l'apport de l'ancrage squelettique en orthodontie

RÉSUMÉ

Pour assurer au mieux les mouvements orthodontiques, l'orthodontie a besoin de s'appuyer sur un ancrage fiable, le plus fixe possible. Dans de nombreux cas, l'ancrage intra-buccal ou même extra-buccal ne peut répondre aux exigences d'ancrage du praticien orthodontiste. En assurant un ancrage fixe, l'ancrage squelettique permet la mise en œuvre de mouvements complexes tels que ingressions ou déplacements d'un groupe de dents. Cet article décrit l'ancrage squelettique, son développement historique, ses différentes applications, les paramètres à considérer, ses avantages puis ses limitations. Un cas clinique est présenté afin de montrer les différentes étapes du traitement ainsi que le résultat obtenu. Orthodontistes et implantologues ont là une occasion de collaborer plus étroitement que par le passé. Cette interaction devrait permettre des traitements et des résultats considérés jusque-là comme impossibles à mener et à obtenir.

Mithridade DAVARPANAH

Stomatologiste,
Diplomate de l'American Board
of Periodontology,
Chef de service du centre
de réhabilitation orale (ORC),
Hôpital Américain de Paris,
Exercice privé,
36, rue de Lübeck,
75116 Paris.

Mihaela CARAMAN

Docteur en chirurgie dentaire

Paul M. KHOURY

Docteur en chirurgie dentaire

Emeric AUGERAUD

Docteur en chirurgie dentaire

Adirana AGACHI

Docteur en chirurgie dentaire

Serge SZMUKLER-MONCLER

Professeur-associé,
Département de stomatologie et
chirurgie maxillo-faciale,
UFR 068, Université Paris VI,
Paris.

MOTS CLÉS

ancrage squelettique

implants orthodontiques

mini-vis

mini-implants

introduction

Tout traitement orthodontique nécessite ancrage. Pendant longtemps, les moyens d'ancrage à disposition de l'orthodontie furent limités à l'ancrage intra-buccal, utilisant le plus grand nombre possible de dents dans l'entité d'ancrage. Lorsque la capacité d'ancrage intra-buccale était dépassée par les besoins d'un traitement plus complexe, l'orthodontie avait recours à un ancrage extra-buccal, sous la forme de bandeau et d'arcs. Cependant, le risque de mobilisation des unités d'ancrage est fréquent. Il n'est pas rare pour l'orthodontiste de passer plus de temps à la correction des effets secondaires

du traitement qu'au traitement lui-même.

Certains mouvements du secteur postérieur sont difficiles voire impossibles à mettre en œuvre à l'aide des dispositifs classiques. Pour l'orthodontiste, l'idéal serait d'avoir un ancrage fixe absolu, extérieur aux dents. Il permettrait de réaliser toutes sortes de mouvements orthodontiques et faciliterait plus particulièrement l'ingression des dents du secteur postérieur. L'ancrage squelettique répond à toutes ces exigences. Le but de cet article est de présenter le développement de ce type d'ancrage et son utilisation lors du traitement orthodontique.

historique

En 1945, Gainsforth^[1] eut l'idée de tester chez l'animal des vis en Vitalium dans le cadre d'un traitement orthodontique. Le but était de renforcer la stabilité des dents servant d'ancrage orthodontique. Cependant, ces vis insérées à la mandibule et au maxillaire se mobilisèrent 1 mois après leur mise en charge. En 1969, Bränemärk, *et al.*^[2] démontrèrent qu'il était possible de soumettre des vis ostéointégrées en titane à des contraintes importantes. En 1984, Roberts, *et al.*^[3] appliquèrent les principes de l'ostéointégration à l'orthodontie. Ils utilisèrent des implants comme pilier d'ancrage pour tracter des dents ou un groupe de dents.

Depuis cette date, l'orthodontie se sert des implants comme ancrage squelettique pour repositionner des dents,

modifier les arcades dentaires dans leur forme et leur rapport. Les deux entités impliquées dans ces mouvements sont :

1. l'entité à déplacer (une dent ou un groupe de dents),
2. l'entité d'ancrage (une dent ou un groupe de dents) qui induit le mouvement de déplacement.

