

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté de médecine
Département de médecine dentaire



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté et soutenu publiquement
Le 04 juillet 2017

En vue de l'obtention du diplôme de docteur en médecine dentaire

Thème

***L'évolution des ancrages vissés en
orthodontie***

Réaliser par :

Bendjebla Hayet

Hamek Habiba

Aissou Nawel

Khelifi Ahmed Nesrine

Encadré par :

Dr N. Kaci

Membres de jury :

Dr K.Hakem (présidente)

Dr N.Kaci (encadreur)

Dr B.Missara (examineur)

Année universitaire 2016-2017

Références bibliographiques

Introduction

Chapitre I

Bases fondamentales des ancrages

Chapitre II

Evolution des ancrages vissés

Chapitre III

Cas cliniques

Table des matières

Liste des abréviations

Conclusion

Table des figures

Dédicaces

Remerciements

LISTE DES ABREVIATIONS

1. **Amda:** advanced molar distalization appliance
2. **BIS:** Bicortical Titanium Screw
3. **BP:** biphosphonates
4. **CE :** conformité européenne
5. **FEM :** Finite Element Method ou méthode d'analyse d'éléments fins
6. **FEO / FEB:** force extra orale/ force extra buccale
7. **FM :** force motrice
8. **ISO:** International Organization for Standardization
9. **LOMAS:** Liou Orthodontic Mini Anchor System
10. **OBS:** Ortho Bone Screw
11. **OMA:** Orthodontic Miniplate Anchorage
12. **OMI :** Orthodontic Micro Implant
13. **MEB :** microscope électronique à balayage
14. **Ni-ti:** nickel-titane
15. **RM :** résistance mobile
16. **RS :** résistance stable
17. **SAS :** Skeletal Anchorage System ou systemes d'ancrage squelettiques
18. **S.F.O.D.F :** la société française d'orthopédie dento-faciale
19. **SIDA :** syndrome de l'immunodéficience acquise
20. **TAD'S :** skeletal temporary anchorage devices ou dispositifs d'ancrage squelettiques temporaire
21. **Ti6Al4V ou TA6V:** Aliage du titane (Ti :titane, Al :aluminium, V :vanadium)
22. **TOMAS :** Tomporary Orthodontic Micro Anchorage System

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABRVIATIONS

INTRODUCTION.....1

CHAPITRE I : BASES FONDAMENTALES DES ANCRAGES

1. Terminologie et historique.....2

 1.1. Terminologie.....2

 1.2. Historique.....3

2. Notions de l’ancrage.....8

 2.1. Définition.....8

 2.2. Concept d’ancrage en orthodontie.....9

 2.2.1. La réciprocité des forces.....9

 2.2.2. Le trinôme de De Nenevreze.....9

 2.3. Ancrage passif ou naturel.....10

 2.4. La perte d’ancrage.....12

3. Ancrage orthodontique.....12

 3.1. Les différents types de l’ancrage actif conventionnel.....12

 3.1.1. Les ancrages extra oraux.....12

 3.1.1.1. Les forces extra orales12

 3.1.1.1.1. Les forces extra orales appliquées sur molaires.....12

 3.1.1.1.2. Forces directionnelles.....13

 3.1.1.1.3. Forces extra orales appliquées sur gouttière13

 3.1.1.2. Masque de Delaire13

 3.1.2. Ancrages intra oraux14

 3.1.2.1. L’arc lingual14

 3.1.2.2. L’arc de Nance.....14

 3.1.2.3. L’arc transpalatin de Goshgarian.....14

 3.2. Ancrages vissés.....14

 3.2.1. Mini-implant.....15

| | |
|---|----|
| 3.2.2. Mini-plaque | 15 |
| CHAPITRE II : EVOLUTION DES ANCRAGES VISSES | |
| 1. Mini-vis..... | 18 |
| 1.1. Description..... | 18 |
| 1.1.1. Forme..... | 19 |
| 1.1.1.1.La tête..... | 19 |
| 1.1.1.2.Le col ou chanfrein..... | 20 |
| 1.1.1.3.Le corps de la vis..... | 21 |
| 1.1.1.3.1. Noyau et diamètre | 21 |
| 1.1.1.3.2. Filetage..... | 21 |
| 1.1.1.4.La pointe..... | 23 |
| 1.1.2. Dimension..... | 24 |
| 1.1.2.1.Le diamètre | 24 |
| 1.1.2.2.La longueur..... | 24 |
| 1.2. Aspect biologique..... | 25 |
| 1.2.1. Biocompatibilité..... | 25 |
| 1.2.2. Bio-intégration..... | 26 |
| 1.2.3. Influence de la surface implantaire..... | 28 |
| 1.2.4. Choix du matériau : titane ou acier ?..... | 29 |
| 1.3. Présentation de différent système de mini-vis..... | 33 |
| 1.3.1. Présentation des différents systèmes..... | 33 |
| 1.3.1.1.Les dispositifs endo-osseux..... | 33 |
| 1.3.1.1.1. Mini-implants..... | 33 |
| -L'Orthosystème..... | 33 |
| 1.3.1.1.2. Mini-vis..... | 34 |
| - Dispositif de Kanomi..... | 34 |
| -Micro-implant de Park..... | 34 |
| - Dispositif de Costa..... | 35 |
| 1.3.1.1.3. Implant bicortical - implant BIS..... | 36 |
| 1.3.1.1.4. Implants rétro-molaires..... | 36 |
| 1.3.1.2.Un dispositif sous-périosté juxta-osseux..... | 37 |
| - Disque juxta-osseux : On plant (Nobel Biocare)..... | 37 |

| | |
|---|----|
| 1.3.2. Présentation des systèmes les plus courants sur le marché..... | 38 |
| 1.3.2.1.Aarhus®..... | 40 |
| 1.3.2.2. Léone® de chez Odontec | 40 |
| 1.3.2.3.Absaonchor® micro-implant..... | 41 |
| 1.3.2.4.Lomas®..... | 42 |
| 1.3.2.5.Spider Screw®..... | 43 |
| 1.3.2.6.C-orthodontic®..... | 44 |
| 1.3.2.7.Ancora®..... | 45 |
| 1.3.2.8.Imtec®..... | 46 |
| 1.3.2.9.Tomas®..... | 47 |
| 1.3.2.10. Amda®..... | 47 |
| 1.3.2.11. Implant Victor..... | 48 |
| 1.3.2.12. Ancotek®..... | 49 |
| 1.3.2.13. O.B.S..... | 50 |
| 1.4. Le protocole opératoire..... | 51 |
| 1.4.1. Rappel anatomique..... | 51 |
| 1.4.1.1.Structure du tissu osseux..... | 51 |
| 1.4.1.2.Les risques chirurgicaux..... | 52 |
| 1.4.2. Choix de mini-vis..... | 53 |
| 1.4.2.1.Choix de la tête..... | 53 |
| 1.4.2.2.Choix du col..... | 54 |
| 1.4.2.3.Choix du diamètre..... | 55 |
| 1.4.2.4.Choix de la longueur..... | 55 |
| 1.4.3. Choix du site de pose..... | 56 |
| 1.4.4. Etapes cliniques..... | 58 |
| 1.4.4.1.Préparation du site d'insertion..... | 58 |
| 1.4.4.2.Marquage du point d'insertion sur la gencive..... | 58 |
| 1.4.4.3.Perforation de l'os cortical..... | 59 |
| 1.4.4.4.Insertion et vissage de la mini-vis..... | 60 |
| 1.4.4.5.Contrôle de la position et de la stabilité primaire de la mini-vis..... | 61 |
| 1.4.4.6.Conseils postopératoires..... | 62 |
| 1.4.4.7.Mise en charge orthodontique..... | 62 |
| 1.4.4.8.La dépose de la mini-vis..... | 62 |
| 1.5. Intérêts biomécaniques des mini-vis..... | 63 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 1.6. | Indications et contre-indications..... | 65 |
| 1.6.1. | Les indications des mini-implants..... | 65 |
| 1.6.2. | Les contre –indications des mini-implants..... | 72 |
| 1.6.2.1. | Les contre-indications générales..... | 72 |
| 1.6.2.1.1. | Les contre-indications générales absolues..... | 72 |
| 1.6.2.1.2. | Les contre-indications générales relatives..... | 73 |
| 1.6.2.2. | Les contre-indications locales des mini-implants..... | 74 |
| 1.6.2.2.1. | les contre-indications locales absolues..... | 74 |
| 1.6.2.2.2. | Les contre-indications locales relatives..... | 75 |
| 1.7. | Avantages et inconvénients des mini-implants..... | 75 |
| 1.7.1. | Avantages des mini-implants..... | 75 |
| 1.7.2. | Inconvénient des mini-implants..... | 76 |
| 1.8. | Complications..... | 76 |
| 1.8.1. | Complications per-opératoires..... | 76 |
| 1.8.2. | Complications post-opératoires..... | 77 |
| 1.8.3. | Complication à la dépose..... | 79 |
| 2. | Mini-plaque..... | 79 |
| 2.1. | Description des mini-plaques..... | 79 |
| 2.1.1. | Mini-plaque en I..... | 80 |
| 2.1.2. | Mini-plaque en T..... | 82 |
| 2.1.3. | Mini-plaque en croix..... | 83 |
| 2.2. | Présentation des mini-plaques..... | 83 |
| 2.2.1. | Le SAS (skeletal anchorage system)..... | 83 |
| 2.2.2. | L’ancrage squelettique « bollard »..... | 85 |
| 2.2.3. | Les mini-plaques d’ancrage TEB..... | 87 |
| 2.3. | Réactions tissulaires autour des mini-plaques..... | 92 |
| 2.4. | Intérêts biomécaniques des mini-plaques..... | 93 |
| 2.5. | Evaluation biomécanique des mini-plaques..... | 93 |
| 2.6. | Indications et contre-indications des mini-plaques..... | 97 |
| 2.6.1. | Indications des mini-plaques..... | 97 |
| 2.6.1.1. | Echec des mini-vis..... | 97 |
| 2.6.1.2. | Correction orthopédique de la classe III squelettique..... | 97 |
| 2.6.1.3. | Mini-plaques à visée orthodontique..... | 98 |
| 2.6.1.4. | Traitement ortho-chirurgical associé aux mini-plaques..... | 102 |

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----|
| 2.6.2. Contre-indications des mini-plaques..... | 102 |
| 2.6.2.1. Contre -indications absolues..... | 102 |
| 2.6.2.1.1. Contre-indications absolues générales..... | 102 |
| 2.6.2.1.2. Contre-indications absolues locales..... | 104 |
| 2.6.2.1.3. Contre indication générale relative..... | 104 |
| 2.6.2.1.4. Contre-indications locales relatives..... | 105 |
| 2.7. Avantages et inconvénients de l'utilisation des mini-plaques..... | 105 |
| 2.7.1. Avantages des mini-plaques..... | 105 |
| 2.7.2. Inconvénients des mini-plaques..... | 108 |
| | |
| CHAPITRE III : CAS CLINIQUES | |
| 1. Mini-vis..... | 109 |
| 2. Mini-plaque..... | 114 |
| CONCLUSION..... | 118 |
| | |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | |

INTRODUCTION

Le développement des dispositifs d'ancrage squelettique (TAD'S) durant ces dernières années, constitue une véritable révolution pour l'orthodontie. Le champ d'application de l'orthodontiste s'accroît, avec l'apparition de nouvelles perspectives thérapeutiques.

L'ancrage osseux optimal, dit " absolu ", présente un contrôle mécanique fiable et limite l'apparition de mouvements parasites.

Leur utilisation permet de réduire la durée du traitement et ne dépend plus de la coopération du patient ; plus esthétique, plus confortable et mieux toléré par les patients que les ancrages traditionnels. Leurs principaux avantages sont une mise en place aisée et la multitude de site d'insertion qu'il autorise. Il sera réservé plus particulièrement aux adultes, aux adolescents peu coopérants.

Plusieurs méthodes ont été proposées pour réaliser des mouvements orthodontiques complexes. Ces techniques constituent une réelle avancée dans la prise en charge orthodontique, elles restent pour l'instant réservées à des situations bien particulières où les limites de l'orthodontie classique sont atteintes.

Notre exposé a pour objectif de décrire le système d'ancrage temporaire (TADS), en présentant ses avantages, ses inconvénients, sa technique chirurgicale de mise en place, son mode d'utilisation durant les traitements orthodontiques. Un bref rappel sur l'ancrage orthodontique permettra de mettre en avant l'intérêt des ancrages vissés orthodontiques par rapport aux ancrages conventionnels et de décrire les différents systèmes actuellement mis sur le marché.

1. Terminologie et historique :

1.1. Terminologie ⁽⁴⁰⁾

De nombreux termes désignant les ancrages vissés sont rencontrés dans la littérature : « micro-implants », « mini-implants », « mini-implants orthodontiques », « micro-vis », « mini-vis », « vis d'ancrage », etc.

Implant-vis : pour de nombreux auteurs, tout dispositif implanté à l'intérieur d'un organisme doit être considéré comme un « implant ».

Le terme « implant » peut se justifier également par les similitudes avec les implants prothétiques : biocompatibilité, utilisation du titane et un certain degré d'ostéointégration. Certains auteurs considèrent le terme « implant » inadapté, car traduisant mal le caractère temporaire du dispositif.

Dans la littérature anglo-saxonne, le terme le plus utilisé est « mini-screw implant » (mini-vis implantaire)

Micro-mini : le terme « mini » est généralement retenu pour les diamètres de 1.5 à 2 mm. En dessous de 1.5mm, on parle de « micro-implant ».

Enfoui – non enfoui : les mini-implants sont enfouis (avec ou sans tête, placés sous la muqueuse alvéolaire) ou non enfouis (la tête est exposée dans la cavité buccale).

TAD'S – SAS : les américains ont pour leur part préféré désigner l'ensemble des ancrages orthodontiques par le terme TAD'S (Skeletal Temporary Anchorage Devices ou dispositifs squelettiques d'ancrage temporaire).

Le terme « SAS » (Skeletal Anchorage systems ou systèmes d'ancrage squelettiques) utilisé au Japon désigne les systèmes plus complexes de mini-plaques.

En réalité, la nature de l'interface os\implant (présence d'un certain taux d'ostéointégration pour les vis en alliage de titane) permet de retenir le terme « implant », de préférence à « vis » jugé moins approprié pour un usage médical. Le caractère temporaire étant évoqué par le préfixe « mini » ou « micro », ou par le qualificatif orthodontique.

1.2. Historique

L'utilisation des implants en orthodontie semble peu fréquente mais l'évolution des études expérimentales montre que l'idée n'est pas nouvelle, alors que l'évolution des mini-vis s'est faite en parallèle de celle des implants dentaires. ⁽⁸⁰⁾

L'ancrage osseux temporaire en orthodontie a une double origine

- L'ancrage osseux utilisé en chirurgie orthopédique, via des vis de synthèse en acier chirurgical (prothèse de hanche, chirurgie maxillo-faciale)

- L'ancrage osseux utilisé en implantologie, via les implants dentaires en titane. ⁽⁶³⁾

La notion d'ancrage « absolu » avait été déjà étudiée à la fin du XXe siècle avec l'utilisation d'implant exploités comme ancrage orthodontique et aussi L'utilisation de dents ankylosées qui constituait les débuts de l'ancrage osseux ^(137,144,142).

Application orthodontique chez l'animal

L'utilisation des implants endo-osseux dans le but d'obtenir un ancrage absolu remonte à 1945, quand Gainsforth et Highley eurent l'idée de placer des vis en vitallium dans les ramus de 6 chiens pour réaliser une traction mandibulaire; et des anneaux en acier détrempe inoxydables dans les mandibules afin de rétracter les canines maxillaires. Le but était de renforcer la stabilité des dents servant d'ancrage. Cependant, ces vis insérées au maxillaire et à la mandibule se mobilisent un mois après leur mise en charge. ⁽⁶¹⁾

Parallèlement à ce concept d'ancrage en acier, Bränemark introduit en 1969, la notion d'ostéointégration en proposant de se servir des implants dentaires pour des traitements ortho-prothétiques. ⁽¹⁹⁾

Il faudra attendre quelques années avant que d'autres expériences soient tentées ; SHERMAN en 1978 met en place chez le chien des implants de forme classique en carbone vitreux laissés en nourrisse pendant 70 jours, puis chargés avec des forces de 175 grammes ; sur six implants testés, seul deux sont stables et fonctionnels, mais il n'y a pas eu de mobilisation des deux implants par les forces orthodontiques. ⁽¹⁴⁵⁾

D'autres expérimentations sur des implants en oxyde d'alumine recouverts de bioglass soumis à des forces orthodontiques comme Smith en 1979, Shapiro et Moffet 1980 et Turley en 1982. ⁽¹⁶²⁾

Smith a étudié les effets de la mise en charge contrôlée d'implants chez des singes mâles pendant l'application de forces de 425 à 925 grammes pendant deux à neuf semaines. Et est le premier à appliquer des niveaux de forces retrouvés en orthodontie ⁽¹⁴⁹⁾, il ne rapporte pas de mouvements significatifs de ces implants sur des singes.

Les résultats sont décevants en raison du manque d'ostéo-intégration des matériaux employés, de la mise en charge trop précoce et avec des forces orthodontiques trop importantes, et du manque de fiabilité des techniques chirurgicales. ⁽⁶³⁾

De 1984 à 1990, les effets des forces sur les implants sont évalués à travers des expérimentations sur le chien et le lapin, ^{(140), (162), (139)}.

Plusieurs études appuyées sur les travaux de Bränemark démontrent la fiabilité sans équivoque des implants en titane comme ancrage orthodontique. En 1984, Roberts et al. Appliquent ce principe d'ostéointégration à l'orthodontie en utilisant vingt implants (3.2mm x 8mm) en Titane dans des fémurs de lapins ⁽¹⁴⁰⁾ comme piliers d'ancrage orthodontique. Après quatre à huit semaines d'application d'une force de 100 grammes, un implant sur vingt devient mobile. ⁽¹⁶⁾

Plus récemment des implants en Ticonium (alliage cobalt -chrome) ont été utilisés comme ancrage par DOUGLASS ET KILLIANY en 1987 sur cinq rats en appliquant des forces de 150 grammes entre une molaire et l'implant. Un taux de succès de 23.8% a été constaté ; et l'échec ne semble nullement dû à la nature de l'implant mais à plusieurs facteurs présents chez le rat. ⁽⁵¹⁾

En 1988, Turley et al. Appliquent des forces orthodontiques sur implant endo- osseux en titane chez le chien. ⁽¹⁶²⁾ La particularité de cette expérience tient au fait qu'ici les implants sont larges et plus étroits et ceux-ci vont être implantés dans des sites non habituels tels que la corticale linguale de la mandibule, le palais, le zygomatique et le temporal afin de tester la stabilité des implants comme ancrage orthodontique. A l'issue de cette étude ; 100% des implants larges sont restés stables, contre 47% des implants étroits, selon les auteurs la mise en charge trop précoce explique ces mobilités. ⁽¹⁶⁾

Toujours en 1988, Smalley et Shapirio posent des implants trans-cutanés en titane sur des singes, avec des forces de 600 grammes sur une durée de 12 à 18 semaines. Ils observent alors un taux de succès de 100%.⁽¹⁴⁸⁾

A la lumière de ces différentes expérimentations, nous pouvons conclure que les implants endo-osseux posés selon un protocole rigoureux satisfaisant aux exigences cliniques et chirurgicales peuvent devenir une source d'ancrage orthodontique efficace et fiable.

Cette fiabilité des résultats a favorisée la transposition de cette technique pour une application en clinique humaine.⁽¹⁶⁾

Application chez l'homme

Toutes les études citées précédemment ont permis de déterminer certains critères à tester pour savoir si un implant est susceptible d'être utilisé en orthodontie ou en orthopédie :

- Stabilité des implants sous des charges orthodontiques ou orthopédiques
- Possibilité de permettre le mouvement d'une dent, d'une mâchoire ou du massif facial.⁽¹⁶⁾

En ce qui concerne les études chez l'homme, Linkow fut le premier en 1970 à associer les implants à l'orthodontie,⁽⁹³⁾. Six cas cliniques ont été analysés, après 2 ans d'étude Linkow conclut au succès de ces implants.

