants dans le maintien d'une densité osseuse [3].

Les dernières cellules qui appartiennent au complexe osseux sont les ostéocytes. Ce sont des ostéoblastes matures emprisonnés mais interconnectés au sein de la matrice minéralisée dans des espaces appelés ostéoplastes. Les ostéocytes expriment également M-CSF, RANKL et OPG. Ces cellules sont sensibles aux stimuli mécaniques pouvant causer leur apoptose. Une action sur le recrutement des ostéoclastes s'effectue alors par la libération de facteurs RANKL et M-CSF.

La *Sclerostin* est une protéine synthétisée par les ostéocytes qui décroît lors de la formation osseuse tout comme le FGF23. Il semblerait que ces facteurs soient des inhibiteurs de la fonction et de la survie des ostéoblastes.

5 - Le remodelage osseux [4]

Ainsi, la cascade cellulaire et moléculaire permet de transformer un stress mécanique en signal biochimique qui est au final transmis aux cellules effectrices

permettant le remodelage osseux. La formation et résorption osseuse se fait selon un cycle ARIF [5] où les différentes phases se succèdent toujours de la même manière au sein d'unités fonctionnelles.

- *Activation* : les cellules se rétractent, dégradent la matrice collagénique et attirent par chimiotactisme des pré-ostéoclastes sur la zone osseuse ainsi exposée. Ces pré-ostéoclastes peuvent alors fusionner pour former des ostéoclastes multinucléés et s'ancrer sur la zone à résorber.

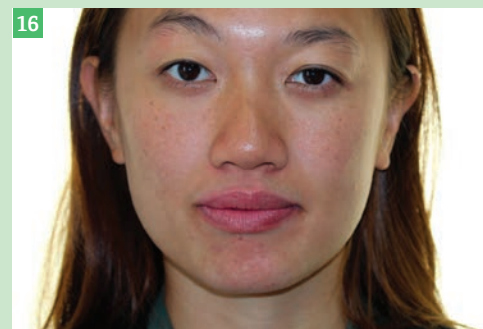
CAS CLINIQUE 2 -> Fig.8 à 17

Fig.8 à 12 : Début de traitement.



CAS CLINIQUE 2 (suite)

Fig.13 à 17 : 12 mois de traitement.



• **Résorption** : destruction du tissu osseux par les ostéoclastes en créant un compartiment acide. L'os résorbé laisse progressivement place à une lacune de résorption ou lacune de Howship.

• **Inversion** : les ostéoclastes ont une durée de vie de 12 jours puis ils meurent par apoptose laissant alors place à des cellules mononuclées de type macrophagique qui régularisent le contour de la lacune et la préparent au comblement.

• **Formation** : les ostéoblastes sont recrutés au sein de la lacune et s'y organisent en une couche monocellulaire. Ils synthétisent alors une matrice non minéralisée, appelée tissu ostéoïde, constituée de collagène de type I et de protéines non collagéniques, qui comble la lacune. Les ostéoblastes produisent également des enzymes (phosphatases alcalines) qui augmentent les concentrations en ions calcium et phosphate, aboutissant ainsi à la formation de cristaux d'apatite et assurant la calcification de la matrice.

Les propriétés élastiques du ligament sont liées aux faisceaux fibreux et à la vascularisation.

6 - Synthèse

Une meilleure compréhension des mécanismes et interactions cellulaires impliqués dans les mouvements orthodontiques permet aujourd'hui d'intervenir au niveau des différents stades du cycle de déplacement dentaire. Des modifications de l'écoulement sanguin, des phénomènes d'hypoxie, des lésions tissulaires ou encore la production de cytokines (VEGF, TNF...) peuvent donc être réalisés [3]. En effet, des procédés d'accélération du mouvement orthodontique existent dont le but est de stimuler les cytokines M-CSF et d'augmenter directement ou indirectement le rapport RANKL/OPG. L'accélération du mouvement dentaire peut donc se faire par ; (Fig.1) :

- corticotomie ou piézocision s'intéressant aux recrutements des cellules obtenues à la suite d'un stress mécanique et déclenchant une réaction inflammatoire,
- laser ; stimuli électriques ainsi que par injection ou prise de vitamine D concernant entre autres le recrutement des

cellules précurseurs des ostéoblastes, vibrations ou injection/prise de substances comme le PTH qui ciblent entre autres le recrutement des ostéoclastes [3].

II STIMULATION DU MOUVEMENT DENTAIRE PAR FORCES VIBRATOIRES CYCLIQUES AVEC UN ACCÉLÉRATEUR

L'effet des forces cycliques sur l'accélération des processus de remodelage osseux a comme fondement les recherches effectuées par Mao et al [6,7] sur un modèle animal. L'objectif était de moduler la croissance suturale chez les patients souffrant d'anomalies cranio-faciales par stimulation vibratoire des ostéoblastes et des ostéoclastes. Des dispositifs tels qu'AcceleDent ont été commercialisés dans le but d'améliorer et d'accélérer le mouvement dentaire orthodontique. Ils délivrent ainsi une force de 0.25 N à une fréquence de 30 Hz, via une fourchette occlusale qui génère la vibration

et doivent être portés par le patient 20 min par jour. Ces dispositifs permettraient une réduction de la douleur [8] 4 mois après la pose de l'appareil orthodontique, sans aucun effet délétère sur la morphologie radiculaire [9,10].