En conformité avec la 3^e loi de NEWTON, chaque force appliquée sur un corps produit une réaction égale en intensité et de sens opposé. Lors des mouvements orthodontiques, des contraintes complexes en directions et en intensités sont générées. Les unités d'ancrage peuvent donc être soumises à des mouvements indésirables. Un contrôle précis de la direction et de l'intensité des forces est donc indispensable.

Plusieurs méthodes ont été proposées pour réaliser des mouvements orthodontiques complexes et pour lutter contre les mouvements secondaires indésirables des unités d'ancrage :

1. l'ancrage supplémentaire intra-buccal et/ou extra-buccal ;
2. l'ancrage squelettique.

l'ancrage supplémentaire intra-oral et/ou extra-oral

L'ancrage intra-oral supplémentaire consiste à associer davantage de dents, cependant le nombre de dents résiduelles à disposition est souvent limité.

L'ancrage extra-oral consiste à prendre un appui crânien occipital ou cervical par l'intermédiaire de masques et de bandeaux. Le but est de renforcer la faiblesse de l'ancrage intra-buccal. Il développe des forces considérables,

susceptibles de mettre en péril l'intégrité des unités dentaires et de leur parodonte.

Il est mal accepté par les patients pour des raisons professionnelles ou sociales. En effet, ces appareils doivent être portés 12 à 18 heures par jour durant des périodes de 6 à 24 mois, ils nécessitent une coopération totale de la part du patient.

l'ancrage squelettique

L'ancrage squelettique constitue une alternative aux ancrages conventionnels, il utilise les implants ostéointégrés à la place des dents.

Roberts, *et al.* [3, 4] ont testé l'efficacité des implants comme unité d'ancrage en orthodontie. Leurs résultats cliniques indiquent que les implants ostéointégrés en titane sont capables de fournir un ancrage osseux, rigide, durable et exploitable en orthodontie et en orthopédie dento-faciale.

Ils montrent que les forces orthodontiques appliquées sur un implant posé dans un os de bonne qualité avec une stabilité primaire suffisante n'altèrent pas l'ostéointégration obtenue. Histologiquement, il a été démontré que le tissu osseux répond aux contraintes

appliquées à l'implant orthodontique par une densification osseuse. Cette densification est plus prononcée du côté mis en pression que du côté mis en tension.

Ces implants sont capables de contourner les difficultés posées par l'ancrage traditionnel. Ils fournissent un ancrage satisfaisant voire idéal, surtout indépendant de la coopération du patient.

L'ancrage squelettique à l'aide des implants permet d'assurer différents types de mouvement : rétraction, égression, ingression, rotation, fermeture d'espace, correction du milieu inter-incisif, etc. Dans le cadre d'un traitement orthopédique, il permet la distraction de la suture palatine et la traction du maxillaire.

■ domaine d'application de l'ancrage squelettique

L'ancrage squelettique peut être classifié en ancrage direct et indirect.

L'ancrage direct utilise des implants pour obtenir des mouvements souhaités. L'ancrage indirect utilise des implants pour renforcer l'ancrage dentaire préexistant.

ANCRAGE INDIRECT

* **Ancrage indirect par des implants standard**

Les implants standard posés dans un but prothétique ont été initialement exploités en orthodontie^[3, 4]. Ces implants furent tout d'abord utilisés comme ancrage orthodontique. Une fois le traitement orthodontique achevé, ils furent rendus à leur usage prothétique initial. Dans un développement ultérieur, des implants standard supplémentaires furent placés dans les zones rétro-molaires afin de servir d'entité d'ancrage d'appoint. Dans tous les cas, la mise en fonction de l'implant à visée orthodontique était différée de 4 à 6 mois afin d'obtenir l'ostéointégration.

Ces implants représentent une solution efficace et économique pour les patients édentés partiellement. Cependant, une concertation étroite entre orthodontiste, chirurgien et prothésiste est nécessaire pour envisager la position future des dents mobilisées et mettre en œuvre la séquence de traitement. De plus, ces implants sont posés dans une position précise pour répondre à des exigences prothétiques. Ce positionnement à visée prothétique peut ne pas être optimal pour mettre en œuvre les mouvements

orthodontiques souhaités. Enfin, la souplesse du positionnement rétro-molaire est limitée par l'enveloppe osseuse et la difficulté de maintenir une hygiène buccale satisfaisante.