Plus tard, en 1983, Creekmore et Ekland⁽³⁸⁾ publient une étude concernant l'ingression des incisives maxillaires chez l'homme à l'aide de vis chirurgicales en titane insérées dans l'épine nasale antérieure. Ils obtiennent un mouvement de 6 mm et un torque de 25°.(Fig1)

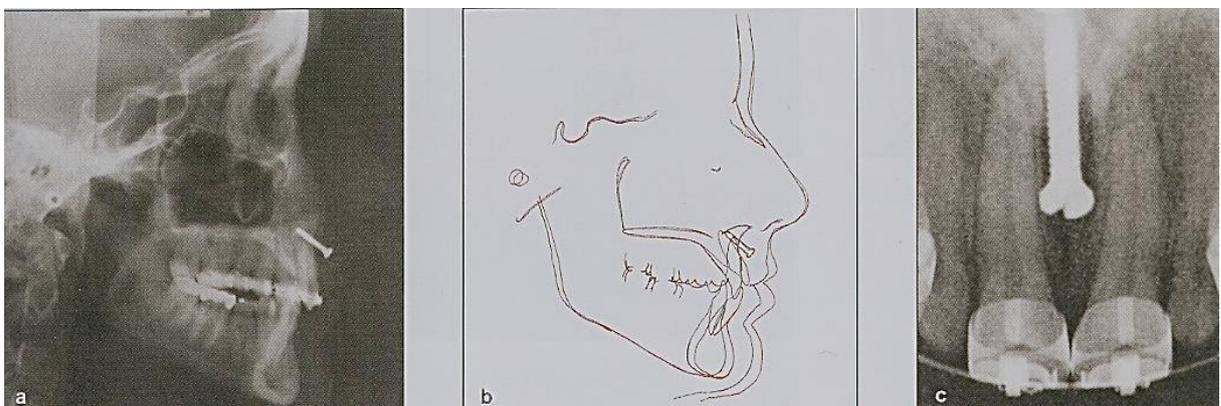


Fig 1. Ingression incisive à l'aide d'une vis en titane. D'après Creekmore T., Ekland M.⁽³⁸⁾

Malgré la biocompatibilité du Vitallium®, aucune intégration à long terme ne sera obtenue en dépit des essais successifs menés par plusieurs équipes au cours des décennies suivantes. ⁽¹²⁾

Beaucoup d'auteurs cherchent à valider l'usage des implants endo-osseux comme ancrage orthodontique. Mais la taille volumineuse de ces implants dentaires, combinée aux sites d'implantations limités, au geste invasif, au coût élevé et au temps passé à attendre l'ostéointégration limitent leur utilisation en orthodontie. ⁽⁶³⁾

Les résultats cliniques de Roberts et al. en 1984(Fig2) montrent qu'un implant ostéo-intégré représente un ancrage osseux rigide et durable utilisable aussi bien en orthodontie qu'en orthopédie dento-faciale ⁽¹²⁾

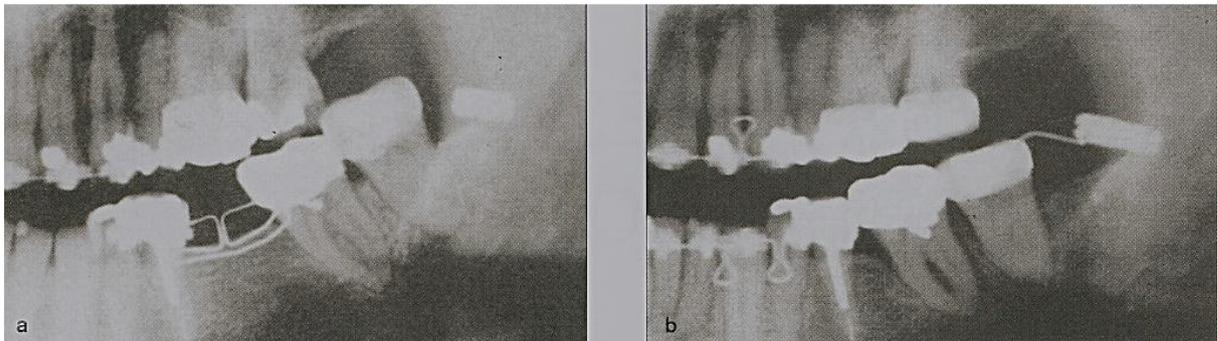


Fig 2. Mésialisation à l'aide d'un implant rétro-molaire ostéo-intégré d'après Roberts et coll. ⁽⁸⁵⁾

Odman et al utilisent en 1988 des implants afin d'égresser et de reculer des dents. ⁽¹¹⁹⁾

Dans les années 90, CHILLES et CHILLES ont utilisé des vis de chirurgie maxillo-faciale comme ancrage pour des cas simples ⁽²⁷⁾

En 1991, Higuchi réalise une étude dont le but est d'établir le lien entre l'implant ostéointégré de Bränemark comme unité d'ancrage intra orale et un déplacement dentaire. Sur sept patients étudiés, les implants ont servi de manière efficace comme unité d'ancrage permettant les corrections occlusales. ⁽⁶⁴⁾

Block et Hoffman ont l'idée d'un dérivé implantaire et introduisent sur le marché l'Onplant ® en 1995. ⁽¹⁵⁾

Wehrbein en 1996 propose l'Orthosystem® ou la mise en place au niveau de la région sagittale médiane d'implants modifiés (petite vis en titane). Mais le protocole reste difficile et les indications réduites. ⁽¹⁶⁷⁾

Glatzmaier, et al. Testent la même année des implants biodégradables. ⁽⁶²⁾

C'est pourquoi, après Creekmore et Eklund qui avaient les premiers utilisés une « petite » vis chirurgicale en métal pour ingresser les incisives centrales maxillaires, en 1996, Bousquet publie un cas pour lequel une vis titane de 0,7 mm de diamètre et de 6 mm de longueur est positionnée dans l'os maxillaire, en mésial de la première molaire, pour reculer les premières prémolaires après extraction des secondes prémolaires ⁽¹⁷⁾

En 1997, Kanomi introduit véritablement les mini-vis comme ancrage temporaire osseux⁽⁷²⁾, des mini-vis de diamètre réduit insérés dans les régions sus et supra-apicales.

Moins d'une année après, Costa présente une étude préliminaire sur l'intérêt de l'utilisation des mini-vis titane en orthodontie réalisées sur crânes secs de singes à l'aide de la méthode des éléments finis puis appliquée sur quinze patients ⁽³⁷⁾. cette mini-vis peut être utilisée à la fois pour un ancrage direct et un ancrage indirect. ⁽¹¹¹⁾

En 2002, Trisi et Rebaudi. Évaluent la stabilité des implants au cours d'un traitement porté sur 12 patients ayant des implants rétro-molaires ou palatins. Le traitement avait été facilité et plus rapide qu'avec des moyens classiques ; la stabilité des implants ayant été permise par un intense remodelage osseux. ⁽¹⁶¹⁾

Melsen propose le système Aarhus® en 1999,

Durant toutes les années 2000, on assiste à la sortie de multiples systèmes tels que celui de Gray et Smith (MTI®) en 2000, le MIA® de Park en 2002 suivi de L'Omas® de Cheng en 2003 et les Spider Screws® de Maino en 2003.

En 2002 la mini-vis Léone® voit le jour comme système en acier chirurgical. Aujourd'hui, elle est rejointe sur le marché par la mini-vis Ancora® (Serf) depuis 2004 ⁽⁶³⁾

Parallèlement au développement de mini-vis d'ancrage osseux temporaires, il ya eu la naissance des systèmes de plaque d'ancrage. Cependant, les mini-vis trouvent leur limite dans la réalisation de mouvements de grande amplitude. A partir de ce constat, un système

possédant une surface d'ancrage plus importante et pouvant être mis en place à distance des racines est recherché.⁽¹⁵⁰⁾

JENNER et al (70) en 1985 ont été les premiers à rapporter l'usage d'une plaque d'ostéosynthèse servant d'ancrage orthodontique.⁽¹³¹⁾ Les mini-plaques sont le fruit de cette évolution. En plus d'offrir un ancrage absolu, elles permettent de prendre en charge des patients chez lesquels l'utilisation des mini-vis n'est pas envisageable (par exemple, dans les cas de distalisation en masse d'arcade).⁽¹⁵⁰⁾

Umemori et al en 1995, ont fixé une mini-plaque d'ostéosynthèse sous apicalement de telle sorte qu'elle émerge au travers du repli de la muqueuse buccale pour servir d'ancrage.⁽¹⁶⁴⁾

Plus récemment, les mini-plaques ont servi au maxillaire par SHERWOOD ou à la mandibule par SUGAWARA pour corriger des béances squelettiques chez des patients adultes qui auraient nécessité une chirurgie orthognathique.

Leur usage s'est étendu par la suite grâce à SHERWOOD à l'intrusion ou grâce à SUGAWARA à la distalisation molaire. De nombreuses publications démontrent l'avenir prometteur de ces dispositifs.⁽¹³¹⁾

Enfin, en 2002, Sugawara montre comment les miniplaques vissées peuvent être utilisées comme ancrage en orthodontie⁽¹³⁵⁾. Il est aujourd'hui rejoint par des auteurs comme Hugo de Clerck⁽⁴⁷⁾.

2. Notions de l'ancrage

2.1. Définition⁽¹³¹⁾

Selon le Larousse, l'ancrage est un terme de marine du XV^e siècle qui évolue au XIX^e siècle pour devenir plus général et définir le principe « d'attacher à un point fixe ». L'ancrage joue un rôle primordial. Il se définit comme l'élément résistant aux mouvements dentaires indésirables sur lequel s'appuie la force motrice nécessaire aux déplacements dentaires souhaités.

2.2. Concept d'ancrage⁽⁹⁹⁾

2.2.1. La réciprocité des forces

Selon le troisième principe de Newton :⁽⁹⁸⁾ « à toute action correspond une réaction d'intensité égale et de sens opposé » (Fig 3). Quelle que soit la thérapeutique mécanique orthodontique utilisée, appliquer une force sur une dent, un groupe de dents ou une arcade engendre une force de même intensité, de même ligne d'action, mais de sens opposé sur la structure d'appui.

Cette réaction entraîne des effets rarement souhaités et l'on recherche le plus souvent la fixité des dents supports qui constituent l'ancrage.

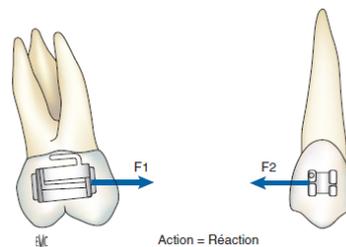


Fig 3. Forces d'action et de réaction égales et de sens opposé
($F1 = F2$).⁽⁹⁹⁾

2.2.2. Le trinôme de De Nevreze⁽⁹⁹⁾

Lors de déplacement dentaire orthodontique

- L'élément à déplacer possède une résistance appelée mobile (RM)
- L'élément d'ancrage possède une résistance appelée stable (RS)
- Le déplacement est activé par une force motrice (FM) appliquée entre les éléments « mobile » et « stable ».

Dans le cas de l'utilisation des mini-vis, $RS > FM > RM$, l'ancrage est alors maximal et seul RM se déplace.

Cette situation d'ancrage est souvent recherchée chez les adultes, pour lesquels le support osseux des dents d'appui ne constitue pas toujours une résistance RS suffisante avec les moyens d'ancrages conventionnels. (Fig 4)

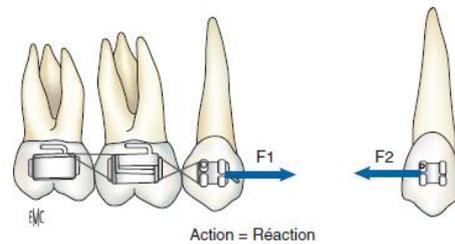


Fig 4. Résistance au déplacement de l'unité d'ancrage ($F1 = F2$).⁽⁹⁹⁾

2.3. Ancrage passif ou naturel

Cet ancrage appelé aussi ancrage biologique, est constitué par la dent elle-même. Il correspond à la résistance naturelle au déplacement qu'offre la dent ancrée dans l'os alvéolaire par l'intermédiaire du ligament.⁽⁸⁸⁾

Cela dépend de l'environnement

- Osseux ;
- Musculaire ;
- Dentaire ;
- Occlusal ;
- et également de la croissance résiduelle.

En effet, la densité osseuse joue un rôle très important dans les variations de résistance aux mouvements.

L'os Cortical est peu Vascularisé, à l'inverse de l'os spongieux, donc plus dense donc moins favorable aux remaniements tissulaires.⁽⁸⁸⁾

De même que la hauteur de l'os alvéolaire et sa qualité font fortement varier les résistances au mouvement ; par exemple chez l'adulte aux nombreuses parodontopathies , l'ancrage naturel est minime.⁽¹⁶⁾

R.M. Ricketts⁽⁸¹⁾ a montré qu'il existe une zone idéale pour ancrer les molaires mandibulaires ; celle-ci est représentée par la région de la ligne oblique externe.

Il préconise de placer les racines de ces dents dans cette zone de résistance.

L'environnement musculaire a également un rôle déterminant dans l'ancrage passif, en rapport avec la typologie faciale.⁽⁸⁸⁾

Chez un hypodivergent (ou brachyfacial), les muscles masticateurs élévateurs sont hypertoniques constituant une véritable opposition au déplacement dentaire

Chez un hyperdivergent (ou dolichofacial), la musculature élévatrice très hypotonique est incapable de résister aux mouvements dentaires.⁽⁸⁸⁾

Toute parafonction, telle que la ventilation orale, la déglutition atypique, diminue de manière considérable l'ancrage passif.⁽¹⁶⁾

De nombreux paramètres dentaires doivent être considérés pour tenir compte de l'ancrage passif :

- La surface radiculaire en mm² de la dent : La valeur d'ancrage d'une dent pluriradiculée est supérieure à celle d'une monoradiculée selon les principes de Jarabak et Freeman.⁽⁷⁰⁾⁽⁷⁵⁾
- Le nombre de dents : Pour augmenter l'ancrage, il convient de solidariser le maximum de dents. « Le fait de solidariser par exemple, plusieurs dents à un sectionnel rigide, permet d'obtenir une meilleure résistance parodontale de l'unité passive et de diminuer les effets parasites indésirables au niveau des dents directement en contact aux points d'application de la force ». ⁽²⁰⁾
- Le rapport couronne/racine : En effet, l'ancrage augmente quand ce rapport diminue. ⁽¹⁶⁾
- L'inclinaison de la dent : Par exemple, une molaire disto-versée par tip-back présente une meilleure résistance à la traction. (concept du piquet de tente de Tweed).

Une intercuspitation équilibrée joue un rôle de verrou et permet une résistance à tout déplacement. ⁽¹⁶⁾

2.4. Perte d'ancrage

Une perte d'ancrage va induire des mouvements parasites pouvant entraver les résultats de la thérapie orthodontique.

En effet, il peut par exemple se produire une mésialisation indésirable des dents postérieures avec souvent une version mésiale de la molaire d'ancrage.

Mais classiquement, l'orthodontiste se sert de cette perte d'ancrage comme moyen thérapeutique pour corriger des malocclusions.

Langlad décrit par exemple la perte d'ancrage antéro-supérieur et postéro-inférieure pour traiter une classe II division 1 avec extraction.⁽⁸¹⁾

3. Ancrage orthodontique

L'ancrage naturel est difficile à maîtriser du fait de sa variabilité ; c'est pourquoi les thérapies orthodontiques font appel à l'ancrage mécanique « actif » pour des mouvements nécessitant un ancrage important. Quinn et Yoshikawa ont ainsi démontré en 1985 qu'un ancrage additionnel est souvent requis.⁽¹³²⁾

3.1. Les différents types d'ancrage orthodontique actif conventionnel

3.1.1. Ancrages extra-oraux

3.1.1.1. Les forces extra orales :

3.1.1.1.1. Les forces extra orales appliquées sur molaires

C'est un dispositif mécanique mobile prenant appui en dehors de la cavité buccale, il comporte :

- Un appui péri crânien
- Un système de traction élastique externe

- Un arc d'appui interne qui peut être placé soit sur des bagues molaires au niveau des dents de 6 ans ou sur gouttière amovible.

3.1.1.1.2. Forces directionnelles

Le concept de forces directionnelles a été décrit par MERRIELD et CROSS en 1969, il utilise une force extra orale à traction haute appliquée directement sur l'arc maxillaire grâce à des barrettes appelées également (J hooks), c'est des crochets en forme de J et c'est le meilleur moyen de recule des canines sans perte d'ancrage dans le cas d'extraction des prémolaires.

3.1.1.1.3. Forces extra orales appliquées sur gouttière

Il s'agit d'une gouttière dont la forme occlusale est plane mais qui recouvre toutes les dents maxillaire d'une hauteur de 2mm au-delà du collet, le palais est dégagé, l'arc interne de la (FEB) est entièrement noué dans la résine, ce qui permet un excellent contrôle de l'ingression incisive et un recule en masse du maxillaire.

3.1.1.2. Masque de Delaire

Ce dispositif orthodontique comporte deux points d'appui, sur le front et sur le menton qui consistent l'ancrage et un arc double à l'arcade maxillaire relié au masque par des tractions élastiques. Il est indiqué pour le traitement de la brachignathie maxillaire ou retrognathie maxillaire sans anomalies majeurs au niveau de la mandibule, et pour le traitement des séquelles des fentes labio-palatine.

3.1.2. Ancrages intra oraux

3.1.2.1. L'arc lingual

C'est un arc soudé à des bagues scellées sur les molaires définitives inférieures ; il peut remplir plusieurs rôles tels que : mainteneur d'espace, contention, maintien de l'ancrage molaire.⁽¹⁶⁾

3.1.2.2. L'arc de Nance

C'est un arc bi-bague comporte une courbure en S noyé dans une pastille de résine appliquée dans le creux de la voute palatine ; ayant ainsi pour objectif de maintenir les premières molaires supérieures comme ancrage. Ceci peut être renforcé par l'adjonction de forces extra-oraales.⁽¹⁶⁾

3.1.2.3. L'arc transpalatin de Goshgarian

Cet arc est fixé aux molaires et suit la voute palatine dans le plan vertical permettant ainsi d'augmenter l'ancrage des molaires supérieures et pouvant également créer une expansion transversale par activation.⁽¹⁶⁾

3.2. Ancrage vissé

Un des soucis majeurs de l'orthodontiste est sans aucun doute le contrôle de l'ancrage afin de parvenir aux objectifs définis lors du plan de traitement.⁽¹⁶⁾

Les dispositifs orthodontiques conventionnels prennent appui sur les structures dentaires qui doivent alors résister aux forces mises en œuvre pour obtenir le déplacement dentaires souhaité, ces structures répondent à la loi d'action/réaction, le déplacement d'une dent peut donc affecter son unité d'ancrage et induire des mouvements parasites. Ce déplacement indésirable, appelé perte d'ancrage, peut entraver les résultats de la thérapeutique orthodontique.⁽⁸⁸⁾

D'autre part, ces techniques traditionnelles présentent certains désavantages pour le patient tels qu'un préjudice esthétique, une coopération très rigoureuse, un certain degré d'inconfort.⁽¹⁶⁾

C'est la raison pour laquelle l'ancrage squelettique temporaire a été présenté comme une véritable révolution en biomécanique orthodontique (Amat 2006)⁽²⁾.

Ce dispositif d'ancrage squelettique transitoire, on peut le placer à de nombreux sites buccaux proches de l'arcade dentaire. Les ancrages vissés comportent à la fois les mini-vis et les plaques squelettiques et sont considérés par Baron⁽⁹⁾ comme « un saut technique et conceptuel considérable ».⁽¹³¹⁾

3.2.1. Les mini-vis

Ce sont des dispositifs qui procurent un point d'ancrage squelettique temporaire (de 4 à 12 mois) au maxillaire ou à la mandibule, permettant les mouvements orthodontique d'ingression, d'égression, de mésialisation, de distalisation, et d'inclinaison (S.F.O.D.F 2010). Une vis comporte une partie filetée et une tête permettant de faire tourner de manière à en assurer la pénétration dans une pièce taraudée ou dans un milieu résistant (Larousse 2011)⁽⁸²⁾.

3.2.2. Les plaques squelettiques

Ce sont des appareils d'ostéosynthèse modifiés, les mimi-plaques en titane étant temporairement fixées par des vis mono corticales. Ce système a été décrit dans l'étude de Sugawara et al.⁽¹⁵⁴⁾

Les mini-plaques sont composées de trois parties :

- Un corps sous périosté en forme de T, d'Y, de I, ou de L.
- Un bras trans-muqueux de 3 longueurs différentes
- Une tête intra-orale positionnée en dehors de la denture pour ne pas interférer avec les mouvements dentaires. Elle est constituée de 3 crochets continus pour l'attachement des systèmes de traction orthodontique et possède 2 variantes selon la direction des crochets.⁽¹³¹⁾

Les implants sont utilisés pour créer l'ancrage nécessaire au traitement orthodontique (*Ancrage direct*) (Fig 5) ou pour renforcer l'ancrage traditionnel orthodontique (*Ancrage indirect*) (Fig 6).⁽¹³⁴⁾

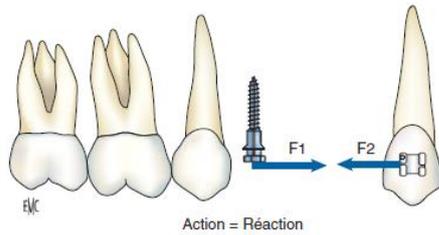


Fig5. Ancrage direct par minivis ($F1 = F2$)⁽⁹⁹⁾

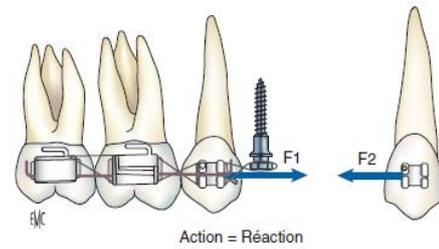


Fig 6. Ancrage indirect par minivis ($F1 = F2$)⁽⁹⁹⁾

Les implants d'ancrage sont des ancrages fiables, contrôlant les forces de réaction et permettant une bonne prévisibilité du déroulement du traitement.⁽¹⁴³⁾

Il est fondamental de faire une distinction entre les implants d'ancrage

➤ Les implants conventionnels ortho-prothétiques

Les implants standard posés dans un but prothétique ont été initialement exploités en orthodontie.^(137,140) 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 standards 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.⁽⁴²⁾

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 rétromolaire est limitée par l'enveloppe osseuse et la difficulté de maintenir une hygiène buccale satisfaisante.⁽⁴¹⁾

➤ **Les implants limités à la durée du traitement orthodontique**

à usage strictement orthodontique, ils sont déposés à l'issue du traitement.