Concernant les effets sur le mouvement dentaire, Nishimura et al [11] en 2008 ont rapporté une étude animale durant laquelle l'utilisation hebdomadaire des forces vibratoires cycliques pendant 8 minutes permettrait une augmentation de 15 % de la vitesse de déplacement dentaire et ce durant 3 semaines d'études. Ils attribuent ces résultats à l'augmentation du taux de RANKL et d'ostéoclastes observée dans le ligament



CAS CLINIQUE 3 : une seule série d'aligneurs (*pas de finitions*) -> Fig.18 à 27

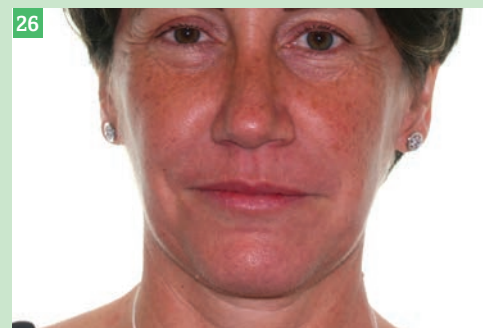


Fig.18 à 22 : Début de traitement.

Fig.23 à 27 : Trois mois de traitement.

1 - Diminution de la durée de traitement :

Les aligneurs sont de façon conventionnelle changés tous les 15 jours. Dans certains cas cliniques et en fonction du mouvement dentaire provoqué, nous pouvons passer aux gouttières suivantes tous les 7 jours mais ceci ne peut être considéré comme une règle universelle. Certaines étapes nécessitent des temps de port plus importants. L'utilisation d'un accélérateur dans notre pratique quotidienne nous permet de changer les aligneurs dans un premier temps et systématiquement toutes les semaines et d'accélérer le changement tous les 3 ou 4 jours pour beaucoup de cas, entraînant ainsi une diminution du temps de traitement

considérable. Dans les cas plus complexes avec correction de la classe II par distalisation et traction élastiques ou les cas d'extractions, nous préconisons de garder les aligneurs une semaine.

2 - Diminution de la douleur :

L'étude de **Lobre et al [8]**, déjà évoquée précédemment, conclut à une diminution des sensations douloureuses rencontrées lors de la réactivation du mouvement dentaire au changement d'aligneurs. D'une manière générale, les douleurs évoquées par les patients sont nettement moins importantes avec des aligneurs, comparé aux multibagues. Le patient décrit le plus souvent une douleur décroissante pendant 2 jours et plus importante en début de traitement.

parodontal. Pour **Leethanakul et al [12]**, les forces vibratoires augmenteraient le taux de cytokines pro-inflammatoires (IL-1) durant le mouvement dentaire et pourraient donc l'accélérer.

III TRAITEMENT COMBINÉ INVISALIGN/ACCELEDENT :

Cette combinaison de traitement offre tous les avantages recherchés par les adultes en demande d'orthodontie.

Avec un accélérateur, le langage du patient est totalement modifié : il parle de gêne et non plus de douleurs, de quelques heures et non plus de jours. L'expérience et le vécu orthodontique s'en trouvent complètement modifiés.

3 - Meilleure adaptation des aligneurs :

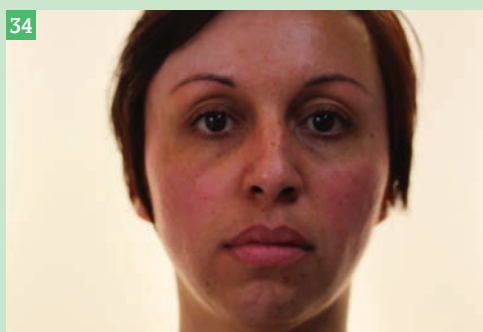
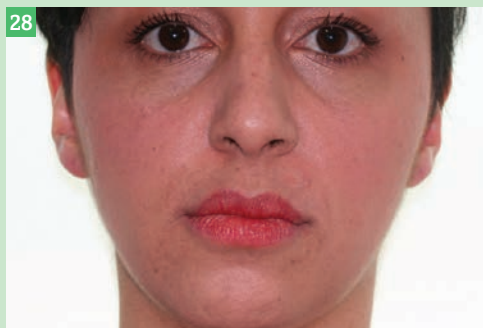
Afin d'améliorer la prise en charge des dents par les aligneurs, nous faisons très souvent mordre le patient sur des rouleaux siliconés (*type chewies*).