* **Ancrage indirect par des implants palatins**

Cette méthode fut introduite par Wehrbein et Diedrich^[5] en 1993. Elle consiste à placer un implant dans la voûte palatine. L'implant est connecté aux dents par un arc transpalatin, il est utilisé pour stabiliser les unités dentaires d'ancrage. La méthode nécessite un examen radiologique pour déterminer les structures osseuses disponibles.

Les paramètres anatomiques à analyser avant la pose de l'implant palatin sont :

- l'épaisseur du palais dur,
- la largeur de la suture palatine,
- la proximité du plancher des fosses nasales (surtout chez les jeunes enfants et adolescents),
- la forme de la voûte palatine,
- l'épaisseur de la muqueuse palatine.

Les paramètres implantaires de la méthode sont :

- le diamètre (3,3 mm) et la longueur (4-6 mm) de l'implant,
- le site implantaire,
- l'angulation de l'implant par rapport au plan palatin.

Bernhart, *et al.*^[6] ont identifié une région présentant une épaisseur osseuse constante, susceptible de recevoir des implants de 4 à 6 mm de longueur. Cette région se situe 3-6 mm latéralement à la ligne médiane, au niveau de la partie antérieure de la voûte palatine.

L'implant palatin est placé en position paramédiane à la suture palatine. Cela

permet d'éviter l'effraction du tissu conjonctif de la suture et une possible interférence avec la croissance transversale du maxillaire. Notons que l'ossification totale de la suture palatine médiane est rare avant 23 ans^[7].

L'implant est posé avec une angulation de 60° par rapport au plan palatin. Le but est d'engager le plus de volume osseux possible et d'éviter la perforation du plancher nasal.

Block et Hoffman^[8] ont développé une variante sous-périostée pour contourner les limitations imposées par une faible épaisseur osseuse. Cet implant, appelé «Onplant» a une forme de disque revêtu d'hydroxyapatite. Cependant, la pose et la dépose chirurgicale sont relativement invasives et traumatiques pour le patient.

Les inconvénients des implants à ancrage indirect sont :

- indication limitée par les exigences du positionnement des implants conventionnels ;
- indication limitée par la possibilité de poser un implant conventionnel en position rétro-molaire ;
- indication limitée par les structures anatomiques pour les implants palatins ;

- chirurgie invasive pour la pose et la dépose des implants rétro-molaires et palatins ;
- difficulté de maintenir une bonne hygiène buccale.

ANCRAGE DIRECT

L'ancrage direct utilise exclusivement des mini-implants sans solliciter de dents. Creekmore et Eklund^[9] furent les premiers à décrire un cas de traitement orthodontique à l'aide de vis chirurgicales. Kanomi^[10] en 1997, introduisit le premier système de mini-implants orthodontiques spécifique.

Ces mini-implants furent développés à partir de vis chirurgicales. Leur diamètre et longueur sont plus réduits que les implants standard à visée prothétique ; en général, leur surface est usinée. Ces implants permettent d'éviter les inconvénients des implants conventionnels utilisés jusque-là en orthodontie.

Les mini-implants par leur taille réduite en diamètre et en longueur s'insèrent sous anesthésie locale en de multiples sites, notamment en position inter-radiculaires. Leur dépose à la fin du traitement est très aisée.

les implants à ancrage squelettique

■ cahier des charges des implants à ancrage squelettique

Pour remplacer définitivement l'ancrage conventionnel, l'implant à ancrage squelettique doit répondre à un cahier des charges précis.

Il s'agit de :

- la biocompatibilité ;
- la facilité de pose et dépose sous anesthésie locale ;
- une taille réduite permettant une insertion en de multiples sites de la cavité buccale, pour répondre aux

- besoins thérapeutiques et aux types de mouvements désirés ;
- une tête compatible avec les systèmes de traction orthodontique ;
 - du maintien de la stabilité durant tout le temps de traitement ;
 - une résistance aux forces orthodontiques dans les différents plans de l'espace ;
 - un prix accessible.

■ géométrie des mini-implants

Ils présentent tous la même macro-géométrie. Des modifications mineures différencient les vis selon les fabricants. Les mini-implants sont en titane (grade 4) ou en alliage de titane.