Ces mini-implants furent développés à partir de vis chirurgicales. Leur diamètre et longueur sont plus réduits que les implants standards à visée prothétique ; en général, leur surface est usinée.

Ces implants permettent d'éviter les inconvénients des implants conventionnels utilisés jusque-là en orthodontie. ⁽⁴¹⁾

1. Mini-vis

1.1. Description

Une vis est une machine simple qui convertit un mouvement de rotation en un mouvement de translation tout en ayant un rôle mécanique. Quel que soit le fabricant, les mini-vis à usage orthodontique présentent toutes la même conception macro-géométrique. Elles se composent d'une tête, d'un col Trans-muqueux et d'un corps. Elles peuvent être de tailles et de formes différentes selon les marques ; on en trouve des coniques, des cylindriques et essentiellement des cylindro-coniques. ⁽¹⁴¹⁾

Elles sont mises à disposition sous forme de kit d'utilisation avec tout le matériel nécessaire à sa pose et son retrait dans le but de faciliter le travail du praticien. ⁽¹⁴¹⁾

Il existe plus de 70 modèles de vis présents sur le marché. Il est important de bien connaître le dessin de la pointe, les caractéristiques de filetage, et le dessin du col et de la tête de la mini-vis pour obtenir une bonne stabilité primaire dans l'os. En fonction de ces différentes caractéristiques, les propriétés mécaniques de la vis varient (Fig 7). ⁽⁶³⁾

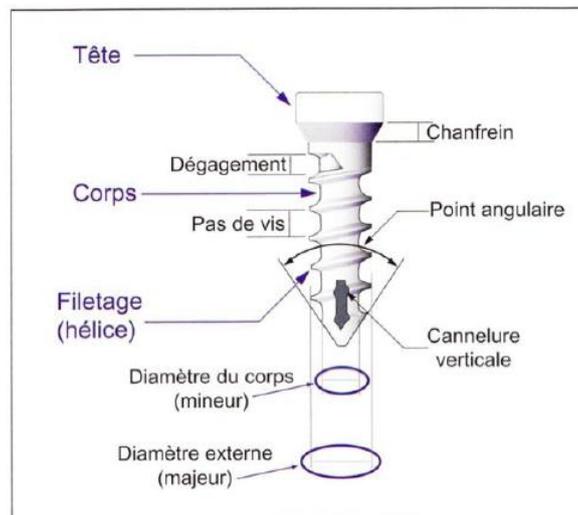


Fig 7. Composants d'une vis. ⁽⁶³⁾

La conception de ces trois parties doit répondre à des critères

- mécanique : obtention d'une stabilité primaire suffisante pour assurer l'ancrage.
- physiologique : forme atraumatique pour les tissus mous et évitant l'accumulation de la plaque bactérienne.
- pratique : protocole de mise en place chirurgicale simple, accessibilité de la connexion avec le système de traction. ⁽⁶³⁾

1.1.1. Forme

1.1.1.1. La tête

La tête d'une vis orthodontique a deux fonctions : transmettre une force au corps et servir ensuite de point d'application à la force orthodontique engendrée⁽¹⁶¹⁾. Elle représente la partie intermédiaire entre la vis proprement dite et les différents auxiliaires orthodontiques (chainettes, ressorts, ligatures, élastiques, arcs). Elle correspond donc à la partie qui émerge dans la cavité buccale. Sa surface est donc polie pour réduire l'accumulation de plaque bactérienne autour de la tête au contact des tissus mous, et pour faciliter l'hygiène ⁽¹⁴¹⁾ et le design doit être au maximum arrondi pour éviter l'inflammation gingivale et les blessures jugales ou linguales. ⁽⁶³⁾

Il existe différentes tailles et formes de tête. Sa conception conditionne la manière dont la mini-vis va pouvoir être utilisée comme ancrage. ⁽⁸⁶⁾ Il existe actuellement deux grands types de tête (Fig 8)

- les mini-vis avec une tête à contrôle tridimensionnel : la partie supéro-externe de la tête présente deux gorges comme une attache orthodontique et permet ainsi l'insertion d'un arc de section maximale

- les mini-vis avec un seul point d'ancrage : comme un trou un bouton ou une gorge, peuvent être utilisées avec une ligature pour empêcher des déplacements dentaires en maintenant la distance entre la vis et la dent.

On trouve également sur le marché des mini-vis sans tête, lorsque celle-ci est enfouie totalement sous la muqueuse libre. La connexion avec le système orthodontique se réalise donc uniquement avec des ligatures métalliques. ⁽¹⁴¹⁾



Fig 8.tête de la mini-vis Ancotek® – Tekka et tête de la mini-vis Ancora®-Serf ⁽⁶³⁾

1.1.1.2. Le col ou chanfrein

Le col correspond à la partie Trans-muqueuse de la vis. Il doit être parfaitement lisse afin de réduire le risque de rétention de la plaque dentaire. La longueur de col est variable en fonction de l'épaisseur de la muqueuse et du site d'insertion, l'herméticité de cette interface est indispensable pour éviter une colonisation bactérienne et une prolifération des tissus mous ⁽⁶³⁾. Il est généralement cylindrique en forme de corolle, pour éviter toute compression gingivale, améliorer l'adaptation du tissu muqueux autour de ce col et permettre une bonne cicatrisation. Certains fabricant ont rajouté une butée de profondeur au niveau du col pour limiter l'enfoncement de la mini-vis mais elle entraîne une plus grande compression gingivale. Le choix du col de la mini-vis se fera en fonction de l'épaisseur de la muqueuse gingivale de site à implanter. ⁽¹⁴¹⁾

Le taux d'échec des mini-vis d'ancrage est souvent du à l'inflammation gingivale au niveau du col. De plus lors de la dépose, la contrainte maximale se situe également à cet endroit. Le col de la mini-vis est donc véritablement la partie la plus importante de ce système, il doit être dextrement résistant. La résistance à la torsion étant proportionnelle au cube du diamètre du col, une très petite augmentation de ce diamètre peut augmenter considérablement la solidité de la vis. En somme, plus le diamètre du col est important, plus le risque d'échec du à la fracture de la vis pendant l'insertion est limité. ⁽⁶³⁾

1.1.1.3. Le corps de la vis

1.1.1.3.1. Noyau et diamètre

Le noyau qui forme le corps de la vis est entouré par le filetage hélicoïdal. La section transversale du noyau (appelée surface de la racine de la vis) détermine la résistance à la torsion de la vis (Perry et Gilula 1992). La résistance à la torsion étant proportionnelle au cube du diamètre du noyau (Perren 1976), une très petite augmentation de ce diamètre peut augmenter énormément la solidité de la vis. Plus le diamètre du noyau est important, plus est faible le risque d'échec de la vis du à la fracture pendant son insertion. ⁽⁶³⁾

Aujourd'hui, l'ensemble des mini-vis a un diamètre compris entre 1,2 et 2 mm. Plus le diamètre est grand, plus la répartition des contraintes dans l'os cortical est favorable. Le faible diamètre a pour seul avantage une insertion plus aisée entre les racines, mais présente une moindre résistance à la fracture. Plusieurs auteurs recommandent l'utilisation de mini-vis de 1,8 ou 2 mm de diamètre (Jolley et Chug 2007) (Draque et Elouze 2007) et déconseillent l'utilisation de mini-vis en dessous de 1,3 mm de diamètre (J-S. Lee, J. Kim, et al. 2008).

Néanmoins, une étude récente publiée par Moraned relativise la notion de diamètre en comparant l'ancrage mono et bi-cortical. En effet, une mini-vis de diamètre de 2,5 mm placée en mono-corticale présente moins de valeur d'ancrage qu'une mini-vis de 1,5 mm de diamètre placée dans les deux corticales osseuses (Morand, et al. 2009). ⁽⁶³⁾

Cette partie intra-osseuse de la vis est généralement de forme tronconique dans son tiers apical puis cylindrique dans sa partie supérieure. Cette forme caractéristique permet de diminuer les risques de lésion de l'os cortical lors du vissage (application de forces verticales) et de compenser, par l'augmentation du diamètre, les effets de vibration lors de l'insertion de l'implant dans l'os cortical. ⁽²²⁾

1.1.1.3.2. Filetage

-La longueur du filetage : la longueur du filetage est généralement comprise entre 6 et 12 mm. Une vis courte sera utilisée dans une corticale épaisse ; une mini-vis plus longue

améliorera la stabilité primaire dans une corticale fine. Un ancrage intra-osseux de 10 mm est généralement recommandé. Cette longueur varie néanmoins selon l'épaisseur de la corticale, l'épaisseur globale du site, et les obstacles anatomiques présents. Une analyse par élément finis non linéaires réalisée sur des modèles bidimensionnels qui reflètent les conditions de l'interface os-implant immédiatement après l'implantation a été réalisée pour rechercher quels paramètres influencent la stabilité primaire (J-S . Lee 2005). Il a été montré que la longueur des vis n'a que peu d'effet sur la répartition des contraintes, contrairement au filetage et au diamètre si 5 mm au minimum sont engagés dans l'os (Freudenthaler , Haas et Banthleon 2001) .⁽⁶³⁾

-Pas de vis : l'espace entre deux spires adjacentes est appelé pas de vis. La mini-vis avance d'une certaine distance à chaque tour qui en présence d'un seul filetage est égal au pas de la vis. La forme de la coupe transversale est tout aussi importante car elle influence les méthodes d'insertion et de la répartition des contraintes.⁽⁶³⁾ Il existe différentes types de vis :

- Des vis non auto-tarudantes : elles nécessitent un préforage et un taraudage pour découper le filetage dans l'os. Elles sont utilisées dans les matériaux durs comme l'os cortical, et ne conviennent pas pour l'os fin, comme le maxillaire.
- Les vis auto-tarudantes : elles nécessitent un préforage de l'os cortical .leur filetage s'enfonce dans les tissus environnant en comprimant et en coupant grâce à leur bord d'attaque cannelé; ⁽⁸⁶⁾ une incision préalable est parfois nécessaire en présence de tissus muqueux, pour permettre la perforation de l'os sans dilacérer les tissus mous.⁽⁸⁷⁾

Ces deux types de vis nécessitant un préforage possèdent une pointe mousse.

- Les vis auto-foreuses : elles sont dites « sans forage » car elles possèdent une pointe travaillante en tire-bouchon qui leur permet de pénétrer à travers les tissus gingivaux et la corticale osseuse.

Une étude de Kim et Coll ⁽⁷³⁾ montrent que les vis auto-tarudantes provoquent un traumatisme plus important que les vis auto-foreuses à cause de l'élévation de la température et des débris osseux produit lors de préforage. La stabilité initiale est donc meilleure avec les vis auto-forantes grâce à ces dommages osseux moins importants .pour Chen et Coll , ⁽²⁶⁾ le

taux de succès est plus important dans le groupe de chiens avec des vis auto-forantes (93%) que celui avec des vis auto-taraudantes (86%) , après la même mise en charge orthodontique. Ils mettent en évidence un meilleur contact entre le tissu osseux et les vis auto-forantes grâce à une formation osseuse de meilleure qualité et en plus grande quantité. ⁽¹⁴¹⁾

Le filetage dit asymétrique est le plus facile à insérer mais la répartition des contraintes est moins favorable, tandis qu'une forme trapézoïdale ou rectangulaire est d'insertion plus difficile mais assure une meilleure répartition des contraintes. ⁽⁶³⁾

1.1.1.4.La pointe

Les mini-vis sont presque toutes auto-taraudantes, c'est-à-dire qu'elles ne nécessitent pas de taraudage avant leur insertion. Leur filetage s'enfonce dans le matériau en le comprimant et en le taraudant et en le découpant. Elles ont un bord d'attaque cannelé et ne nécessitent qu'un protocole de préforage (J-S. Lee , J. Kim , et al 2008) . ⁽⁶³⁾

Les mini-vis sont parfois aussi autoforante , c'est-à-dire sans forage . Elles comportent alors des spires obliques dites de stabilisation primaire qui permettent le vissage sans préforage. Elles présentent une pointe en forme de « tire-bouchon »(Fig 9) . ⁽⁶³⁾

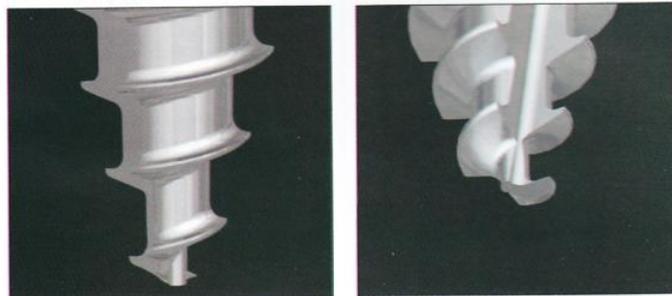


Fig 9. Pointe autoforante de la mini-vis Ancora®- Serf ⁽⁶³⁾

1.1.2. Dimension

1.1.2.1. Le diamètre

Le diamètre varie généralement de 1,2 à 2 mm. D'après Melsen⁽¹⁰⁸⁾, il paraît clair que plus le diamètre est petit et plus la mini-vis est facile à placer entre les racines. Mais en diminuant son diamètre, la mini-vis se fragilise pouvant entraîner une perte plus facile lors du traitement orthodontique ou fracture lors de sa dépose⁽¹³⁴⁾. Miyawaka⁽¹¹⁷⁾ en a fait le constat lorsqu'il a eu un taux de 100% de perte de mini-vis de 1 mm de diamètre dans son étude en 2003.

Moraned⁽¹¹⁸⁾ a lui mis en évidence une meilleure résistance aux forces orthodontique pour les mini-implants de 2,5 mm de diamètre par rapport à ceux de 1,5 mm pour un ancrage mono cortical.

De plus, une étude a démontré que la contrainte mécanique maximale se situait essentiellement au niveau du col et de la tête de la mini-vis lors de sa dépose⁽¹⁰⁸⁾. Il faut donc éviter les diamètres inférieurs à 1,3 mm, en particulier dans une corticale épaisse, pour que ces zones soient plus résistantes pour éviter les fractures.⁽¹²⁷⁾

En augmentant le diamètre, on améliore la résistance mécanique de ces zones fragiles⁽¹⁰²⁾. Carano et Coll⁽²³⁾ ont démontré que les vis de diamètre de 1,5 mm avaient des valeurs moyennes de résistance à la rupture en torsion et de valeurs de résistance à la rupture en flexion meilleures que celle de 1,3 mm de diamètre (48,7 N/cm contre 23,4 N/cm pour la résistance à la rupture en torsion et 120,4 N contre 63,7 N pour la résistance à la rupture en flexion).⁽¹⁴¹⁾

1.1.2.2. La longueur

Les différentes longueurs proposées par les fabricants vont généralement de 6 à 12 mm. Le choix de la longueur de la mini-vis sera déterminé par la profondeur disponible, la qualité de l'os, l'épaisseur de la muqueuse et les structures vitales adjacentes au site d'insertion.

Une longueur trop faible dans l'os peut augmenter le risque de perte de la mini-vis, en particulier quand on est en présence d'une corticale fine, car la stabilité primaire sera moins importante⁽¹⁶¹⁾. Kuroda⁽⁷⁹⁾ a montré qu'une longueur de 5- 6 mm de vis dans l'os était nécessaire pour assurer une bonne rétention. Les régions avec des tissus mous très épais,

comme la région palatine, ou les sites avec une qualité ou une quantité d'os insuffisante peuvent nécessiter l'utilisation de mini-vis plus longue, pour obtenir une meilleure surface d'ancrage. En revanche l'augmentation de la longueur augmente le risque de lésion des structures anatomiques voisines (racines, sinus, artère, trou mentonnier).⁽⁹²⁾

La longueur n'a que peu d'effets sur la répartition des contraintes, contrairement au filetage et au diamètre.⁽¹⁴¹⁾

1.2. Aspect biologique

1.2.1. Biocompatibilité

Au niveau biologique, la mini-vis doit être biocompatible, ostéo-coalescente, hémocompatible, anallergique et non toxique.⁽¹³¹⁾

Classiquement, on peut diviser les matériaux en trois catégories : **Bio-tolérant** (acier inoxydable et alliage chrome cobalt), **Bio-inerte** (titane, carbone) et **Bioactif** (hydroxyapatite)⁽⁶³⁾

-**Le titane pur** : pouvant aller du grade 0 au grade 5. Le titane est l'un des métaux les plus biocompatibles, c'est-à-dire qu'il résiste totalement aux fluides corporels.⁽⁶³⁾

La couche de passivation, constituée de dioxyde de titane, qui se forme immédiatement lorsque l'implant est au contact de l'air libre, est à l'origine de la biocompatibilité et des propriétés d'ostéo-intégration du titane.⁽¹³¹⁾

-**L'alliage de titane Ti6Al4V ou TA6V** : est l'alliage le plus répandu pour la fabrication des mini-vis actuels, développés initialement à partir du titane de grade IV, c'est un alliage de 90 % de titane, de 6 % d'aluminium, de 4 % de vanadium et d'une très faible fraction d'oxygène. L'aluminium augmente les propriétés mécaniques et diminue la densité, alors que le vanadium a tendance à améliorer la résistance à la corrosion.⁽¹³¹⁾⁽⁶³⁾

Cet alliage a rendu possible la conception de vis autoforantes, résistantes à des contraintes plus importantes lors de leur mise en charge. ⁽¹²⁾

Le Ti Al 6 V4 est chimiquement inerte et totalement biocompatible. En revanche, il induit un risque de fracture à la dépose. ⁽¹²⁾

-Acier inoxydable (écroui à froid) : ensemble de famille à base de fer dont la principale propriété est la résistance à la corrosion. Le chrome (au moins 10,5 %) est l'élément essentiel qui, à des teneurs supérieures à 12%, rend l'acier inoxydable en favorisant, en milieu oxydant, la formation d'un film passif à sa surface. ⁽⁶³⁾

Les aciers inoxydables utilisés pour les mini-vis en orthodontie sont des aciers austénitiques : ils sont chauffés à haute température avec adjonction de carbone (moins de 1,2%). ⁽⁸⁾ Mais ce sont les alliages en titane qui présentent une biocompatibilité supérieure à celle de l'acier. ⁽¹³¹⁾

L'acier austénitique offre une plus grande résistance à la déformation mais expose le patient à un risque allergique lié à la présence de Nickel (1 à 2% des cas), et implique un coût de fabrication plus important. ⁽¹²⁾

1.2.2. Bio-intégration, fibro-intégration

Bränemark définit l'**ostéointégration** comme étant une liaison biochimique ou un contact entre l'os haversien vivant et un matériau implantaire métallique (sans tissu fibreux ni mobilité) ⁽¹⁹⁾. L'ostéo-intégration est un phénomène cicatriciel biologique par remaniement osseux autour d'un matériau inerte (titane) qui a lieu inexorablement, mais qui est long à se mettre en place (2 à 6 mois). L'utilisation des mini-vis est trop ponctuelle pour que ce phénomène soit observé, néanmoins plus la vis reste longtemps dans l'os, plus l'ostéointégration augmente. Selon Melsen ⁽¹¹⁰⁾ l'ostéo-intégration peut atteindre 58 % après 6 mois. ⁽¹⁰²⁾

Contrairement aux implants utilisés dans le cadre d'une thérapeutique prothétique, la mini-vis est utilisée de manière temporaire. L'ostéo-intégration n'est pas recherchée et peut être minimisée par l'utilisation de surfaces lisses réduisant les forces nécessaires à la dépose. ⁽¹³¹⁾

Dans le cas des mini-vis, certains auteurs parlent donc de **fibro-intégration**.⁽²¹⁾ Après la pose d'une mini-vis, la cicatrisation osseuse se met en place : des protéines d'adsorption apparaissent en quelques secondes, suivies de cellules qui viennent adhérer à la surface du matériau. La vis est **bio-intégrée** dans le tissu osseux.⁽⁶³⁾

En résumé, comme le décrit Dumoulin, l'essentiel de l'ancrage d'une mini-vis est **mécanique et non dû à une ostéointégration** qui ne se vérifie pas cliniquement⁽⁵²⁾

Pour lui

- Fixation primaire (mini-vis) = rétention mécanique.
- Fixation secondaire (implants dentaires) = ostéointégration.⁽⁶³⁾

De plus, de nombreux auteurs comme LIOU⁽⁹⁵⁾, COSTA⁽³⁶⁾, MELSEN⁽¹⁰⁹⁾ Et OHMAE⁽¹²¹⁾ Affirment qu'il est inutile d'attendre la période d'ostéointégration pour la mise en charge des mini-vis car leur stabilité primaire suffit à supporter les forces orthodontiques. La mise en charge immédiate conduit à la formation d'un tissu fibreux interposé entre l'os et l'implant comme l'ont montré MAJZOUB et al.⁽⁹⁷⁾ Ce dernier est responsable d'un léger déplacement en direction des forces orthodontiques à la manière d'une dent qui se déplace avec son ligament. Ce processus aboutit à la bio-intégration de la mini-vis dans le tissu osseux.⁽¹³¹⁾

De nombreuses études ont eu pour objet d'évaluer les conséquences histologiques d'une force orthodontique appliquée sur les implants dentaires. Ces études mettent en évidence le fait que la quantité d'ostéo-intégration n'est pas influencée par l'application de forces orthodontiques.⁽¹¹⁰⁾⁽¹⁶¹⁾ Au contraire, la traction orthodontique augmente le remodelage péri-implantaire, et n'influe pas sur la stabilité de l'implant.⁽¹⁶⁸⁾

Les forces orthodontiques favorisent le remaniement osseux péri-implantaire pour deux raisons : les forces orthodontiques sont **continues et non intermittentes** comme les forces occlusales, et elles ont généralement un vecteur unique alors que les forces occlusales sont multidirectionnelles.⁽⁶³⁾

Même si l'essentiel de l'ancrage d'une mini-vis est mécanique et non dû à une ostéointégration qui ne se vérifie pas cliniquement, d'après les résultats de ces études, une **ostéointégration partielle** a lieu avec les mini-vis en alliage de titane. ⁽⁶³⁾

1.2.3. Influence de la surface implantaire sur le taux de succès des mini-implants⁽⁵⁸⁾

Le groupe de recherche de Brånemark a montré pendant plusieurs années que les implants lisses présentent la meilleur ostéo-intégration. Les taux de survie à long terme de 98.9% confirme cette hypothèse cependant les résultats tenaient seulement compte des implants mandibulaire. Les résultats dans un site osseux réduit ont montré des taux de perte plus élevés dans la phase de mise en charge, elles ont été compensées initialement par l'introduction des nouveaux implants MK III bénéficiant d'un design de pas de vis modifié. Cette stabilité primaire plus élevées n'a cependant pas compensé la capacité biologique insuffisante de la surface titane usinée. Une surface d'implant usinée a un taux de perte nettement plus élevés que la surface microstructure DPS, suite à cette observation la surface tiunite a été introduite en 2001 pour les implants Nobel bio care.