L'utilisation d'un accélérateur montre que nous n'avons quasiment plus recours à ces procédés. Les forces vibratoires cycliques améliorent l'adaptation et donc l'expression du mouvement dentaire par les aligneurs. Ainsi les phases

de finition par aligneurs supplémentaires sont beaucoup moins fréquentes ; il est en de même pour les élastiques utilisés pour améliorer l'alignement des incisives latérales ou pour fermer les espaces d'inoclusion postérieure.

CAS CLINIQUE 4 -> Fig.28 à 39

Fig.28 à 33 : Début. Fig.34 à 39 : 13 mois de traitement. Fig.38 et 39 : Contentions collées fibrées.



CAS CLINIQUE 5 -> Fig40 à 58

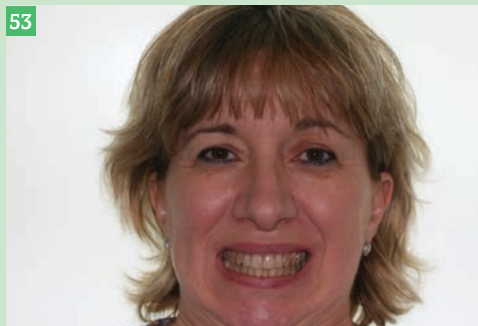


Fig40 à 46 : Début. Fig47 à 51 : En cours de traitement :
correction de la classe II par distalisation.



CAS CLINIQUE 5 (suite)

Fig.52 à 58 : 11 mois de traitement.



CONCLUSION

La combinaison d'aligneurs et d'un accélérateur offre une solution de traitement optimale pour les adultes : réduction de la durée, confort, diminution des douleurs orthodontiques, amélioration de la précision (*diminution des finitions*), discrétion de l'appareillage, visualisation du plan de traitement. En termes de santé publique, les adultes franchissent

le pas plus facilement. Ceci nous permet en corrigeant la DDM et l'occlusion d'améliorer l'état parodontal, de limiter les troubles articulaires, de préparer la denture aux travaux prothétiques ou implantaires post-orthodontiques dans de bonnes conditions.

La stabilisation sera réalisée par contention collée type fil, fibre ou incluse en

fonction de différents critères qui seront appréciés en début et fin de traitement. Nos patients sont suivis pendant encore un an après la pose des contentions. ➔

bibliographie

[1] FAURE J. *Biomécanique Orthodontique*. Avril 2011. Éditeur EDP Santé.
[2] DUVERT R. *L'accélération des traitements orthodontiques : le point en 2016. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en chirurgie dentaire*. Déc 2016. Université Claude Bernard Lyon 1. UFR d'odontologie.
[3] HUANG H., WILLIAMS RC, KYRKANIDES S. *Accelerated orthodontic tooth movement : molecular mechanisms*. Am J orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board orthod. 2014 Nov ;146(5) :620-32

[4] LE GALL M., SASTRE J. *The fundamentals of tooth movement*. Int Orthod. 2010 mar ;8(1) :1-13.
[5] BARON R. *Histophysiologie des réactions tissulaires au cours du déplacement orthodontique*. 1st ed. CDP.ed,Paris p ;346.
[6] KOPHER RA, MAO JJ *Suture growth modulated by the oscillatory component of micromechanical strain*. J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner res. 2003 Mar ;18(3) :521-8.
[7] VJ K., MAO JJ *Geometry and cell density of rat craniofacial sutures during early postnatal development and upon in vivo cyclic loading*. Bone. 2006 May ;38(5):722-30.

[8] LOBRE WD, CALLEGARI BJ, GARDNER G., MARSH CM, BUSH AC, DUNN WJ. *Pain control in orthodontics using a micropulse vibration device: A randomized clinical trial*. Angle Orthod. 2016 Jul ;86(4):625-30.
[9] KAU CH *A radiographic analysis of tooth morphology following the use of a novel cyclical force device in orthodontics*. Head Face Med.2011;7:14.
[10] YADAV S., DOBIE T., ASSEFNIA A., KALAJZIC Z., NANDA R. *The effect of mechanical vibration on orthodontically induced root resorption*. Angle Orthod.2016 Jan;86(5) :740-745.

[11] NISHIMURA M., CHIBA M., OHASHI T., SATO M., SHIMIZU Y., IGARASHI K., ET AL. *Periodontal tissue activation by vibration : intermittent stimulation by resonance vibration accelerates experimental tooth movement in rats*. Am J Orthod Dentofac Orthop Off Pub Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board orthod. 2016 jan :86(1) :74-80.
[12] LEETHANAKUL C., SUAMPHAN S., JITPUKDEEBODRINTA S., THONGUDOMPORN U., CHAROEMRATROTE C. *Vibratory stimulation increases interleukin-1 beta secretion during orthodontic tooth movement*. Angle Orthod.2016 Jan ;86(1) :74-80.