Ils présentent :

- un corps ;
- une partie transmuqueuse ;
- une tête.

Le corps, en forme de vis, présente :

- un diamètre variant entre 1,2 et 2,0 mm ;
- une longueur variant entre 6 et 10 mm ;
- une surface, usinée ou rugueuse ;
- un apex de forme variable, ronde ou pointue.

La forme pointue est auto-tarau-dante, elle permet d'éviter un forage complet du site implantaire, ce qui facilite l'obtention d'une bonne stabilité primaire.

La partie transmuqueuse est cylindrique, sans rugosité ; son but est d'éviter toute inflammation tissulaire. Cette zone transmuqueuse est lisse, elle est variable en longueur afin de s'adapter aux épaisseurs de muqueuses exis-

tantes (biotype fin et épais) et aux divers sites d'insertion.

La tête de la vis présente une fonction de crochet. Des formes différentes sont proposées en fonction des besoins biomécaniques. Leurs formes spécifiques permettent un meilleur contrôle de la force appliquée dans les 4 dimensions (3D de l'espace et 1D stabilité dans le temps).

■ sites d'insertion et positionnement

L'insertion des mini-vis nécessite le respect des structures anatomiques adjacentes et l'intégrité des dents. Toute zone de gencive non attachée doit être évitée afin d'empêcher une inflammation post-opératoire de la muqueuse péri-implantaire. Cela laisse un choix presque illimité au positionnement des mini-vis.

Au maxillaire, le choix des sites receveurs s'étend depuis l'épine nasale antérieure jusqu'au palais osseux, passant par la région infra-zygomatique et contournant la région rétro-molaire. À la mandibule, les sites de choix sont la région symphysaire, les zones rétro-molaires et le procès alvéolaire.

Comme pour les implants prothétiques, le positionnement des mini-implants exige un examen clinique et radiographique rigoureux. Il permet d'éviter les complications opératoires telles que pénétration du sinus maxillaire, lésion des éléments vasculo-nerveux, perforation des racines dentaires et lésion du ligament parodontal.

Le positionnement est réalisé en fonction de plusieurs facteurs :

- le plan de traitement orthodontique ;

fig. 1 a et b Angles d'insertion des mini-vis dans l'os alvéolaire ;
a : insertion au maxillaire. Noter l'angle d'insertion de 30-40 degrés ;
b : insertion à la mandibule. Noter l'angle d'insertion de 10-20 degrés.

- le type de mouvement souhaité ;
- la proximité des structures adjacentes (nerf mandibulaire, sinus maxillaire...) ;
- la quantité et la qualité de l'os ;
- l'inclinaison et la proximité des racines.

La position des vis est déterminée après une étude radiographique précise menée à partir de clichés rétro-alvéolaires et panoramiques. Cette information 2D est complétée par la détermination de l'angle d'insertion des vis par rapport aux dents. L'angle d'insertion entre les mini-implants et les dents maxillaires est de 30° à 40° (**fig. 1 a**). À la mandibule, cet angle est de 10° à 20° (**fig. 1 b**).

Le positionnement des vis doit tenir compte d'une distance de sécurité pour éviter toute lésion du ligament parodontal. Cette distance est la somme du diamètre de la mini-vis (1,2-2 mm), de

la largeur du ligament parodontal (0,25 mm) et de la distance minimale dent-implant (1,5 mm), soit au moins 2,35 mm.

Pour faciliter le positionnement inter-radiculaire des mini-vis et respecter au mieux la distance de sécurité, un redressement orthodontique des dents au préalable est envisageable. Des guides chirurgicaux ont été aussi décrits pour assurer un positionnement tridimensionnel précis^[11-13].

■ préparation du site implantaire

La préparation du site se fait :

- soit directement avec le mini-implant auto-taraudant ;
- soit avec un foret pilote de diamètre inférieur au diamètre de la vis de 0,2-0,3 mm.

Dans un os normal, le placement direct de la vis sans foret permet d'augmenter la stabilité primaire de la vis. En présence d'un os cortical dense et épais, le passage du foret pilote sur 2 à 3 mm est conseillé. Il prévient l'écrasement de l'apex de l'implant avec l'os cortical de grande dureté.