La discussion sur la contamination des surfaces a débutés par la comparaison des surfaces osséotites (implant innovation biomet «)et SLA (Straumann)

La surface osséotite est doublement mordancée avec une caractéristique pic-a-pic-vallée respectivement de 1 à 3 et 5 à 10 μm . une étude multicentrique montre que pour cette surface l'ostéo-intégration est obtenu après 8 semaines, des travaux plus récents confirment les taux de réussites de plus de 95% dans des indications limitées, par exemple les fumeurs.

La surface SLA est une surface sablée avec de grosses particules de corindon (250 à 500 μm) et mordancée avec une combinaison d'acides chlorhydriques et sulfuriques. Lors de ce processus de mordançage des micropores d'environ 1 μm sont obtenus et les particules de corindon éventuellement encastrées dans la surface sont dissoutes. La rugosité moyenne atteinte est de $R_a = 2 \mu\text{m}$ pour la surface sablée et mordancée et de $R_a = 1.3 \mu\text{m}$ pour la surface uniquement mordancée. Le groupe de travaille de buser a montré que la phase d'ostéo-

intégration est attendue en 6 semaines avec la surface SLA, le facteur clé de néoformations osseuse est la présence de caillot comme étape initiale dans la cascade de guérison

Les améliorations des propriétés implantaires comme la rugosité de surface, permettent une cicatrisation osseuse plus rapide et plus complète. La recherche fondamentale a montré que la micromorphologie influence le déroulement de l'ostéo-intégration. Les surfaces implantaires modernes entraînent une formation importante initiale de matrice de fibrine. Elle conduit à un recouvrement régulier de la surface avec des ostéoblastes. Ainsi un important pourcentage d'ostéogénèse de contact est obtenu, comme sur la surface friadent-plus sablée et mordancée à haute température

Une surface hydrophile permet un dépôt direct de la phase aqueuse des fluides physiologiques sur l'implant et la formation d'un réseau de fibrine. Celui-ci joue un rôle de matrice pour l'orientation des ostéoblastes. Un taux important de fixation cellulaire initiale correspond à une bonne qualité de néoformation osseuse. La comparaison entre la surface TPS classique et la surface sablée et mordancée à haute température montre que les surfaces modernes offrent une réparation homogène des paramètres favorables au contact os-implant

Pour l'obtention de l'attache épithéliale et conjonctive des tissus mous au niveau de l'épaulement implantaire, une structure de surface adaptée est indispensable. Une surface microstructurée avec un profil plat favorise la fixation des fibroblastes.

Les structures lisses s'avèrent plus avantageuse pour l'attache épithéliale. Une zone d'environ 0.5 mm semble être nécessaire pour l'attache épithéliale, et environ 1 mm pour l'attache conjonctive. Une surface poreuse mordancée permet le contact avec le tissu conjonctif, mais aussi avec l'os. Dans la zone de transition avec la cavité buccale le risque de fixation de plaque doit être évité, comme il a été démontré pour le revêtement TPS.

1.2.4. Choix du matériau : titane ou acier ? ⁽¹⁰⁾

Rapidement, la problématique, à nos yeux, n'est plus de démontrer l'utilité des vis, mais d'essayer de développer un système fiable, simple, ergonomique et reproductible afin de contourner tous les déboires que nous avons pu rencontrer avec les premiers systèmes utilisés.

Les deux types de mini-vis selon la nature du matériau

➤ **Les vis d'ancrage en alliage de titane**

- Melsen et Verna, 1999, le système Aarhus ;
- De Clerck et al, 2002, the Zygoma Anchorage System ;
- Kyung et al, 2003 Absoanchor
- Lin et Liou, 2003, Omas ;
- Chung et al, 2004, C-Orthodontic ;
- 2005, Tomas de Dentaurem et Ancotec de Tekka.

Plus récemment

- Ormco : Implant Vector ;
- Vis universelle de Tekka.

➤ **Les vis d'ancrages en acier chirurgical**

- Les vis Leone de chez Odontec ;
- Les vis Ancora de chez SERF qui ont été commercialisé en 2014.

Discussion : On constate très rapidement que la grande majorité des mini-vis sont en alliage de titane (en générale Ti-6Al-4V)

Le choix du matériau s'est fait par mimétisme par rapport aux systèmes implantaires conventionnels, mais sans réelle logique de la part des développeurs. Le monde dentaire considérait que le titane était biocompatible.

Les diverses réflexions imposées par le cahier des charges nous ont conduits vers d'autres interrogations :

- Que devons-nous raisonnablement transposer l'expérience de l'implantologie pour les besoins spécifiquement orthodontique?
- Pouvons-nous transposer des éléments en provenance des vis d'ostéosynthèse de nos voisins chirurgiens maxillo-faciaux ?
- Les vis en acier chirurgical utilisées par les chirurgiens orthopédiques ne sont-elles pas biocompatibles ?

- Comment optimiser la stabilité primaire ? Et la résistance mécanique ? N'est ce pas un point capital pour une vis, lors de la pose...mais aussi lors de la dépose ?

Il y a bien évidemment beaucoup de similitudes avec le monde de l'implantologie. La stabilité primaire, la traçabilité, mais certainement pas la notion d'ostéointégration, vu le caractère temporaire de l'ancrage en orthodontie.

- mise en place et retrait aisés ;
- mise en charge immédiate (ostéointégration inutile) ;
- stabilité mécanique aux contraintes orthodontiques(ancrage) ;
- ne doit jamais se fracturer à la pose comme à la dépose ;
- ne doit jamais blesser le patient ;
- emballage stérile individuel aux normes CE (traçabilité) ;
- cout contrôlé.

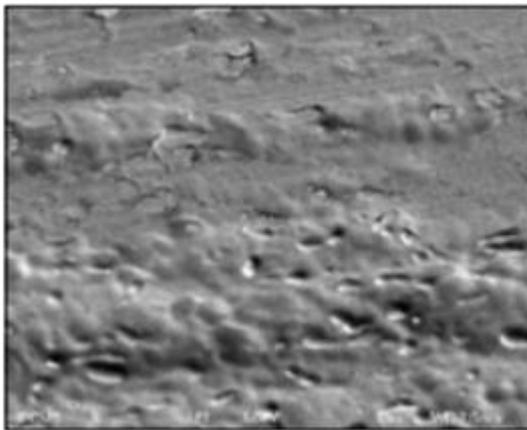
Débat

Le titane pur n'est plus utilisé en raison du risque de fracture élevé (petit diamètre des vis). L'usinabilité de l'acier chirurgical est complexe, mais les avantages en termes de résistance mécanique sont considérables.⁽¹⁰⁾

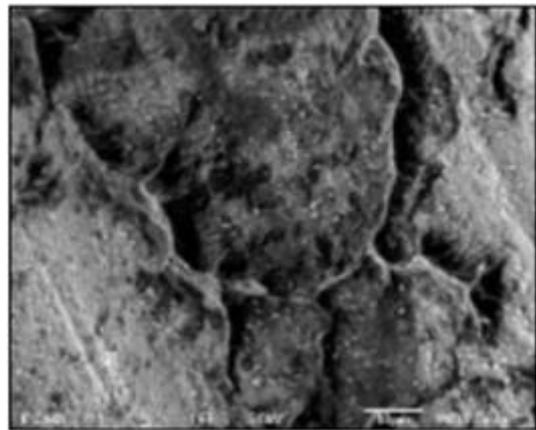
Le Ti-6Al-4V est un compromis entre ses principaux concurrents, le titane pur et l'acier. Sa biocompatibilité est liée à la présence majoritaire de titane (90 %). L'aluminium (6 %) et le vanadium (4 %) induisent une libération d'ions dans les tissus environnants, mais aucun effet toxique de ces ions n'a pour l'instant été prouvé, même sur des durées beaucoup plus longues.⁽¹²⁾ L'alliage du Ti avec Al et V permet d'augmenter les propriétés de résistance mécanique des vis par rapport au titane pur et ainsi de les miniaturiser tout en conservant leur caractère autoforant. Aucune fracture n'est aujourd'hui à signaler avec ces vis autoforeuses⁽²⁷⁾

L'inconvénient d'une trop bonne biocompatibilité serait une ostéointégration rendant difficile la dépose de la vis en fin de traitement. Cependant, le pouvoir d'ostéointégration du Ti-6Al-4V, inférieur au titane pur, est encore diminué par le caractère particulièrement lisse (usinée) de la surface de la vis (fig. 10-a) et sa mise en charge immédiate.⁽¹⁾⁽¹³⁾

L'observation au microscope électronique à balayage (MEB) de vis retirées a même parfois montré la présence de fibroblastes adhérents à leur surface ce qui suggérerait plutôt une fibrointégration qu'une ostéointégration (fig. 10-b). Bien que, en implantologie, on considère que cela favorise les contaminations bactériennes, aucun échec infectieux ni perte par manque de stabilité n'est à signaler pour les vis enfouies, qui se retirent aisément en fin de traitement. Le MEB n'a pas montré de bactérie adhérente. Le risque de contamination est par ailleurs inférieur pour le Ti-6Al-4V par rapport de l'acier. ⁽²⁷⁾



a- caractère particulièrement lisse de la
Surface d'une vis neuve



b- fibroblastes sur une vis déposée

Fig 10. Vue au microscope électronique à balayage (observation Jean-Gabriel Chillès) ⁽²⁷⁾

Dans l'ordre de difficulté croissante d'usinage, nous avons : le titane pur ; le Ti-6Al-4V ; les aciers inoxydables (M25W, 316L...) ; les aciers inoxydables dopés à l'azote (M30...). Il est donc plus facile d'usiner une vis en titane qu'une vis en acier. ⁽¹⁰⁾

Si un fabricant veut faire de réelles économies, il optera pour une vis en alliage de titane, car le temps de cycle pour la fabrication d'une vis en acier est plus important.

Pour exemple, 90% des vis pour cotyles posées en France sont en acier chirurgical inoxydable M25W car on ne recherche surtout pas d'ostéointégration afin de pouvoir réintervenir sur la prothèse. La résistance mécanique est augmentée par rapport aux alliages de titane (Ti-6AL-4V) utilisés dans quasiment tous les autres systèmes.

Les vis en alliage de titane nécessitent un préforage dans les os très corticalisés, ce qui réduit la stabilité primaire de ces ancrages. Pour cette raison, la nécessité d'un système autoforant dans tous les types d'os sans réaliser un préforage de la corticale, avec une pointe autoforante présentant des impératifs de résistance mécanique élevé. Ces conditions ont amenés certains fabricants au choix de l'acier et surtout l'acier M25W. ⁽¹⁰⁾

1.3. Présentation des systèmes de mini-vis

1.3.1. Présentation des différents systèmes

1.3.1.1. Les dispositifs endo-osseux

1.3.1.1.1. Mini-implants

-L'**Orthosystème** (Société Straumann AG, Waldenburg, Suisse)

Wehrbein et coll. En 1996 modifient le dispositif de Triaca et coll. (1992), et présentent l'Orthosystem de la société Straumann. Il est aujourd'hui le plus ancien dispositif commercialisé. ⁽¹⁶⁷⁾

Il est constitué d'une vis occlusale, d'une vis de serrage et de l'implant ortho qui est un petit implant en titane composé de plusieurs parties:(le corps implantaire endo-osseux, le col transmuqueux et le pilier) ⁽¹⁶⁷⁾ (Fig 11).

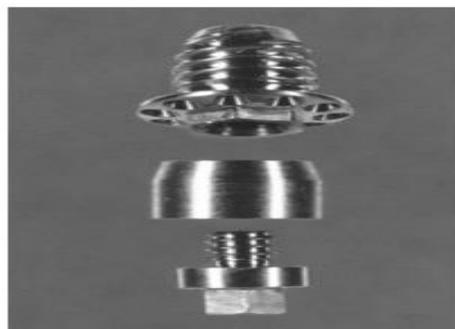


Fig 11. composants de l'Orthosystème [Appareil fixe à collerette (en haut), pilier transgingival (milieu) et vis avec hexagone externe (bas) pour la stabilité rotationnelle.] ⁽¹⁷⁰⁾

Les implants palatins ostéo-intégrés sont des éléments d'ancrage absolu souhaitables pour un traitement orthodontique. Après un temps de cicatrisation de 12 semaines (Fig 13), ils peuvent être chargés directement ou indirectement pour déplacer les dents de la mâchoire supérieure (Fig 12), et avec des élastiques intermaxillaires, également dans la mâchoire inférieure. ⁽¹⁷⁰⁾

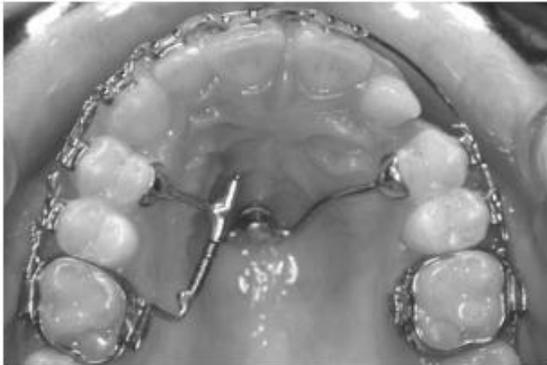


Fig 12. Charge indirecte d'un implant palatin⁽¹⁷⁰⁾



Fig 13. Implant d'Orthosystem® avec la coiffe de Cicatrisation en place. ⁽¹⁷⁰⁾

1.3.1.1.2. Mini-vis

- Dispositif de Kanomi ⁽⁷²⁾

Kanomi en 1997 ⁽⁷²⁾ décrit un implant de 1.2 mm de diamètre et de 6 mm de long. Il est utilisé par Park et coll. En 2001 ⁽¹²⁵⁾ qui soulèvent un problème d'infection et d'inflammation des tissus mous autour de la mini-vis.

-Micro-implant de Park : micro-implant sous forme de vis d'un diamètre de 1.2 mm, avec des longueurs variables selon l'utilisation. (Fig 14) Alors Park et coll. Modifient le prototype de Kanomi. Un crochet est placé sur la tête implantaire pour attacher le dispositif orthodontique. La partie trans-muqueuse de la mini-vis est lisse. ⁽¹²⁵⁾

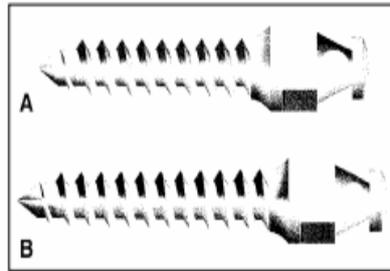


Fig 14. Micro-implant de Park pour ancrage orthodontique. ⁽¹²⁴⁾

- Dispositif de Costa ⁽³⁷⁾

Le prototype de Costa est également une mini-vis mais de configuration différente. Son diamètre est de 2 mm, sa longueur est de 9 mm. La partie endo-osseuse peut varier de 5 à 7 mm selon la quantité d'os disponible tandis que la partie extra-osseuse (intra et extra-muqueuse) varie de 2 à 4 mm selon l'épaisseur de la muqueuse. (Fig 15)

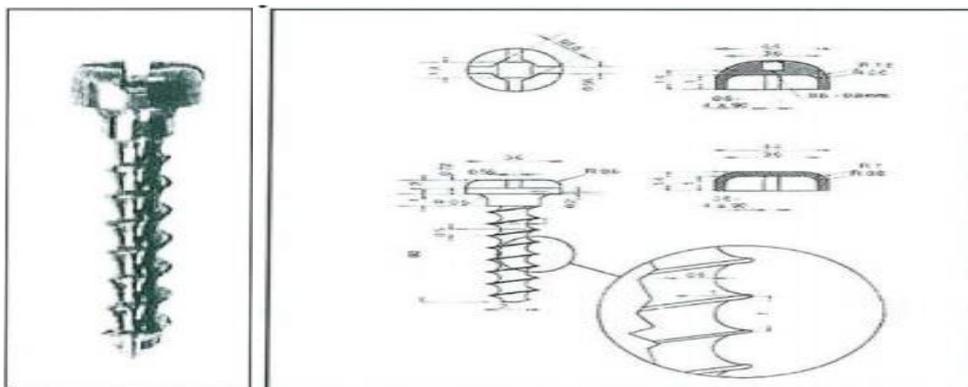


Fig 15. Dessin technique (en mm) du mini -vis de Costa, 1998 ⁽³⁷⁾

Melsen utilise l'ancrage Aarhus qui est le schéma modifié décrit par Costa en 1998. La forme est plus conique afin d'accroître la résistance et la stabilité mécanique. La longueur totale de la vis est de 8 mm dont 6 mm endo-osseux. ⁽¹¹²⁾

1.3.1.1.3. Implant bicortical - implant BIS: (Leibinger, Freiburg, Germany).

En 2001, Freudenthaler et coll. ⁽²⁰⁾ utilisent l'implant BIS (Bicortical Titanium Screw).

- Caractéristiques : La partie endo-osseuse de l'implant BIS est de 13 mm de long et de 2 mm de diamètre. La tête de l'implant a une longueur de 4.5 mm pour les implants BIS de première génération et une longueur de 2.5 mm pour les implants BIS de deuxième génération. Une mise en charge immédiate ; placés horizontalement au niveau des procès alvéolaires mandibulaires (Fig 16)

Indication spécifique: mésialisation des dents postérieures mandibulaires tout en contrôlant la position et l'inclinaison des dents antérieures dans les cas d'ancrage de type C (classification de Burstone).



Fig 16. Implant bicortical - implant BIS ⁽⁵⁹⁾

1.3.1.1.4. Implants rétro-molaires

En 1991 Higuchi et Slack étudient l'utilisation d'implants rétro-molaires en tant qu'ancrage orthodontique pour obtenir une fermeture des sites d'extraction mandibulaire par mésialisation des dents postérieures (Fig 17), Mais la technique chirurgicale est parfois compliquée lors d'ouvertures buccales réduites. L'accès à l'hygiène est parfois plus difficile. ⁽⁶⁴⁾

En 1994, Roberts et coll. Utilisent alors dans leurs études des implants rétromolaires plus courts afin de faciliter leur mise en place. (6.80mm de long et 3.85 mm de diamètre).⁽¹³⁸⁾

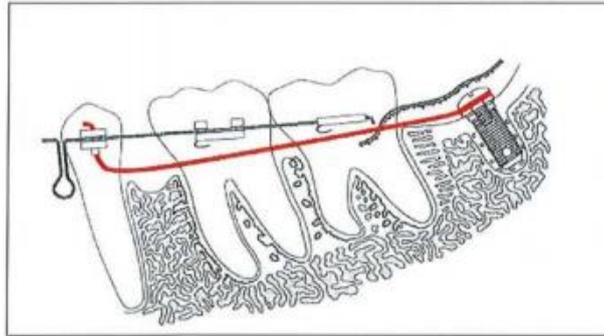


Fig 17. Implants rétromolaires utilisés comme ancrage orthodontique lors de la fermeture d'un site d'extraction. (Roberts et coll., 1996)⁽¹³⁶⁾[Mécanisme d'ancrage indirect : en rouge arc de stabilisation de la prémolaire].

1.3.1.2. Un dispositif sous-périosté juxta-osseux

- **Disque juxta-osseux : On plant** (Nobel Biocare)

Block et Hoffman en 1995⁽¹⁵⁾ Présentent leur nouveau concept d'ancrage palatin afin d'éviter une chirurgie invasive.

Il s'agit d'un disque fin en titane de 10 mm de diamètre et de 2 mm d'épaisseur. La face rentrant en contact avec l'os est doublée d'une couche d'hydroxyapatite (75 μm). L'autre face, en contact avec les tissus mous, présente en son centre une cavité avec filetage dans laquelle s'insère un pilier (Fig 18).⁽¹⁵⁾

L'onplant est introduit dans un tunnel sous périosté directement au contact de l'os par sa face recouverte d'hydroxyapatite (Fig 19).

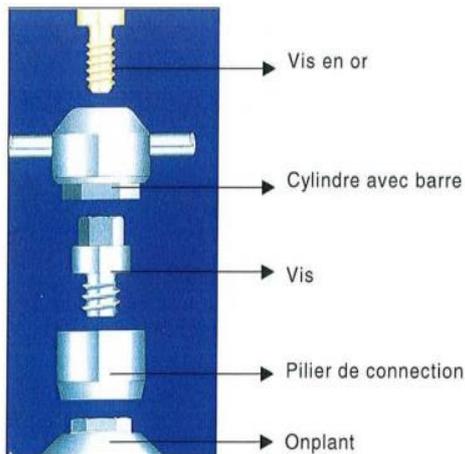


Fig 18 : Eléments du système juxta-osseux Onplant (Nobel Biocare).⁽⁵⁶⁾

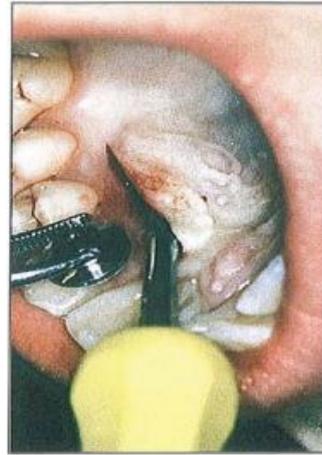


Fig 19 : Positionnement de l'Onplant par un tunnel sous-périosté ⁽⁵⁶⁾

1.3.2. Présentation des systèmes les plus courants sur le marché ⁽¹⁴¹⁾

Les mini-vis sont présentées sous forme de coffrets qui contiennent tout les instruments chirurgicaux et les accessoires spécialement conçus pour leur pose et leur dépose. Ces kits ne sont en général pas à usage unique, leur stérilisation est donc un préalable obligatoire avant toute utilisation. En revanche, les mini-vis sont elles à usage unique et disponibles sous sachet stérile. Chaque fabricant propose ses propres instruments adaptés au type de mini-vis que l'on utilise. (Fig 20)

Un kit classique contient les instruments nécessaires pour

- le repérage du site implantaire.
- le préforage de la corticale lorsque celle-ci est très dense.
- le forage.
- le vissage, que celui-ci soit manuel ou mécanique.
- Le dévissage.



Fig 20. Exemple de coffret de chez Absoanchor^R (41)

Parmi les dispositifs d'ancrage squelettique utilisés aujourd'hui (mini-implants, mini-plaques, onplants, et implants ostéointégrés), les mini-vis sont certainement les dispositifs d'ancrage temporaires les plus utilisés. La multiplicité des sites de placement possibles, la relative simplicité de la procédure chirurgicale, le peu de suites opératoires et le faible coût sont à l'origine de cette large diffusion. (Tableau 1)

| Systèmes | ANCORA® SOF-GAC | THOMAS® Dentaurum | ORTHO IMPLANT 3M Unitek | DUAL TOP Rocky Moutain | SPIDER SCREW® OrthoTech | ABSOANCHOR® Dentos | ANCOTEC Tekka | VECTOR TAS® Ormco |
|-----------------------------|--------------------|--|-------------------------------------|---|---|--|---------------------------------|----------------------|
| Matériau | Acier M 25 | Alliage titane | Alliage titane | Alliage titane | Alliage titane | Alliage titane | Alliage titane | Alliage titane |
| Diamètre (mm) | 2 | 1,6 | 1,8 | 1,4 / 1,6 / 2 | 1,5 / 2 | 1,3 / 1,5 / 1,6 / 1,8 / 2,2 | 1,3 / 1,5 / 1,8 / 2 / 2,2 | 1,4 / 1,5 |
| Longueur (mm) | 8 / 10 / 12 | 6 / 8 / 10 | 6 / 8 / 10 | 6 / 8 / 10 | 7 / 9 / 11 | 5 / 6 / 8 / 10 / 12 | 6 / 7 / 9 / 11 | 6 / 8 / 10 / 12 |
| Tête du mini-implant | Hexagonale | Hexagonale .022 Rainure cruciforme universelle | Hexagonale o-Cap .030 Trou | Hexagonale .022 Rainure cruciforme | Octogonale .022 Rainure cruciforme .022 x .025 en tube | Hexagonale Petite, longue, ronde, crochet, tête bracket ou sans tête | Universelle Tête bracket | Hexagonale |
| Conditionnement | Stérilisé | Stérilisé | Stérilisé | Non stérilisé | Non stérilisé | Non stérilisé | Non stérilisé / stérilisé | Stérilisé |

Tableau 1. Principaux systèmes de mini-vis. D'après Ellouze et Darqué.⁽⁵³⁾

1.3.2.1. Aarhus® : (Société Médident, Copenhague , Danemark), Melsen et Verna
1999

Il s'agit d'une vis fabriqué à partir du modèle de Costa et al en Ti6Al4V, elle se présente sous la forme d'un cône afin d'augmenter la résistance et la stabilité mécanique. Sa tête constitue un bracket modifié sans torque avec deux slots perpendiculaires. ⁽³⁷⁾ (Fig 21)

La vis de 1.5mm de diamètre permet un placement dans des espaces inter-radiculaires. Toutes les vis standard du système sont disponibles en 6mm ou de 8mm de longueur. Par ailleurs, les collets pour tissus mous sont disponibles en deux longueurs, 1.5mm ou 2.5mm, pour les applications vestibulaires ou palatines. ⁽¹⁴⁾

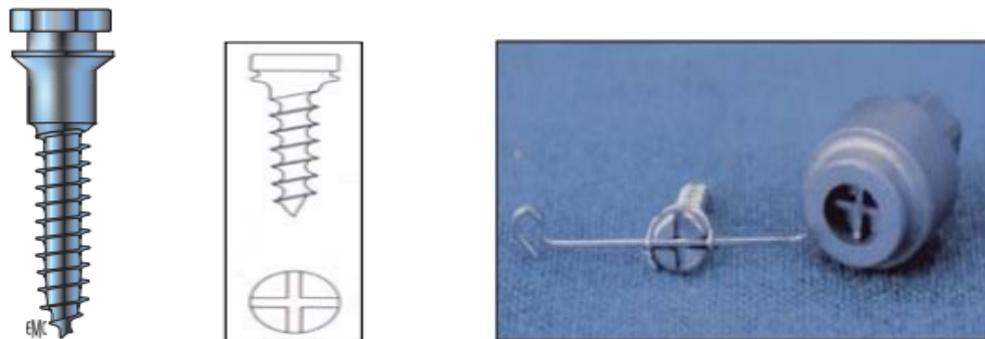


Fig 21. Présentation du système d'ancrage Aarhus ⁽¹¹²⁾

1.3.2.2. Léone® de chez Odontec : 2002 ⁽⁸⁹⁾

Orthodontic Micro Implant(OMI), Fabriqué en acier inoxydable, ne nécessitant pas d'ostéointégration, facilement déposable par un simple dévissage dans le sens opposé.

Ce système est disponible

- Avec tête basse (hauteur trans-muqueuse de 1.75mm)
- Avec tête haute (hauteur trans-muqueuse de 3mm) (Fig 22)

Il comprend également un type avec rainure : une tête type bouton ou bracket facilitant l'application des chaînettes, élastiques et ressorts



Fig 22. Présentation du système Léone ⁽⁸⁹⁾

1.3.2.3. Absaanchor® micro-implant (Dentos ;Kyung HM et coll) 2003 ⁽¹⁵⁸⁾

Absaanchor micro-implants se déclinent en plusieurs tailles de diamètre allant de 1.2 mm à 2.7 mm. Ces micro-implants en alliage de titane (Ti6Al4Va) viennent également avec différents types de tête (circulaire, bracket ou en forme de bouton avec un petit trou) pour différentes applications et sites. (Fig 23)

Cette micro-implantation nouvellement conçue peut être insérée dans de nombreux sites du maxillaire et de la mandibule, telle qu'entre les racines et la suture palatine médiane et aussi pour fixer une mini-plaque ; presque tous les types de mouvements dentaires sont possibles.

Absaanchor micro-implant a facilité l'application des élastomères orthodontiques et/ou le fil de ligature et a permis de résoudre les principales objectives de l'orthodontiste. ⁽¹⁵⁵⁾

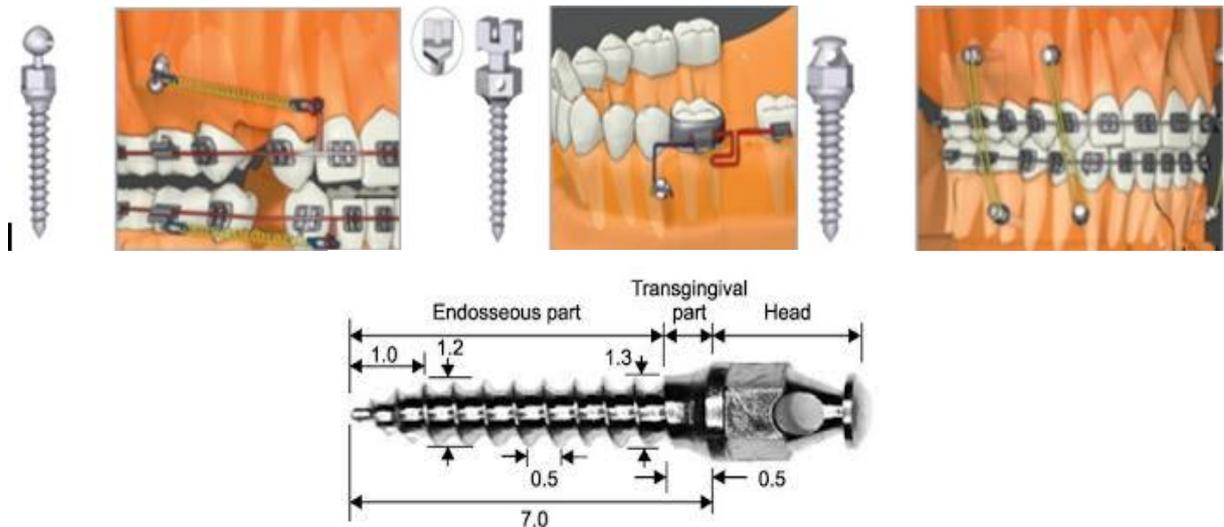


Fig 23. Présentation du système Absaanchor®⁽¹⁵⁸⁾

1.3.2.4. Lomas® Orthodontic Mini Anchor System (Lin j Liou E) 2003 ⁽⁹⁴⁾

Afin de renforcer l'ancrage orthodontique, cette nouvelle vis innovante a été conçue. C'est un ancrage fixé fiable et sécurisé en titane, une conception innovante de l'attache de tête, un corps conique plus fort, disponible en différentes tailles pour différentes applications, facile à combiner avec les applications des accessoires orthodontiques en évitant l'impact gingival. (Fig 24)

Cette vis auto-taraudeuse et auto-foreuse offre de nombreux avantages, tels que : une manipulation facile, support immédiat de forces orthodontiques plus lourdes. La technique d'insertion est guidée par densité osseuse, c'est aussi facile à enlever



Fig 24. Présentation du système Lomas®⁽⁹⁴⁾

1.3.2.5. Spider Screw® HDC Company, Sarcedo, Italy.(Maino B.-G):2003 ⁽⁹⁶⁾

La Spider Screw®) est une mini-vis commerciale en titane pur, autotaraudeuse. La vis peut être chargée immédiatement avec des forces de l'ordre de 50 à 300 g. Le système peut être utilisé pour permettre toute une série de mouvements orthodontiques des dents dans des situations cliniques impliquant des dentitions altérées, une faible coopération ou dans des cas d'extractions nécessitant un ancrage maximal.

Le système est disponible dans les diamètres de 1,5 ou de 2,0 mm. La vis d'un diamètre de 1,5 mm existe dans les longueurs de 6,0, 8,0 ou 10,0 mm, alors que la vis d'un diamètre de 2,0 mm n'existe que dans les longueurs de 7,0, 9,0 ou 11,0 mm. (Fig 25) Les Spider Screw® sont livrées dans un emballage préfabriqué, stérile et à usage unique.



Fig 25. Présentation du système Spider Screw®)

La vis normale (fig 26 .c) a une longueur intermédiaire avec une tête surélevée ; associée à un core en résine, elle peut être utilisée comme pilier prothétique temporaire. La vis de profilé bas plat (fig 26 .a) a la même tête associée à un col court ; elle est indiquée dans le tissu mince des segments antérieurs du patient. La vis de profilé bas (fig 26 .b) a un col transgingival long associé à une tête plate ; elle est utilisée dans les tissus mous épais des segments postérieurs. ⁽⁹⁶⁾

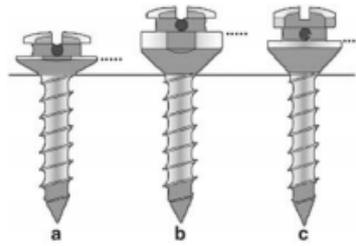


Fig 26. Différentes formes trans-gingivales : hauteurs de têtes et de cols de la Spider Screw®.
Diamètre 1,5 à 2 mm. ⁽⁹⁶⁾

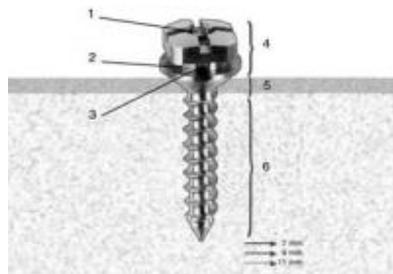


Fig 27. Caractéristiques de la Spider Screw®. 1. Fente rectangulaire externe ; 2. Fente rectangulaire interne ; 3. Fente verticale cylindrique interne ; 4. Tête orthodontique ; 5. Col transgingival ; 6. Partie intraosseuse. ⁽⁹⁶⁾

1.3.2.6.C-orthodontic® micro-implant (Chung et al) 2004 ⁽²⁹⁾

Est un dispositif de titane qui prouve l'ancrage orthodontique absolu, le corps de la vis présente une surface sablée pour une ostéo-intégration optimale, le diamètre est de 1.8mm, et est disponible à des longueurs de 8.5, 9.5 et 10.5mm. (Fig 28)



Fig 28. Présentation du système C-orthodontic® (29)

1.3.2.7. Ancora® de Serf : 2004 (10)

Mini-vis en acier chirurgical inoxydable M25W conforme aux normes ISO5832-1 des implants chirurgicaux. La résistance mécanique est augmentée par rapport aux alliages de titane, c'est surtout les impératifs de résistance mécanique de la pointe autoforante qui ont amené à choisir l'acier M25W, parce que les fabricants veulent un système autoforant dans tous les types d'os pour éviter de réaliser un préforage de la corticale.

La tête de la vis Ancora® présente un design non agressif pour ne pas blesser les patients. Son utilisation clinique ne nécessite pas un design de forme bracket ; mais un hexagone externe, parfaitement poli et adapté à la clé CPM de la trousse EVL de la firme SERF, s'adapte sur un tournevis droit, ou sur n'importe quel contre-angle (idéalement réduit au 256°). (Fig 29)

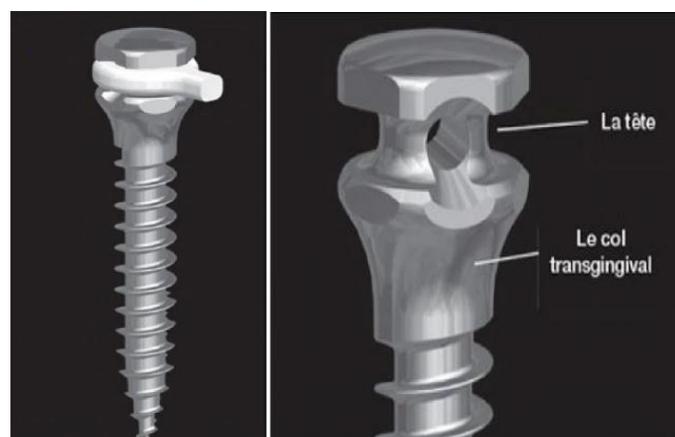


Fig 29. Mini-vis Ancora® (10)

1.3.2.8.Imtec® Ortho Impant de 3M : 2005 ⁽⁶⁶⁾

L'ortho implant Imtec est un dispositif d'ancrage pour aider l'efficacité du traitement orthodontique. Utile pour la fermeture d'espace, ingression des dents égressées, distalisation de malocclusion, distalisation molaire, ou un certain nombre d'autres applications, l'ortho implant est un dispositif d'ancrage provisoire.

La conception auto-forant et auto-taroudant permet une installation facile en un seul rendez-vous, une fois l'implant mis en place, il peut immédiatement être mis en charge. La plupart des utilisations n'exigent pas d'avant-trou ou une anesthésie plus forte qu'un anesthésique topique, ainsi il y a très peu d'étapes d'installation. Pour installer l'implant on peut choisir l'instrument d'insertion le plus adapté au positionnement de la mini-vis : entre l'ortho Driver, le contre-angle LT Driver ou la clé à cliquet.

Le filetage modifié et renforcé réduit le dévissage et la perte de la vis.

Les trois longueurs différentes 6,8 et 10mm permettent la pose en différentes localisations de la cavité buccale selon l'épaisseur de la gencive et la profondeur de l'os. Le col de l'implant est composé d'une rainure et de deux trous de 0,030° pour différentes méthodes d'attachement. (Fig 30)



Fig 30. Mini-vis Imtec® ⁽⁶⁶⁾

1.3.2.9. Tomas® de Dentaurem 2005 ⁽¹⁵⁹⁾

Le système d'ancrage squelettique Tomas (Fig 31) est utilisé depuis des années grâce à sa fiabilité et sa facilité de manipulation. Il est presque toujours possible d'éviter des extractions. Avec l'intégration du nouvel Tomas-pin EP (Elastic Palatal), une sélection de piliers pour couplage direct ou indirect sans oublier l'élargissement du champ d'indications pour une utilisation en zone palatine. Qu'il s'agisse de distalisation, de mésialisation, d'intrusion, de disjonction de la suture palatine, ou d'ancrage indirect ; ce système répond en tout points, aux attentes aussi bien des débutants que des professionnels.

L'utilisateur dispose d'une gamme claire d'instruments et d'accessoires spécialement adaptés aux Tomas pins ne comprenant que quelques composants ainsi que d'un large éventail de prestations facilitant la réalisation de l'ancrage squelettique



Fig 31. Présentation du système Tomas® ⁽¹⁵⁹⁾

1.3.2.10. Amda® de Dentaurem (advanced molar distalization appliance) ⁽³⁾

Amda est l'alternative moderne aux extractions en cas d'anomalie de classe II. Ce système inventé par le docteur Moschos A. Papadopoulos, séduit par la simplicité de sa gamme et sa facilité d'utilisation. (Fig 32)



Fig 32. Présentation du système Amda®⁽³⁾

1.3.2.11. Implant Vector ; Ormco⁽⁶⁹⁾

Le Design de Vector-tas est né de l'idée de créer un système complet spécifique à l'orthodontie. (Fig 33) Les clauses du cahier des charges étaient triples : simplicité, design intelligent et aide à la formation. Chaque élément a été développé avec des caractéristiques testées cliniquement et soutenues par la recherche pour offrir plus de fiabilité et de possibilités au niveau des auxiliaires. Les mini-vis Vector-tas sont en titane 6-4 pour une résistance mécanique et une biocompatibilité maximales. Ils sont dessinés selon une forme élégante et fonctionnelle pour un maximum de fiabilité et de confort du patient. Géométries en forme de delta pour faciliter l'auto-fixation d'un ressort Ni-ti à œillet delta.