Après perforation de l'os cortical, le forage est poursuivi manuellement ou à faible vitesse. Un changement brusque de consistance après le passage de l'os cortical doit évoquer une atteinte radiculaire. Cette dernière est sans conséquence pour l'intégrité des racines touchées, la réparation des lésions est même possible^[14]. L'angulation du forage est corrigé pour préparer un nouvel axe implantaire.

■ délai de mise en charge

Les contraintes exercées sur les implants prothétiques et les mini-implants orthodontiques sont différentes. Les implants dentaires sont soumis à des forces discontinues et répétées, d'intensité et de direction variables ; elles peuvent atteindre 220 N (environ 22 kg). Ces contraintes ne sont pas uniformes, elles peuvent dépasser les seuils physiologiques tolérés par le tissu osseux.

Les mini-implants reçoivent de faibles contraintes, de l'ordre de 0,2 à 3 N (environ 20 à 300 g). Leur intensité est contrôlée, continue et unidirectionnelle. Ces contraintes ne dépassent pas la capacité de résistance de l'interface os-implant. Elles induisent en général une réaction physiologique de densification osseuse.

Pour des implants dentaires posés dans un but orthodontique, un délai de

mise de charge de 4 à 5 mois a été proposé^[3,4]. Le but était d'obtenir une ostéointégration avant de les soumettre à des forces orthodontiques.

Pour les mini-vis, un délai de mise en charge de 4 à 5 semaines a été proposé par Deguchi, *et al.*^[15] Cependant une mise en charge immédiate est possible quand une stabilité primaire satisfaisante est achevée^[16].

Augmenter le diamètre et la longueur des mini-implants améliore la stabilité primaire^[17]. Cependant, elle se fait au détriment de sa qualité de «passe partout». Des études ont montré qu'un diamètre de 1,2 à 2,0 mm et une longueur de 8 jusque 10 mm offraient un compromis acceptable.

Un moment d'insertion de 5 à 10 Ncm est suffisant pour atteindre une stabilité primaire. En deçà de 5 Ncm et au-delà de 10 Ncm le risque de mobilisation dans le temps augmente. Dans un os de faible densité, un sous-dimensionnement de 0,3 mm est recommandé afin d'atteindre un moment d'insertion de 10 Ncm^[18].

Un moment d'insertion élevé risque de provoquer une nécrose du tissu osseux et d'endommager le mini-implant jusqu'à la fracture. Cette dernière peut être immédiate ou différée. Dans ce dernier cas, elle est obtenue par fatigue suite à des micro-fractures générées lors d'une insertion forcée. L'augmentation des contraintes au niveau osseux peut induire une nécrose et une ischémie locale à l'interface os-vis^[19], elles mènent à la perte du mini-implant. Lorsqu'une stabilité primaire satisfaisante est atteinte, la mise en charge immédiate avec des forces de 0,5 N (environ 50 g) est réalisable^[20].

■ avantages

- Obtention d'un ancrage absolu.
- Possibilité de réaliser tous les mouvements orthodontiques, plus particulièrement la translation des dents selon leur grand axe, l'ingression et la mésialisation des molaires.
- Simplification de la biomécanique.
- Réduction de la complexité du traitement.
- Prédicibilité.
- Suppression des élastiques inter-maxillaires.
- Réduction du temps de traitement.
- Traitement plus esthétique.
- Confort du patient.
- Nécessité d'une coopération moindre du patient.
- Coûts réduits par rapport aux traitements alternatifs.

■ inconvénients et complications

Les complications ont lieu lors de la pose et lors de la fonction.

Lors de la pose :

- Nécrose thermique suite au forage.
- Sur-forage du site implantaire.
- Longueur insuffisante d'ancrage osseux.
- Perforation radiculaire.
- Insertion dans un site post-extractionnel.
- Fracture lors de la pose.

Lors de la mise en fonction :

- Application d'un bras de levier trop important par rapport à la qualité et la quantité osseuse.
- Mobilisation des mini-vis.
- Infection des tissus mous péri-implantaires.
- Interférence entre la course du mouvement orthodontique et l'implant.

Enfin, la vis peut se fracturer lors de la dépose.

cas clinique

Ce cas clinique illustre l'ancrage squelettique obtenu par des mini-implants orthodontiques.