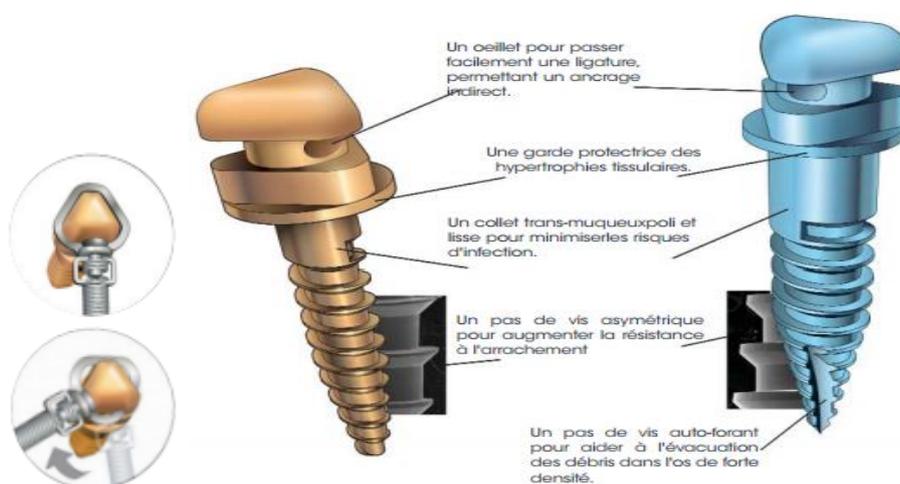


Fig 33. Présentation du mini-implant Vector⁽⁶⁹⁾

Le kit vector-tas (Fig 34) est extrêmement bien conçu, du code couleur des mini-vis au packaging. (Assortiment de mini-vis. Tournevis et mandrins. Assortiment de ressorts. Pitons à sertir. Initiateurs (pré-foreur). Poinçon tissulaire. Cassette de stérilisation. Guide technique)



Fig 34. Assortiment de départ pour traiter 10 patients tous composants inclus⁽⁶⁹⁾

1.3.2.12. Ancotek® de Tekka (Baron et al) : 2006 ⁽⁴⁾

Ancotek® est une gamme aboutie et complète avec un panel de mini-vis et de plaques d'ancrage couvrant la plupart des indications d'ancrage osseux orthodontiques. (Fig 35)

Ce système se caractérise par un filet autoforant, les éléments de préhension associés sont simples et ergonomiques, l'identification du diamètre se fait par code couleur (Fig 36)

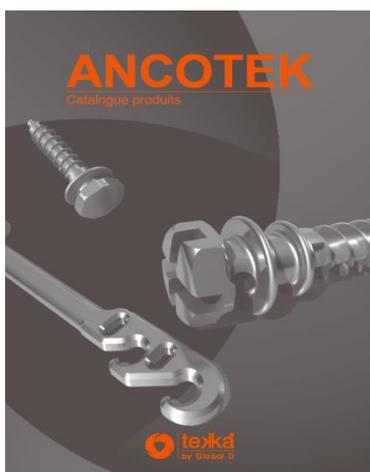


Fig 35. Mini-vis Ancotek® ⁽⁴⁾

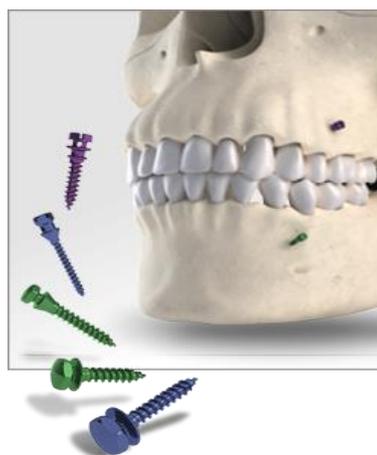


Fig 36. Code couleurs pour l'identification des diamètres du système Ancotek® ⁽⁴⁾

1.3.2.13. O.B.S (Chris Chang) Ortho Bone Screw 2015 ⁽²⁸⁾

Créé par Dr Chris Chang, l'ortho bone screw est un mini-implant en acier inoxydable, hautement apprécié par l'utilisateur pour sa conception simplifiée, son faible taux d'échec et sa qualité exceptionnelle. Le super ensemble OBS de Beethoven fournit une force de traction uniforme dans une approche peu invasive. (Fig 37)

Le système se présente avec différents diamètres et longueurs (1.5x8mm, 2x12mm, 2.7x14mm), chacun a ces propres indications et les localisations adéquates (Fig 38)

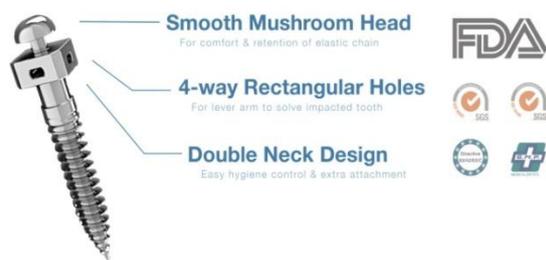


Fig 37. Ortho Bone Screw⁽²⁸⁾

Fig 38. Différents diamètres et longueurs du système OBS⁽²⁸⁾

1.4. Le protocole opératoire

1.4.1. Rappels anatomiques

1.4.1.1. Structure du tissu osseux ⁽⁸⁸⁾⁽¹³⁰⁾

L'os adulte est constitué d'os lamellaires résultant de l'orientation différente des fibres de collagène dans deux lamelles contigües. Cette texture lamellaire confère à l'os sa résistance mécanique. La structure interne de l'os s'organise en quatre compartiments. On distingue de l'extérieure vers l'intérieur

- le périoste qui est l'enveloppe externe de l'os
- l'os cortical
- l'endoste
- l'os spongieux

➤ L'os cortical

Il correspond à la partie compacte de l'os. Il est minéralisé à 95%, il assure donc principalement un rôle mécanique et protecteur.

L'épaisseur de l'os cortical est variable. Les tables corticales sont en effet plus fines au maxillaire qu'à la mandibule et dans la région incisivo-canine qu'au niveau prémolo-molaire. Il est formé par la juxtaposition d'ostéons, dans lesquels les lamelles osseuses sont disposées de façon concentrique autour d'un canal appelé « canal de havers » qui héberge des vaisseaux sanguins, lymphatiques, et des structures nerveuses.

➤ L'os spongieux

Appelé aussi « os trabéculaire », sa part minéralisée n'est pas que de 30%. L'os spongieux est composé de travées osseuses très fines, de forme plus ou moins aplatie, formant un réseau d'interconnexion délimitant des espaces médullaires contenant de la moelle osseuse

hématopoïétique ou grasseuse. Étant donné le faible volume osseux, il existe une grande surface d'échange avec les espaces médullaires au niveau de l'os spongieux. Le rôle de l'os trabéculaire est donc davantage métabolique.

1.4.1.2. Les risques chirurgicaux ⁽⁴¹⁾

L'insertion de mini-vis nécessite une analyse précise du site dans lequel elle est posée. En effet, le risque de léser les structures anatomiques voisines est grand.

➤ A la mandibule

Lors de la pose de mini-vis à la mandibule, il y a un risque d'effraction du canal dentaire inférieur. Il peut se produire des lésions directes du pédicule mentonnier, ce qui provoque alors une anesthésie labio-mentonnière temporaire ou permanente. Il existe également un risque de lésions radiculaires sur les dents à proximité du lieu d'insertion (Fig 39). Enfin, il y a toujours un risque hémorragique si les artères sublinguale ou submentale sont lésées.

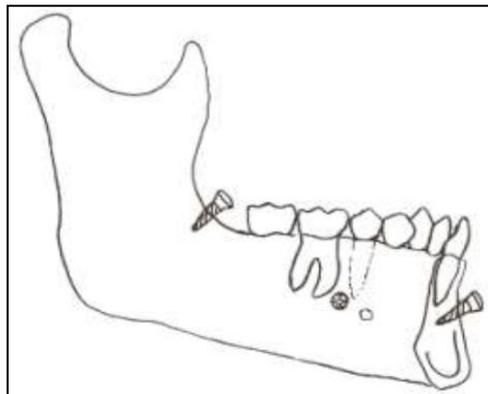


Fig 39. Sites d'insérations mandibulaires ⁽¹⁴¹⁾

➤ Au maxillaire

Les risques majeurs lors de la réalisation d'une chirurgie au maxillaire sont la perforation de la paroi nasale inférieure, la pénétration intra sinusienne ainsi que la lésion des racines

dentaires. On retrouve également un risque hémorragique en cas de section de l'artère grande palatine. (Fig 40, 41)

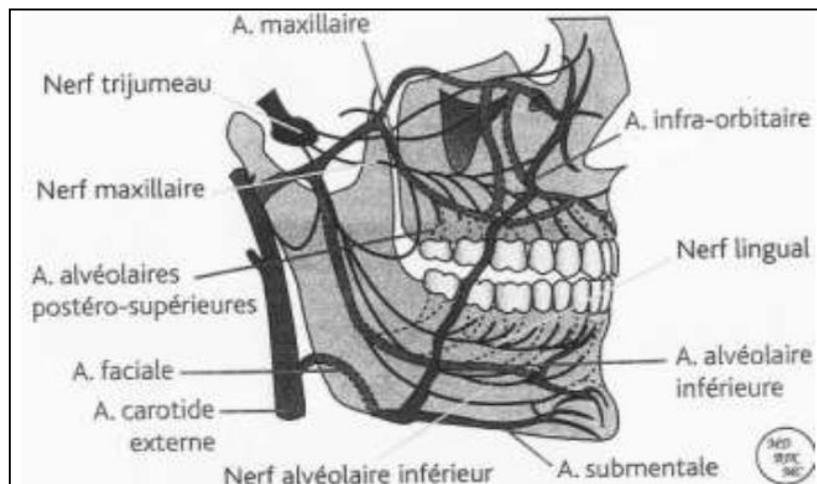


Fig 40. Vaisseaux et nerfs de la face ⁽¹⁴¹⁾

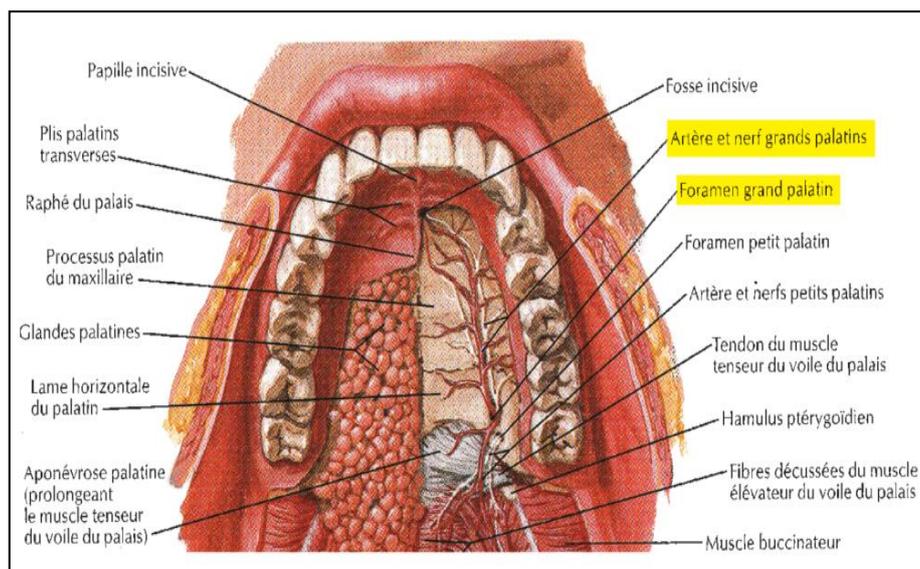


Fig 41. Emergence de l'artère et du nerf grand palatin ⁽¹¹⁸⁾

1.4.2. Choix de mini-vis

1.4.2.1. Choix de la tête

Il est conditionné par le traitement orthodontique.

Il est fonction du type de connexion et du dispositif actif à insérer: ressort, ligature, Chaînette, qui eux-mêmes dépendent du mouvement dentaire souhaité. Encore, si l'orthodontiste recherche des mouvements dentaires dans les trois dimensions, il optera pour une tête permettant l'insertion d'un arc.⁽¹²⁾

Comme évoqué précédemment, deux types de tête existent sur le marché:

- les mini-vis avec tête à contrôle tridimensionnel: celles-ci présentent deux gorges, sur le mode d'une attache orthodontique, et permettent l'insertion d'un arc de section maximale. Elles ont été décrites pour la première fois par Costa et al. En 1998⁽¹⁰⁷⁾ (Fig 42 et 43).

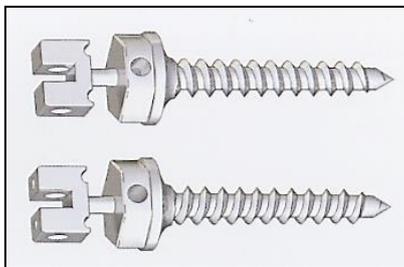


Fig 42. Bracket Head Type- Absoanchor®.
D'après Sung et coll.⁽¹⁵⁵⁾

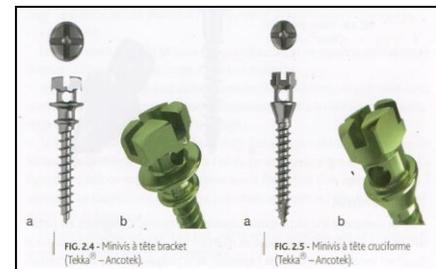


Fig 43. Mini-vis à tête cruciforme-Ancotek®. D'après Lazaroo et coll.⁽⁸³⁾

- les mini-vis à un seul point d'ancrage : (trou, bouton ou gorge), utilisées avec une ligature qui maintient la distance entre la vis et la dent⁽¹²⁾ (Fig 44).

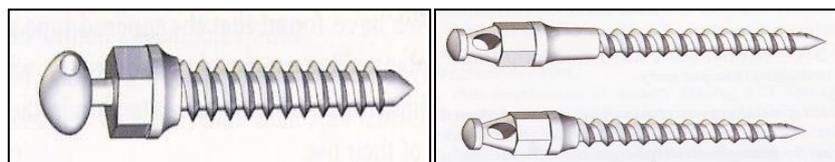


Fig 44. Circle Head et Small Head Types-Absoanchor®. D'après Sung et coll.⁽¹⁵⁵⁾

1.4.2.2.Choix du col

Sa longueur est définie par la qualité et la quantité des tissus mous. La plupart des systèmes proposent différentes hauteurs de col, variant de 1 à 4 mm.

Les longueurs les plus importantes seront réservées aux muqueuses épaisses et mobiles, comme dans les régions palatines et rétro-molaires. A noter que le bras de levier à l'application de la force orthodontique en sera augmenté(Fig.45). Aussi, on préférera un col épais pour les zones de forte densité osseuse.⁽¹²⁾

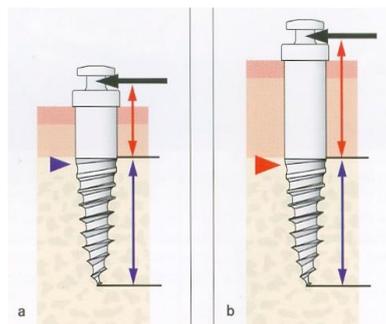


Fig 45. Augmentation du bras de levier avec l'épaisseur muqueuse. D'après Lee et coll.⁽⁸⁵⁾

1.4.2.3.Choix du diamètre

Il est fonction de la qualité et de la quantité du tissu osseux et peut varier entre 1,2 et 2,2mm. Selon Le Gall,⁽²²⁾ dans l'os cortical, plus le diamètre est important, plus la répartition des contraintes est favorable.

Melsen ajoute que bien que les vis fines s'insèrent plus facilement dans les espaces inter-radiculaires, la contrainte locale engendrée au niveau du col lors du dévissage est si importante qu'elle peut entraîner une torsion, voire une fracture.⁽¹⁰⁷⁾

En cas d'os cortical dense, il sera indispensable de porter le diamètre de la mini-vis à 1,8 mm au minimum.⁽¹²⁾

1.4.2.4. Choix de la longueur

La stabilité primaire est généralement obtenue avec un ancrage osseux de 5 à 7 mm Selon Lazaroo, Tilotta et Ernoul⁽¹⁰⁰⁾

Legall déconseille l'utilisation de mini-vis dont la longueur est inférieure à 8 mm⁽²²⁾. Plus la corticale est fine, plus on augmentera la longueur de la vis afin d'améliorer l'ancrage. Les vis les plus courtes seront réservées aux épaisseurs corticales supérieures ou égales à 2mm.⁽¹²⁾

| | Site | Diamètre (mm) | Longueur (mm) | Col |
|-------------------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| MAXILLAIRE | Crête infrazygomatique | 1,5 | 6 - 7 | Court |
| | Tubérosité | 1,5 | 9 - 11 | Long |
| | Vestibulaire 5/6 – 6/7 | 1,3 - 1,4 | 7 - 9 | Court |
| | Vestibulaire 3/4 – 4/5 | 1,3 - 1,4 | 6 - 7 | Court |
| | Palatin 5/6 – 6/7 | 1,4 - 1,5 | 9 - 11 | Long |
| | Médian-Paramédian | 1,8 - 2 - 2,2 | 6 - 7 | Court |
| MANDIBULE | Rétromolaire | 1,5 - 1,8 | 7 - 9 | Long |
| | Vestibulaire 5/6 – 6/7 | 1,3 - 1,4 | 7 | Court |
| | Vestibulaire 3/4 – 5/6 | 1,3 - 1,4 | 6 - 7 | Court |
| | Zone antérieure subapicale | 1,3 | 6 | Court |
| ÉDENTÉ | Maxillaire et Mandibulaire | 1,5 - 1,8 | 7 - 9 - 11 | Court Long |

Tableau 2. Tableau récapitulatif des critères de choix d'une mini-vis en fonction du site d'insertion. D'après Ellouze et Darqué.⁽⁵³⁾

1.4.3. Choix du site de pose

Le choix du site de pose dépend en premier lieu de l'indication et de l'objectif à atteindre.

Une fois le site choisi, il est nécessaire d'évaluer la qualité de l'ancrage, pour obtenir une bonne stabilité primaire de la mini-vis. La densité osseuse, l'épaisseur de l'os cortical, la quantité d'os spongieux et les obstacles anatomiques : zone d'émergences nerveuses, sinus, racines dentaires, sont des critères à évaluer pour obtenir un succès et une bonne stabilité primaire⁽⁶³⁾. (Fig 46).

La zone la plus dense à la mandibule se situe en vestibulaire entre les deuxièmes prémolaires et les premières molaires, ou entre les deuxièmes molaires et les premières molaires. Au maxillaire, les zones les plus denses sont situées en palatin entre 4 et 5 ⁽¹²⁸⁾ et au niveau de la suture palatine.

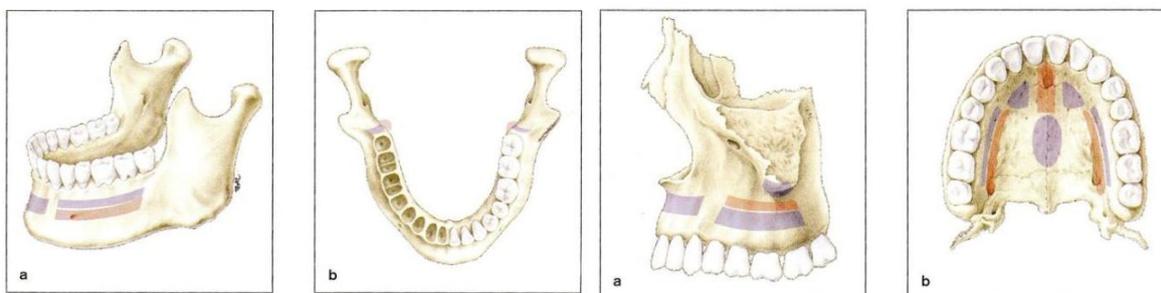


Fig 46. Zones de sécurité (en violet) pour la pose des mini-vis au maxillaire et à la mandibule⁽⁶³⁾

Le taux d'échec est augmenté si la mini-vis est mise en place dans la gencive attachée. Pour obtenir une émergence dans la gencive kératinisée et augmenter la longueur de la vis dans l'os, il est possible d'anguler⁽⁶³⁾. L'angle d'insertion entre les mini-implants et les dents maxillaires est de 30° à 40°. À la mandibule, cet angle est de 10° à 20° ⁽⁴¹⁾ (Fig 47). Mais d'après plusieurs études récentes, cette angulation diminue la stabilité primaire.⁽¹²⁷⁾

Selon Lee, Kim et Park ⁽⁸⁵⁾, pour choisir le site d'insertion des mini-vis, le praticien doit faire la synthèse entre sûreté, accessibilité, état des tissus durs, état des tissus mous, utilité biomécanique, gêne et irritation. La nécessité d'avoir recours aux mini-vis d'ancrage doit être supérieure aux risques encourus.

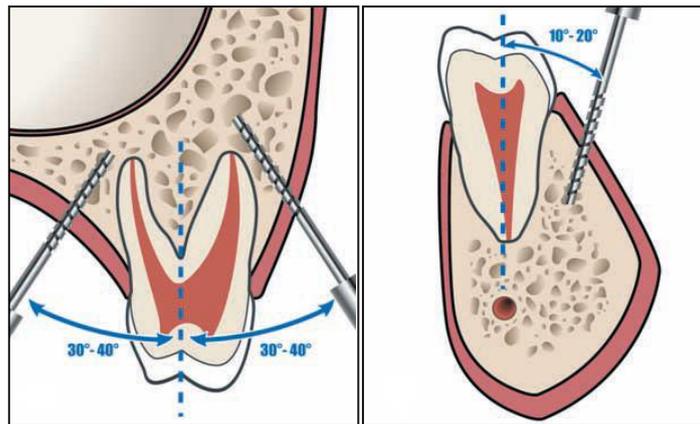


Fig 47. Angles d'insertion des mini-vis dans l'os alvéolaire ⁽⁴¹⁾

1.4.4. Etapes cliniques

Dans le passé, les orthodontistes se réfèrent les patients à un chirurgien buccal pour placer les implants. Aujourd'hui, de nombreux orthodontistes mettent les ancrages temporaires dans leurs propres bureaux. Cela permet d'économiser le temps du patient et de l'argent, et assure que le répondeur sera placé exactement où l'orthodontiste veut. ⁽⁹⁰⁾

1.4.4.1. Préparation du site d'insertion

Le praticien réalise un examen clinique et radiologique du site d'insertion choisi selon le contexte anatomique et les critères biomécaniques⁽⁶³⁾. Une désinfection minutieuse du site opératoire à la chloréxidine à 0,2% est réalisée. Ensuite on réalise une anesthésie locale par infiltration des tissus mous uniquement. En effet, cela permet de conserver la sensibilité dentaire en cas de vissage dans ou à proximité d'une racine. ⁽²²⁾⁽¹²³⁾

1.4.4.2. Marquage du point d'insertion sur la gencive

Des lignes de références horizontale et verticale sont marquées avec une sonde parodontale avant de perforer la gencive au niveau du point d'insertion de la mini-vis. L'épaisseur des

tissus mous est mesurée, si un obstacle gêne l'insertion (type frein), il est nécessaire de pratiquer une frénectomie lors de l'intervention. ⁽⁶³⁾

1.4.4.3. Perforation de l'os cortical

Aujourd'hui on ne prépare plus de « pré-trou » ou de « préforage » car la majorité des mini-vis sont autotaraudante et autoforante. Ainsi on réalise seulement une simple indentation à la surface de l'os cortical à l'aide d'une fraise boule de petit diamètre monté sur contre angle. Ce trou-guide facilite l'insertion de la vis, réduit les microtraumatismes à sa pose et guide le vissage selon l'axe souhaité ⁽¹³¹⁾. (Fig 48).

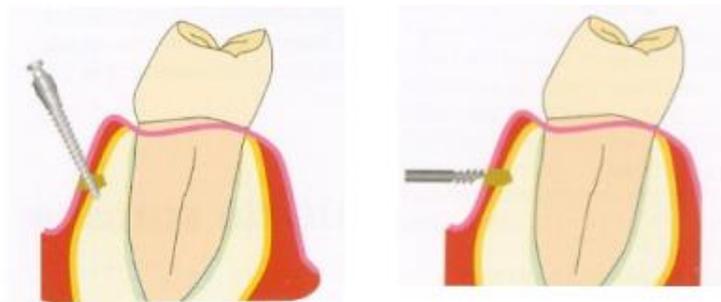


Fig 48. Indentation. D'après Ellouze et Darqué. ⁽⁵³⁾

En revanche, deux écoles s'opposent : certains praticiens préconisent le préforage de faible diamètre et sur une faible longueur ⁽¹⁰¹⁾⁽⁸⁵⁾ (Fig 49), ce qui pour eux augmente la sensibilité tactile du praticien, et guide le praticien pour maintenir l'axe d'insertion, tandis qu'une autre école préconise d'utiliser la propriété autoforante des pointes de mini-vis et de les visser sans avant trou, afin d'augmenter la stabilité primaire de la vis. ⁽⁵⁷⁾⁽¹¹⁵⁾⁽¹⁰³⁾⁽⁵²⁾

De nombreuses études ont cherché à comparer ces deux techniques : il en ressort que le design de la vis conditionne le préforage ou l'absence de préforage. Pour Massif et Frapier, le préforage apporte deux avantages : la diminution significative de la force verticale de vissage nécessaire à l'amorçage, et le recul significatif du point de rupture au-delà duquel la vis décroche et perd sa stabilité primaire ⁽¹⁰¹⁾.

Wilmes en 2006 s'est attardé à déterminer la longueur et le diamètre du préforage idéal ⁽¹⁶⁹⁾. Pour augmenter la stabilité primaire des mini-vis, il faut diminuer au maximum le diamètre du préforage (1,3 mm maximum) et la longueur du préforage (autour de 1 mm).

Pour Mischowski, puis Floorvag, l'absence de préforage augmente la stabilité primaire, mais en contrepartie, une première résistance à la pénétration doit être surmontée avant que la mini-vis n'entre dans l'os : cela peut entraîner des fractures ⁽⁵⁷⁾⁽¹¹⁵⁾. En effet, pour Lee, Kim et Park, en raison des risques de fractures, il n'est pas recommandé d'utiliser des mini-vis de moins de 1,6 mm de diamètre sans préforage, surtout à la mandibule. L'opérateur doit être très attentif à ne pas briser l'extrémité de la mini-vis : cet accident se produit souvent lorsque l'angle d'insertion est modifié alors qu'elle est dans l'os cortical ⁽⁸⁵⁾.



Fig 49. Insertion du foret ⁽⁴¹⁾

1.4.4.4. Insertion et vissage de la mini-vis

Au cours de cette étape, la mini-vis est insérée dans l'os selon l'angle planifié (Fig 50 et 51). que la vis soit auto taroudante ou autoforeuse, l'insertion se fait par rotation, en exerçant une force verticale minime, juste suffisante pour maintenir l'angle de travail ⁽⁵⁾. Ce vissage peut être réalisé à l'aide d'un tournevis manuel ou d'un contre-angle à vitesse réduite ⁽⁹⁹⁾. Il faut absolument éviter le vissage, dévissage, revissage, car cela entraîne un délabrement de l'os cortical du à la particularité du pas de vis ⁽²²⁾. Il faut également éviter d'induire un mouvement de flexion au cours de l'insertion de la mini-vis, de façon à ne pas léser la pointe autoforante de la mini-vis. ⁽⁶³⁾

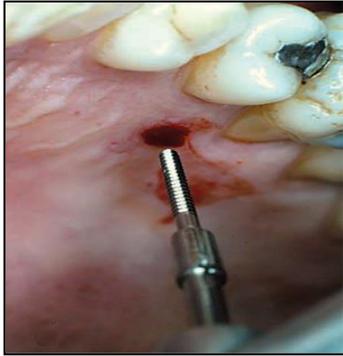


Fig 50. Insertion des mini-implants⁽⁴¹⁾



Fig 51. Mini-implants insérés⁽⁴¹⁾

1.4.4.5. Contrôle de la position et de la stabilité primaire de la mini-vis

Une radiographie postopératoire n'est pas nécessaire de façon systématique. Elle est réalisée en particulier lors de la survenue d'une complication au cours de la pose, ou si un doute persiste sur la position de la vis par rapport à une racine. ⁽²²⁾

Suite au vissage la mobilité de la mini-vis doit être testée en traction et en compression à l'aide d'une sonde. Un test de percussion peut être fait sur la tête de la vis avec un manche de miroir. Le son produit doit être sourd et métallique pour attester une bonne stabilité primaire⁽⁹⁹⁾. La mobilité est contrôlée plus attentivement dans les zones où la mini-vis risque d'être soumise à des forces musculaires importantes. ⁽²²⁾

Si la stabilité primaire immédiatement après la pose n'est pas satisfaisante, il est préférable de repositionner la mini-vis dans un site voisin plus rétenteur, après avis de l'orthodontiste pour s'assurer que ce changement ne pose aucun souci pour la réalisation du traitement voulu. Si le site n'est pas modifiable et que son anatomie le permet, le diamètre et/ou la longueur de la mini-vis seront augmentés pour améliorer sa rétention⁽¹⁴¹⁾.

1.4.4.6. Conseils postopératoires

La prescription d'un bain de bouche à la chlorexidine pendant 10 jours et une hygiène locale parfaite sont indispensables pour la bonne cicatrisation du site, et empêcher la survenue d'inflammation et d'infection. Il est recommandé de brosser la mini-vis le jour de l'intervention avec une brosse à dent souple trempée dans le bain de bouche à la chlorexidine. Ce geste doit être répété tous les jours jusqu'à la fin de traitement⁽²⁷⁾. En revanche, l'usage de la brosse à dent électrique est à éviter⁽⁸⁵⁾.

1.4.4.7. Mise en charge orthodontique

La mise en place de système d'application des forces entre la vis et la dent à mobiliser peut se faire le jour même ou après une période de cicatrisation d'environ deux semaines⁽⁹⁹⁾; si la stabilité est suffisante, la mise en charge immédiate peut se faire avec des forces allant de 30 à 250g.⁽¹¹¹⁾⁽¹²⁰⁾⁽¹²³⁾

Il est préférable que la force appliquée soit continue et unidirectionnelle. La charge peut être appliquée directement entre la mini-vis et la dent ou l'arc orthodontique à l'aide de chaînette ou de ressorts. Quant il est impossible de donner la direction voulue à la force souhaitée, la charge peut être appliquée indirectement par des arcs sectionnels qui décale le point d'application de la force⁽²²⁾.

1.4.4.8. La dépose de la mini-vis

Grace à l'absence d'ostéointégration la plupart du temps, la dépose nécessite une simple anesthésie topique, voire aucune anesthésie⁽⁹⁹⁾. En revanche, si les tissus mous recouvrent la mini-vis, ou si le patient le souhaite, il est possible de réaliser une anesthésie locale. La vis est en suite dévissée dans le sens inverse des aiguilles d'une montre à l'aide d'un tournevis manuel⁽¹²³⁾. La cicatrisation osseuse et gingivale se fait rapidement en quelque jour et sans aucune séquelle. Le patient doit juste éviter de manger les aliments chauds et salés pour éviter de provoquer une douleur et d'aggraver la plaie⁽⁸⁵⁾.

Il arrive parfois qu'un début d'ostéointégration provoque une résistance de la mini-vis au moment de retrait. Si la mini-vis est difficile à retirer, il est préférable d'attendre trois à sept jours après la première tentative pour réessayer, car le fait d'essayer de dévisser la mini-vis provoque des micro fractures locales ou un remodelage osseux suffisant pour provoquer la perte de la mini-vis. Si la mini-vis se fracture au moment du retrait, une petite intervention chirurgicale peut alors être nécessaire pour retirer le fragment resté dans l'os⁽¹²³⁾.

1.5. Intérêts biomécaniques des mini-vis ⁽⁴⁰⁾

Du point de vue biomécanique, l'utilisation de mini-vis offre deux avantages majeurs

➤ Un système de forces plus efficace

Lorsque le moyen d'ancrage est dentaire, les forces interviennent au niveau de la partie coronaire des dents, c'est-à-dire à distance du centre de résistance. Pour effectuer une translation, l'orthodontiste introduit des informations au niveau de l'arc pour compenser les mouvements parasites de version. Dans le cas des mini-vis, le vecteur de forces peut selon le lieu d'implantation se rapprocher voire passer par le centre de résistance d'une dent à déplacer. Cela simplifie le système biomécanique à employer pour réaliser les objectifs orthodontiques.

➤ Un ancrage absolu

La notion d'ancrage absolu montre que malgré un léger déplacement (inférieur à 1mm) pouvant avoir lieu au cours d'un mouvement orthodontique, les mini-vis constituent un moyen d'ancrage stable lorsque les forces mises en jeu sont de forte intensité. Les forces d'ingression des secteurs postérieurs habituellement prises en charge par un appui péri-crânien (F.E.O) peuvent être supportées par des mini-vis. Deux principes d'ancrage sont communément admis

- l'ancrage direct :⁽¹⁶⁶⁾ le système de force induisant le déplacement dentaire est fixé directement sur la tête de l'implant (fig 52). La tête ne présente alors pas de caractéristiques particulières si ce n'est une collerette de rétention.

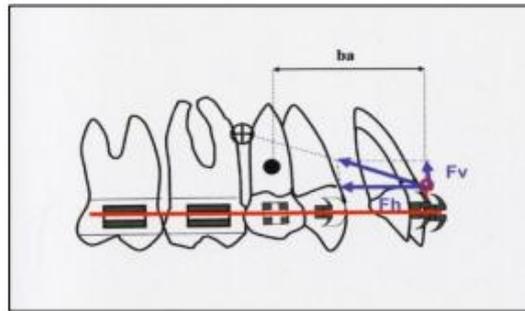


Fig 52 . Biomécanique de rétraction incisive en ancrage directe (Faure 2011) ⁽⁶³⁾

- l'ancrage indirect : ⁽¹⁶⁷⁾ Le système de force induisant le déplacement dentaire est classiquement solidaire de l'appareillage orthodontique. Un auxiliaire relie alors l'appareillage (ou la dent à ancrer) à la mini-vis, permettant le contrôle des mouvements parasites induits par le système de force (fig 53). La solidarisation de l'auxiliaire nécessite une tête particulière en forme d'attache orthodontique « tête bracket ».

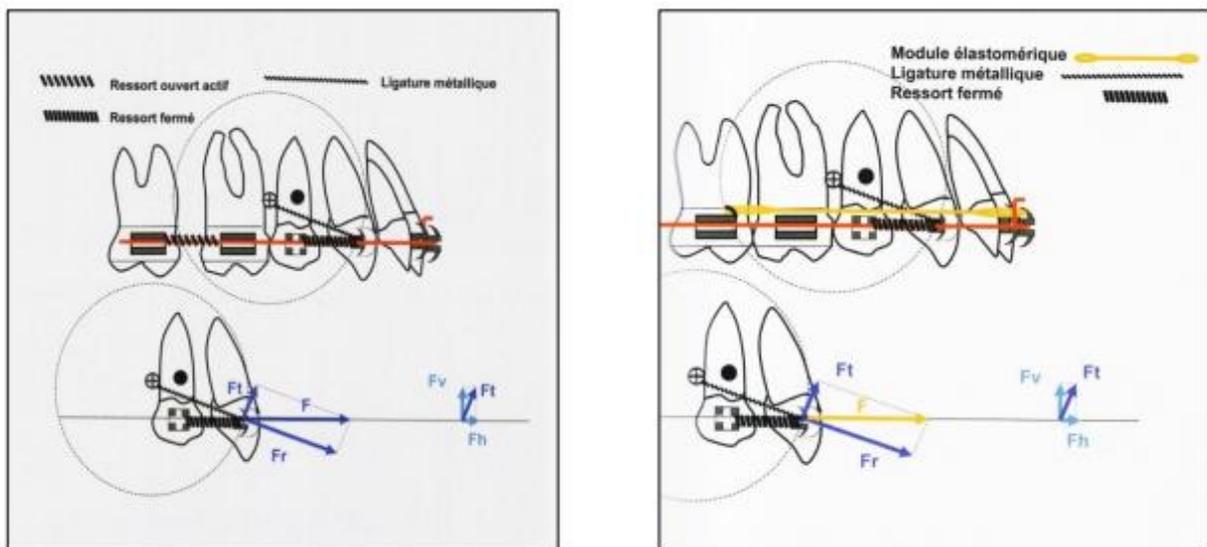


Fig 53. Exemple de recul molaire (à gauche) et de recul incisif (à droite) par ancrage indirect⁽⁶³⁾

1.6. Indications et contre indications des mini-implants

1.6.1. Les indications des mini-implants

Ces implants, “micro-vis” ou “mini-implants” temporaires peuvent être utilisés dans certains cas afin d’offrir aux patients de nouvelles alternatives de traitement et permettre des déplacements dentaires quand les approches conventionnelles ne le permettent pas. Ceci peut rendre le traitement plus rapide, efficace et confortable tout en permettant parfois d’éviter certaines procédures plus invasives complexes et coûteuses comme des chirurgies aux mâchoires ou des remplacements de dents.

-Fermeture d’espaces⁽⁷¹⁾

Dans cet exemple, le but est d’avancer les dents postérieures sans reculer les dents antérieures. L’utilisation d’une mini-vis permet de ne pas “s’ancrer” sur les dents et de les laisser dans leur position actuelle si désiré.



Fig 54 : cas clinique sur fermeture d’espace⁽⁷¹⁾

-Redressement de molaires avec des mini-vis⁽¹⁰³⁾

La mini-vis peut être insérée au niveau de la région rétro-molaire, lorsqu’un espace suffisant est disponible en distal, pour servir d’ancrage direct. Si cette configuration n’est pas possible, la mini-vis peut être placée entre les premières et deuxième prémolaires, ou entre la première prémolaire et la canine, dans ce cas la force orthodontique sera appliquée de façon indirecte



Fig 55 : redressement de l'axe d'une molaire
ancrage direct ⁽¹⁰³⁾ méso-versé par ancrage indirecte ⁽¹⁰³⁾

Fig 56 : redressement molaire par

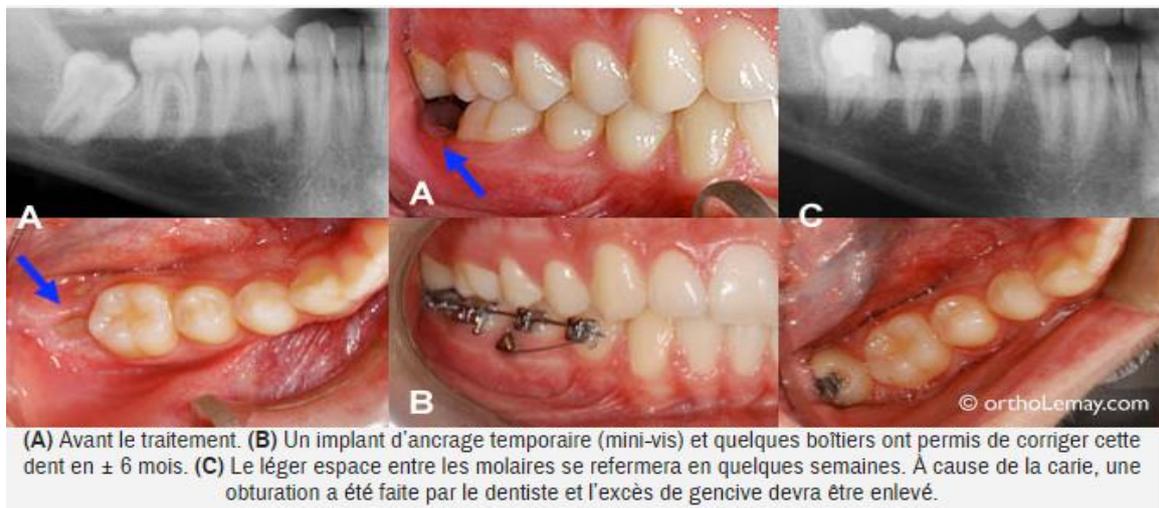


Fig 57 : cas clinique d'un redressement molaire ⁽⁷¹⁾

-Rétraction de dents antérieures ⁽²³⁾ ⁽⁷¹⁾

Au maxillaire, les mini-vis peuvent corriger une classe II squelettique par prognathie ou proalvéolie, en évitant le recours aux forces extra-orales et donc le risque de perte d'ancrage. la rétraction en masse du secteur antérieur maxillaire après extraction est l'application clinique de l'ancrage squelettique la plus souvent publiée.

Sur l'arcade mandibulaire, les mini-vis sont très efficaces chez les patients nécessitant un ancrage maximum dans le cas, par exemple, d'une protrusion bialvéolaire ou d'une classe III. Pour un recul optimal du secteur antérieur mandibulaire, les mini-vis doivent être insérées entre les racines des premières molaires et des deuxième prémolaires ou entre les deux molaires.

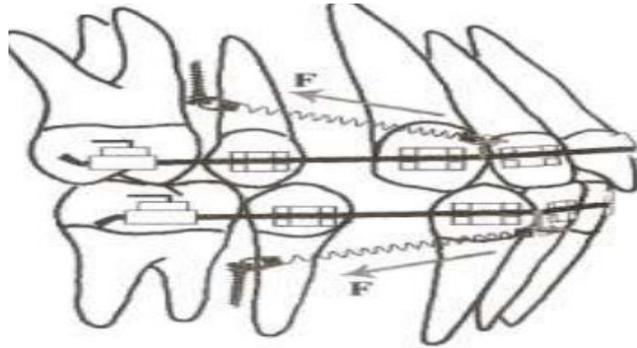


Fig 58 : schéma de la mécanique orthodontique pour une rétraction des secteurs antérieurs⁽²³⁾

-Distalisation molaire ⁽⁸⁵⁾

Différents sites d'implantation sont possibles pour distaler les molaires. l'intrusion peut se faire

- Vestibulairement : Dans ce cas, la mini-vis est positionnée soit entre la deuxième prémolaire et la première molaire, et sert d'ancrage indirect, soit dans la région rétromolaire si l'espace est suffisant et sert d'ancrage direct. A la mandibule, seule cette solution est envisageable.
- au centre du palais : cette position présente de nombreux avantages. En effet, les mini-vis n'interfèrent pas avec le mouvement dentaire et ne limitent donc pas l'étendue de la distalisation. l'inconvénient réside surtout dans l'inconfort des appareillages palatins.



Fig 59 : exemple d'une mini-vis posée au centre du palais⁽⁸⁵⁾

- palatinement, en inter-dentaire : Cette position permet de mieux contrôler la position de la ligne de force et de disposer d'un espace inter-dentaire plus large qu'en vestibulaire



Fig 60 : vue d'une mini-vis palatine⁽⁸⁵⁾

-Protraction de dents et mâchoire (Déficiency maxillaire, Classe 3)⁽⁷¹⁾

L'utilisation de mini-vis ancrées dans l'os du palais permet d'y accrocher des ressorts qui exercent une traction vers l'avant. Ceci permet "d'avancer" le maxillaire et d'obtenir un meilleur équilibre entre les mâchoires.

Dans certains cas de Classe 3, cette approche peut être une alternative à une chirurgie d'avancement maxillaire en permettant d'obtenir une relation fonctionnelle et esthétique entre les dents antérieures.

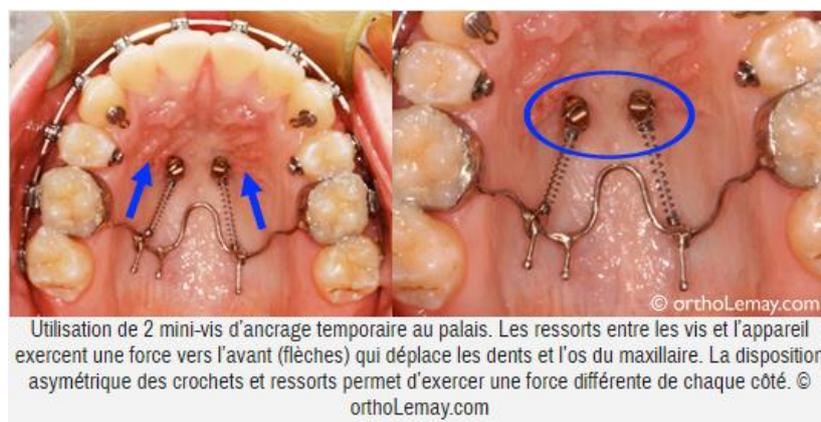


Fig 61 : l'utilisation de mini-vis ancrées dans l'os du palais pour corriger une classe III⁽⁷¹⁾

-Intrusion/ingression de dents⁽⁷¹⁾⁽²³⁾➤ **ingression molaire⁽⁷¹⁾⁽²³⁾**

L'ingression molaire peut être nécessaire pour différentes situations cliniques. Elle peut intervenir pour corriger une béance antérieure, ou encore pour remettre une molaire egressée dans le plan d'occlusion.