Un patient de 42 ans présente une mésioversion de 37 et 38 (**fig. 2 a-d, fig. 3 a, b**) et une égression importante de 26 suite à l'extraction de 35 et 36 (**fig. 2 a-d, fig. 3 b**). L'espace disponible pour une restauration prothétique est insuffisant (**fig. 2 b, fig. 3 b**).

Suite à l'analyse clinique et radiologique (**fig. 3 a, b**) du cas, deux options sont présentées au patient :

1) La première consiste à :

- réaliser un bridge à la mandibule en se servant des dents 34 et 37 comme piliers ;
- faire une coronoplastie de la 26 vitale et envisager sa dévitalisation.

Cependant, ce traitement est considéré comme invasif du point de vue de la conservation des tissus dentaires.

2) Un plan de traitement alternatif comportant un traitement orthodontique est présenté, il consiste à :

- redresser l'axe de 37 et 38 ;
- ingresser la 26 ;
- supprimer toute prématurité de la 27 ;
- mettre en place 2 implants en position 35 et 36 pour recevoir une réhabilitation implanto-portée.

L'ingression de 26 nécessite une force orthodontique légère pour diminuer les risques d'une résorption radiculaire. Un ancrage squelettique avec mini-implants est donc proposé.

L'examen radiographique rétro-alvéolaire et clinique montre que 2 mini-implants peuvent être posés du côté palatin, en mésial et distal de la 26 ainsi qu'un autre du côté vestibulaire en mésial de la 26. La disposition vestibulaire et linguale de ces mini-vis permet l'ingression de la dent selon son grand axe.

À la mandibule, une mini-vis est prévue dans la région rétro-molaire, en vestibulo-distal de la 38. Le but est d'établir un ancrage postérieur pour redresser la mésoversion de 37 et 38.

Des vis de 10 et 12 mm de longueur et de 1,4 et 1,3 mm de diamètre sont choisies. L'insertion d'une sonde droite dans la gencive renseigne sur l'épaisseur de la muqueuse au site d'insertion. La hauteur de la partie transmuqueuse est de 2-3 mm.

La **figure 4** montre la séquence de pose des mini-implants du côté palatin (**fig. 4 a**). Le site d'insertion est déterminé (**fig. 4 b**). Le foret (**fig. 4 c**) sous-dimensionné de 0,3 mm en diamètre est passé sur une longueur de 2-3 mm. L'angulation standard de 20-30 degrés au maxillaire est respectée (**fig. 4 d**). L'implantation se déroule sans complications (**fig. 4 e**).

La même séquence de pose est appliquée du côté vestibulaire (**fig. 5 a-c**). La radiographie post-opératoire (**fig. 6**) montre les 3 mini-vis posées au maxillaire. Les ligatures élastiques sont posées du côté vestibulaire (**fig. 7 a**) et palatin (**fig. 7 b**). Les vis sont immédiatement mises en charge, la force appliquée est légère et continue, elle induit l'ingression de la molaire (**fig. 7 c**).

La mini-vis rétro-molaire est elle aussi posée (**fig. 8 a-c**), la chaînette réunit le mini-implant rétro-molaire et le bouton posé sur la face mésiale de la 37 (**fig. 9 a, b**). Elle permet de redresser l'axe des deux molaires (**fig. 9 c**).

Le traitement s'étend sur 6 mois. En fin de traitement, la 26 est ingressée (**fig. 10 a, b**), le nivellement et l'alignement de la molaire sont assurés par une contention mettant en jeu un sectionnel et une ligature métallique (**fig. 10 b**). À la mandibule, l'axe des molaires est redressé, la contention est alors assurée par un sectionnel (**fig. 11 a-c**).

La phase de réhabilitation prothétique peut commencer. Deux implants sont posés dans la zone postérieure (**fig. 12**). Après 3 mois de cicatrisation osseuse, la phase prothétique est initiée. La prothèse consiste en un bridge de 2 unités solidarisées reposant sur 2 implants (**fig. 13 a-c**). Après scellement du bridge, le traitement se conclut par la dépose des mini-vis (**fig. 14**). La dépose est aisée car il n'y a pas de micro-ancrage mécanique entre la surface lisse des implants et l'os^[21, 22], la surface des vis déposées ne présente pas d'os attaché (**fig. 14 d**).

fig. 2 a à d Situation clinique ;

- a** : vue de face ;
- b** : vue vestibulaire. Noter la mésioversion de 37 et 38 et l'égression de la 26 ;
- c** : vue occlusale au maxillaire ;
- d** : vue occlusale à la mandibule.

fig. 3 a et b Radiographies du cas ;

- a** : téléradiographie latérale ;
- b** : orthopantomogramme. Noter l'absence de 35 et 36, la mésioversion de 37 et 38 ainsi que l'égression de la 26.

fig. 6 Radiographie post-opératoire. Noter les 3 mini-vis placées au maxillaire ainsi que l'égression de la 26.

fig. 7 a à c Traitement de l'ingression de la 26 ;

a : vue de la ligature élastique vestibulaire au début du traitement ;

b : vue de la ligature élastique palatine au cours du traitement ;

c : contention à l'aide d'une ligature métallique en fin de traitement. Cette ligature maintient la dent dans la position obtenue le temps de procéder au traitement prothétique.

fig. 8 a à c Pose du mini-implant rétro-molaire à la mandibule ;

a : situation pré-opératoire, vue occlusale ;

b : mini-implant inséré, vue occlusale ;

c : radiographie rétro-alvéolaire post-opératoire.

a

b

c

fig. 9 a à c Traitement de la mésio-version de 37 et 38 ;

- a :** ligature élastique en cours du traitement, vue occlusale ;
b : ligature élastique en cours du traitement, vue vestibulaire ;
c : vue vestibulaire de l'occlusion. Noter l'ingression de la molaire et le redressement des molaires en cours.

a

b

fig. 10 a et b Fin du traitement de l'ingression après 6 mois ;

- a :** radiographie en fin d'ingression. Noter l'ingression de la molaire et son inscription dans la courbe de Spee du maxillaire ;
b : contention de la molaire ingressée à la fin du traitement. Noter la ligature métallique et les brackets collés au niveau molaire et prémolaire afin d'effectuer le nivellement et l'alignement de la molaire ingressée.

fig. 12 Radiographie de la phase terminale. Pose de 2 implants dans l'espace postérieur recréé.

fig. 13 a à c Situation clinique après réhabilitation prothétique implanto-portée ;

- a :** vue frontale. Noter la présence de la prothèse implanto-portée et de la mini-vis vestibulaire au maxillaire ;
- b :** vue vestibulaire de la zone postérieure réhabilitée ;
- c :** radiographie en fin de traitement. Noter le redressement de l'axe des molaires, le rapport entre la mini-vis rétro-molaire et les molaires. Le ligament périodontal de la 38 montre un épaississement qui disparaît quelque temps après la dépose de la mini-vis.

Fig. 14 a à e

Situation clinique des tissus péri-implantaires le jour de la dépose des mini-vis ;

- a :** vue occlusale de la mini-vis rétro-molaire avant dépose. Noter la bonne santé gingivale autour de la mini-vis ;
- b :** vue de la mini-vis vestibulaire maxillaire avant dépose ;
- c :** vue des mini-vis palatines maxillaire avant dépose ;
- d :** situation clinique après dépose des vis palatines ;
- e :** vue des mini-vis après dépose. La dépose est aisée et ne requiert pas un contre-torque élevé.

conclusion

L'introduction de l'ancrage squelettique a révolutionné la pratique clinique en orthodontie. Il permet de réaliser des mouvements et des traitements considérés jusque-là comme difficiles voire

impossibles, particulièrement le traitement de l'ingression dans le secteur postérieur. Il nécessite cependant la coopération de disciplines qui jusque-là ont eu peu d'occasions de collaborer ensemble.

bibliographie

- Gainsforth BL, Higley LB. **A study of orthodontic anchorage possibilities in basal bone.** Am J Orthod Oral Surg 1945;31:406-417.
- Bränemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindström J, Ohlsson A. **Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies.** Scand J Plast Reconstr Surg 1969;3:81-100.
- Roberts WE, Smith RK, Zilberman Y, Mozsary PG, Smith RS. **Osseous adaptation to continuous loading of rigid endosseous implants.** Am J Orthod 1984;86: 95-111.
- Roberts WE, Helm FR, Marshall KJ, Gongloff RK. **Rigid endosseous implants for orthodontic and orthopedic anchorage.** Angle Orthod 1989;59: 247-256.
- Wehrbein H, Merz BR, Diedrich P, Glatzmaier J. **The use of palatal implants for orthodontic anchorage. Design and clinical application of the Orthosystem.** Clin Oral Implants Res 1996;7:410-416.
- Bernhart T, Vollgruber A, Dortbudak O, Haas R. **Alternative to the median region of the palate for placement of an orthodontic implant.** Clin Oral Implants Res 2000;11:595-601.
- Schlegel KA, Kinner F, Schlegel KD. **The anatomic basis for palatal implants in orthodontics.** Int J Adult Orthodont Orthognath Surg 2002;17: 133-139.
- Block MS, Hoffman DR. **A new device for absolute anchorage for orthodontics.** Am J Orthod Dentofacial Orthop 1995;107:251-258.
- Creekmore TD, Eklund MK. **The possibility of skeletal anchorage.** J Clin Orthod 1983;17: 266-269.
- Kanomi R. **Mini-implant for orthodontic anchorage.** J Clin Orthod 1997;31: 63-67.
- Bae SM, Park HS, Kyung HM, Kwon OW, Sung JH. **Clinical application of micro-implant anchorage.** J Clin Orthod 2002;36: 298-302.
- Kitai N, Yasuda Y, Takada K. **A stent fabricated on a selectively colored stereolithographic model for placement of orthodontic mini-implants.** Int J Adult Orthodont Orthognath Surg 2002;17: 264-266.
- Morea C, Dominguez GC, Wuol Ado V, Tortamano A. **Surgical guide for optimal positioning of mini-implants.** J Clin Orthod 2005;39: 317-321.
- Asscherickx K, Vannet BV, Wehrbein H, Sabzevar MM. **Root repair after injury from mini-screw.** Clin Oral Implants Res 2005;16:575-578.
- Deguchi T, Takano-Yamamoto T, Kanomi R, Hartsfield JK Jr, Roberts WE, Garetto LP. **The use of small titanium screws**

for orthodontic anchorage.

J Dent Res 2003;82: 377-381.

16. Büchter A, Wiechmann D, Koerdt S, Wiesmann HP, Piffko J, Meyer U.

Load-related implant reaction of mini-implants used for orthodontic anchorage.

Clin Oral Implants Res 2005;16:473-479.

17. Morris HF, Winkler S, Ochi S, Kanaan A.

A new implant designed to maximize contact with trabecular bone: survival to 18 months.

J Oral Implantol 2001;27:164-173.

18. Motoyoshi M, Hirabayashi M, Uemura M, Shimizu N.

Recommended placement torque when tightening an orthodontic mini-implant.

Clin Oral Implants Res 2006;17:109-114.

19. Aro HT, Markel MD, Chao EY.

Cortical bone reactions at the interface of external fixation half-pins under different loading conditions.

J Trauma 1993;35:776-785.

20. Melsen B.

Mini-implants: Where are we?

J Clin Orthod 2005;39: 539-547.

21. Szmukler-Moncler S, Testori T, Bernard JP.

Etched implants: a comparative surface analysis of four implant systems.

J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2004; 69:46-57.

22. Szmukler-Moncler S, Perrin D, Ahossi V, Magnin G, Bernard JP.

Biological properties of acid etched titanium implants: effect of sandblasting on bone anchorage.

J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2004;68: 149-159.

SUMMARY**The application of skeletal anchorage in orthodontics**

M. DAVARPANA, M. CARAMAN, P. M. KHOURY, E. AUGERAUD, A. AGACHI, S. SZMUKLER-MONCLER

Orthodontic movements need a fixed absolute anchorage to be efficient. With classical intra- and extra-buccal anchorage, this cannot be achieved. Time is often spent to correct treatment side effects on the teeth that served as anchorage. Skeletal anchorage seems to solve this difficulty by offering the perspective of an absolute anchorage. This paper describes the historical develop-

ment of skeletal anchorage, its possibilities, the parameter to consider, its advantages and limitations. To illustrate the achievements of this new type of anchorage, a clinical case is presented. It shows the various treatment stages and the final result. Orthodontists and implantologists are urged to consider a narrow collaboration, it should permit unprecedented achievements.

keywords: skeletal anchorage, orthodontic implants, mini-screws.