Les mini-vis permettent le mouvement d'ingression en les plaçant entre la première et la seconde prémolaire, ou entre la seconde prémolaire et la première molaire. Au maxillaire il est possible d'utiliser deux vis, une en vestibulaire et l'autre en palatin, pour un ancrage maximum, cela permet une ingression plus sûre et plus rapide, tout en préservant le confort du patient.

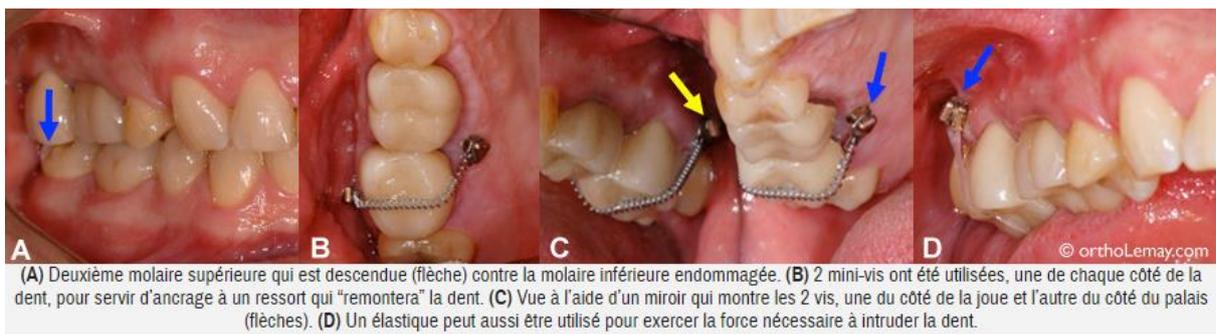


Fig 62 : cas clinique d'ingression molaire⁽⁷¹⁾

➤ **Ingression antérieure**

La classe II division 2 est l'indication la plus rencontrée pour ce type de mouvement. En effet, les patients présentant une supraclusion et un surplomb modéré à sévère nécessitent une ingression des dents antérieures pour niveler le plan d'occlusion.

Pour fournir un ancrage pendant l'ingression des dents antérieures, les mini-vis peuvent être placées entre les deux incisives centrales, ou entre l'incisive centrale et la latérale 'insertion entre l'incisive latérale et la canine est indiqué pour l'ingression des six dents antérieures tout en contrôlant l'axe de la canine. la mini-vis doit être bien centrée entre les racines à intruder.

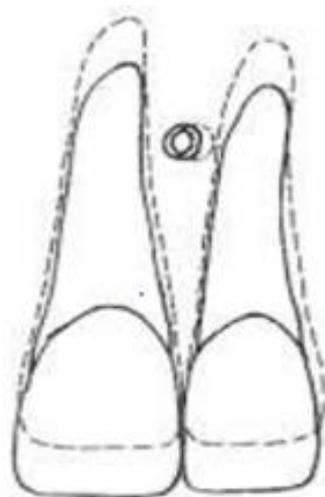


Fig 63 : schéma d'une intrusion incisive⁽²³⁾

-Extrusion dentaire, égression (éruption forcée)⁽⁷¹⁾

Les mini-vis peuvent servir d'ancrage pour égrésser les dents maxillaires antérieures, lorsque celles-ci sont insuffisamment exposées au sourire.



Fig 64 : Utilisation de mini-vis d'ancrage comme ancrage pour faire sortir une dent sans utiliser les dents adjacentes.⁽⁷¹⁾

-Correction d'un sourire gingival sévère

Fig 65 : cas clinique de correction d' sourire gingival sévère à l'aide de mini-vis⁽⁷¹⁾

-Correction d'un décalage des milieux inter-incisifs⁽²³⁾⁽⁸⁵⁾

L'alignement des milieux dentaires nécessite le déplacement de toute une arcade d'un coté. Une mini-vis peut être placée en lingual ou en vestibulaire le plus proche possible des couronnes dentaires. Cela permet d'avoir une ligne de force plus occlusale pour un vecteur horizontal. Ensuite, une chaînette relie la mini-vis à l'arc, ce qui tire l'ensemble de l'arcade.

1.6.2. Les contre-indications des mini-implants

Elles correspondent à celles que l'on prend en compte lors de toute intervention de chirurgie buccale : à savoir éviter tout acte susceptible d'aggraver l'état général et toute les affections liées a un risque infectieux.

1.6.2.1. Les contre-indications générales

1.6.2.1.1. Les contre-indications générales absolues

-Thérapie aux biphosphonates ⁽⁵⁸⁾ ⁽⁵⁴⁾

: Il y a environ 10 ans les biphosphonates ont été introduits dans le traitement de l'ostéoporose, des tumeurs osseuses, de la maladie de Paget et de l'hypercalcémie ; il a été récemment constaté que les biphosphonates administrés par voie intraveineuse ont été associe à l'ostéonécrose des mâchoires. La lésion initiale orale associée à une nécrose de la mâchoire causée par des BP est une déhiscence de la muqueuse (ulcération), avec exposition de la mandibule ou du maxillaire sous-jacent. Un ralentissement du mouvement des dents et une cicatrisation osseuse plus difficile ont été observée

L'examen radiologique montre des images d'ostéolyse, et des filaments d'*actinomycès* sont fréquemment retrouvés lors des prélèvements bactériologiques.

Ces ostéonécroses sont provoquées par l'acte chirurgical intra-buccal ; celles-ci sont très difficiles voir même impossible à traiter, elles présentent un tableau clinique semblable à celui de l'ostéoradionécrose avec présence d'une ostéite et d'une ulcération muqueuse, suite à la détérioration osseuse provoqué par les BP les mini-implants deviennent exagérément mobiles ou soient spontanément perdues.

-Traitement aux corticostéroïdes : ⁽⁵⁸⁾⁽¹⁰⁵⁾⁽¹²²⁾ Les chirurgiens-dentistes sont de plus en plus confrontés à des patients ayant des traitements médicamenteux lourds souhaitant une réhabilitation implantaire. L'administration prolongée des glucocorticoïdes provoque de l'ostéoporose et augmente le risque de fracture par la baisse de la densité osseuse. La prise prolongée de corticostéroïdes altère la guérison en raison de la réduction de la réponse immunitaire. La survenu des infections péri-implantaire s'accroît; les chercheurs ont conclu que les corticoïdes pourraient représenter un risque pour la réussite de la thérapie implantaire.

-Un SIDA évolué (syndrome de l'immunodéficience acquise) ⁽⁵⁴⁾ ⁽⁶⁷⁾ Correspond à une défaillance de l'immunité, au point de développer des infections à des agents infectieux de l'environnement; ces infections sont dites opportunistes, car elles ne surviennent jamais chez des personnes dont l'immunité est normale. Chez ces patients la cicatrisation est altérée, le risque infectieux post opératoire est augmenté.

-une cardiopathie valvulaire ;

-un infarctus du myocarde récent ;

-une hémopathie, une hémophilie, une leucémie aigue ;

-un déficit immunitaire grave, congénital ou acquis ;

-une affection maligne au pronostic vital engagé ;

-Une hémodialyse constante ;

-une greffe d'organe, et ceux sous traitements immunosuppresseurs.

1.6.2.1.2. Les contre-indications générales relatives

-le tabagisme : ⁽⁵⁸⁾ ⁽⁹¹⁾ Est un facteur de risque connu en implantologie, il réduit la vascularisation et exerce une influence néfaste sur la microcirculation des tissus mous. Des manifestations secondaires telles que les hématomes, tuméfactions, signe d'inflammation et paresthésies transitoires apparaissent chez 50% des fumeurs (non fumeurs : 23.1%)

-diabète : ⁽⁵⁸⁾ D'après le consensus actuel, le traitement d'un diabétique avec des implants présente un risque important. les complications possibles telles de hémorragies secondaires, hématomes, infection précoces et trouble de cicatrisation sont dues à l'angiopathie diabétique, elles peuvent aboutir à un échec de traitement.

Il est à présent admis que les patients équilibrés et contrôlés ne présentent pas de risques opératoires spécifiques et il n'est pas nécessaire de prendre des précautions particulières, ceux-ci peuvent être soignés normalement, et la pose d'implant peut être envisagée.

-une grossesse : ⁽⁵⁴⁾ Les modifications hormonales ont tendance à fragiliser les dents et la gencive, les inflammations de la gencive sont alors plus fréquentes, et se traduisent par

des douleurs, des saignements, et parfois dans les cas les plus rares, des déchaussements de dents, sachant qu'une gencive saine est un facteur décisif pour le pronostic des mini-implants ; la mise en place des mini-implants est difficile voir impossible sur une gencive enflammée.

-une syphilis secondaire ou tertiaire : ⁽⁵⁴⁾ la syphilis est due à un *spirochète* (bactérie en forme spirale) appelé *tréponème pallidum*. Parmi les complications de la syphilis on a l'atteinte de l'os ce qui influence sur la quantité et la qualité d'os qu'ont un rôle primordial dans la stabilité des mini-implants.

-une insuffisance cardiaque coronarienne;

-un traitement anticoagulant : ⁽⁵⁴⁾ La mise en place des mini-implants chez un patient sous anticoagulant peut provoquer une hémorragie au niveau du site opératoire et/ou la présence de caillots exubérants dans la cavité buccale avec une sialorrhée sanguinolente ; ces patients présentent un risque hémorragique élevé.

-une insuffisance rénale chronique ;

-une maladie auto-immune ;

-une toxicomanie ;

-une psychopathie grave ou incapacité intellectuelle des patients ;

-une maladie endocrinienne non contrôlée.

1.6.2.2. Les contre-indications locales des mini-implants

1.6.2.2.1. les contre-indications locales absolues

-Quantité osseuse insuffisante : ⁽⁵⁸⁾ La possibilité d'une réhabilitation orale implantaire dépend en premier lieu de la quantité d'os disponible. la réussite de traitement et la stabilité de mini-implant dépend de la qualité et de la quantité osseuse du site implantaire.

-Qualité des tissus mous :⁽¹⁾⁽¹⁰⁶⁾ Les tissus mous jouent un rôle primordial dans la thérapie implantaire, la présence d'une zone assez large de gencive kératinisée est un facteur décisif pour le pronostic des mini-implants.

-Maladies parodontales :⁽¹¹⁾⁽¹⁰¹⁾ Le risque d'apparition d'infections péri-implantaires est plus élevé chez les patients atteints de parodontite, en particulier pour les formes agressives. Il faudra donc assainir le parodonte et stabiliser la maladie avant d'envisager un traitement implantaire.

-une proximité des éléments anatomiques (sinus, racine...etc.).

-une radiothérapie de la région maxillo-faciale.

-une tumeur évolutive de la muqueuse buccale.

1.6.2.2.2. Les contre-indications locales relatives

- Une hygiène bucco-dentaire insuffisante ;
- Une pathologie de la muqueuse au site implantaire ;
- Une infection péri-dentaire voisine (kyste, poche).

1.7. Avantages et inconvénients des mini-implants

1.7.1. Avantages des mini-implants⁽⁴¹⁾

- 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 ;

- Réduction du temps de traitement ;
- Traitement plus esthétique ;
- Confort du patient ;
- Coûts réduits par rapport aux traitements chirurgicaux.

1.7.2. Inconvénient des mini-implants ⁽⁴¹⁾⁽²³⁾

- Demande une grande motivation de la part du patient pour le maintien d'une bonne hygiène orale pour éviter l'inflammation des tissus péri-implantaires et la perte de mini vis.
- Le cout très élevé par rapport aux ancrages orthodontiques conventionnels.
- Risque de fracture de mini-implant.

1.8. Complications des mini-implants

1.8.1. Complications per-opératoires ⁽⁷⁸⁾⁽⁷⁷⁾⁽¹⁵⁶⁾

- **Dérapiage de la vis** : En cas d'insertion oblique et surtout sur une corticale dense, la vis peut glisser et se perdre entre muqueuse et périoste, imposant un lambeau pour la récupérer.

- **Lésions neurologiques** : La plupart sont mineures mais d'autres requièrent corticothérapie, microchirurgie, greffe ou laser. Elles concernent

- le nerf grand palatin à l'émergence de son foramen ;
- le nerf mandibulaire dans son canal ou au niveau du foramen mentonnier ;
- les nerfs buccal et lingual en rétromolaire.

- **Lésions vasculaires** : La structure vasculaire la plus exposée est la branche de l'artère palatine descendante.

Sa lésion n'engendre pas de troubles trophiques de la muqueuse du fait de la

vascularisation complémentaire et collatérale. Le risque est avant tout prévenu par une connaissance parfaite de l'anatomie du site d'insertion retenu.

-Emphysème sous-cutané : Sont en cause la seringue air-eau ou l'utilisation d'instruments rotatifs à haute vitesse. Le phénomène est généralement spontanément résolutif sous 3 à 10 jours.

- Effraction sinusienne ou nasale : Du fait de leur diamètre réduit, les communications bucco-sinusienne ou bucco-nasale cicatrisent bien. En revanche, la perte de la vis dans ces zones anatomiques impose une prise en charge ORL.

-Déformations mécaniques : flexion, torsion et fracture

Les 3 phénomènes produisent des micro-craquelures osseuses affectant la stabilité de la vis. Une vis déformée ne doit pas être laissée en place. Un fragment cassé peut être laissé in situ selon sa taille et surtout la nature de son matériau ostéointégrable ou non.

- Douleur : Du fait de la faible anesthésie, le patient peut ressentir une compression intra-osseuse désagréable plus que douloureuse. La douleur est une alerte pour l'opérateur d'une éventuelle proximité radiculaire. En cas de douleur inexpliquée, la vis doit être déposée.

1.8.2. Complications post-opératoires

- Perte de la vis ou mobilité : Le taux de succès des mini-vis est très confortable. Cependant, il arrive de manière non prévisible que celles-ci deviennent exagérément mobiles ou soient spontanément perdues, constituant les 2 principales causes d'échec. Les tentatives d'explications sont diverses et variées car de très nombreux facteurs entrent en jeu. Si les objectifs d'ancrage ne sont pas atteints

- la dépose est nécessaire en cas de perte ou de mobilité importante.

- le revissage, après asepsie et anesthésie, peut être tenté pour une mobilité moindre

-Lésions des tissus mous

Ulcération : Généralement de faible étendue et localisée autour de la tête de la vis ou sur la muqueuse en regard de la tête. La guérison est spontanée mais l'on peut placer, en complément des bains-de-bouche, un embout de cicatrisation, une boulette de cire ou un séparateur sur la tête de la vis pour éliminer l'épine irritative, améliorer le confort du patient et limiter le développement de l'inflammation.

Hyperplasie et enfouissement de la tête de vis et des auxiliaires : Observés généralement en zone muqueuse, ces phénomènes peuvent être prévenus en plaçant la mini-vis en gencive attachée avec une longueur suffisante ou en laissant exposés 2 ou 3 tours de spires.

Inflammation : La santé des tissus mous péri-implantaires joue un rôle important de barrière antibactérienne. L'inflammation est régulièrement incriminée comme facteur de risque impliqué dans les échecs des mini-vis. Le praticien doit prévenir la réaction inflammatoire et, pour cela, certains préconisent une pose en gencive libre et une mise en charge différée pour la cicatrisation muqueuse.

Infection : Elle n'est que très rarement observée sur un terrain local et général sain.

Péri-implantite : Elle correspond à une inflammation muqueuse autour de la mini-vis avec une perte osseuse clinique et radiologique évidente, saignement de contact, suppuration, infiltration épithéliale, et souvent mobilité associée.

- Echec psychologique : La littérature rapporte le cas d'un patient ne tolérant pas la mini-vis sur un plan psychologique l'information et le consentement éclairé sont, comme toujours, de rigueur.

1.8.3. Complication à la dépose

- **Fracture** : Le col est la zone de prédilection. La meilleure prévention tient du bon choix du diamètre et d'une technique de pose adéquate minimisant le risque de fracture à la dépose. Au besoin, un trépan peut être utilisé si la fracture ne laisse pas de spires supra-osseuses.

- **Ostéointégration** : Même partielle, l'ostéointégration peut rendre difficile la dépose.

On comprend donc que malgré leur simplicité d'utilisation, les mini-vis doivent donc être prescrites avec précautions et leur pose, comme leur mécanique, doivent être simplifiées au maximum sur des cas sélectionnés attentivement.

2. Les mini-plaques

2.1. Description des mini-plaques

Le système des mini-plaques orthodontiques est relativement similaire aux plaques d'ostéosynthèse. La principale différence réside dans la modification de leurs extrémités afin qu'elles puissent s'adapter aux auxiliaires orthodontiques.⁽¹³⁰⁾

Les mini-plaques, d'environ 1,5 mm d'épaisseur, sont fabriquées en titane ou en alliage de titane et existent sous différentes formes et tailles.^(130,152) Elles peuvent être pliées ou découpées afin d'être adaptées au contour de la corticale au niveau du site d'insertion.⁽¹³⁰⁾ Toutes sont composées de 3 parties : la tête, le bras et le corps.⁽¹⁵²⁾

- La tête, c'est la partie exposée dans la cavité buccale. Elle doit être positionnée de manière à ne pas interférer avec l'occlusion. Son extrémité comporte en général un ou plusieurs crochets continus permettant l'attache du dispositif de traction. Elle possède deux variantes selon la direction des crochets⁽⁷⁾. Existe sous plusieurs formes :

circulaire, ⁽¹⁴⁸⁾ en crochet ⁽¹⁵⁵⁾ ou en tube ^(46,29). Certaines sont flexibles, leur forme pouvant être modifiée à souhait. ⁽¹⁵⁰⁾

- Le bras, il s'agit de la partie Trans-muqueuse. Il existe différentes longueurs de bras ⁽⁷⁾ de forme rectangulaire ou ronde ⁽¹⁵⁰⁾
- Le corps est sous périoste, c'est la partie de la plaque qu'est fixée à l'os ⁽⁷⁾, il peut avoir quatre formes basiques différentes: T, L, Yet I. Il est ainsi fixé à l'os par deux ou trois vis de fixation. ⁽¹⁵⁰⁾

Le titane de grade 2 permet une certaine malléabilité de la plaque. On peut ainsi transformer une plaque en I en L à l'aide d'une pince, ou transformer une plaque en T en L en coupant une extrémité. ⁽⁷⁾

Les 3 parties de la mini-plaque sont fabriquées à partir d'une seule pièce de titane solide sans procédures de courbure. Il n'y a pas de traitement par la chaleur ce qui diminue significativement le risque de fracture. ⁽⁷⁾ même les vis de fixation mono-corticales sont fabriquées à partir de titane et ne présente pas de traitement de surface. Elles sont auto-taraudantes et mesurent en général de 5 à 7 mm de long et 1,2 à 2,3mm de diamètre.

^(158,130,46,34)

Le choix du type de plaque⁽¹⁵⁸⁾ (en T, L, y, I), de la longueur du fut (5,7 ou 10mm) et du nombre de vis, repose sur plusieurs paramètres tels que le site d'insertion, la densité osseuse (2ou3 vis), la profondeur du vestibule, la typologie faciale et la nécessité thérapeutique.⁽¹⁵⁰⁾

2.1.1. Plaque en I (Fig 66)

Des plaques en forme de I sont proposées par plusieurs fabricants

- Les implants Bollard :

A travers les trous de la mini-plaque, on insère des mini-vis mono-corticales de 2,3 mm de diamètre, de 5 mm de longueur qui vont fixer la mini-plaque à l'os par auto taroudage. Il n'y a qu'au niveau du trou supérieur de la mini-plaque maxillaire qu'on peut mettre une vis de 7 mm de long. Un trou pilote de 1,6 mm de diamètre est foré avant l'insertion de chaque vis.

L'unité de fixation contient 2 gorges verticales avec un diamètre de 045 (1,1mm).Un arc connectique carré avec une taille maximale de 032x 032 peut y être inséré et fixé solidement par une vis de verrouillage pour connecter l'ancrage osseux à l'appareil orthodontique. En changeant la forme et la longueur du fil , le point d'application de la force peut être ajusté pour obtenir la direction de traction souhaitée.

Grace au double pli de la barre de connexion, l'unité de fixation est orientée parallèlement au procès alvéolaire ou à l'arcade dentaire ce qui réduit les risques d'irritation des tissus mous.

Pour De Clerck, Il n'y a pas de véritable ostéointégration similaire à un implant classique mais plutôt un apposition osseuse liée à une simulation de l'ostéogénèse périostée.

La rétention initiale des vis est principalement une très importante rétention mécanique liée à la différence de diamètre entre les 2,3 mm du pas externe de vis et les 1,6 mm du trou pilote réalisé pour les y placer.



Fig 66. Plaque en I Bollard maxillaire et mandibulaire⁽⁷⁾

- **Les plaques en I de TEKKA (fig 67)**

Les longueurs proposées sont : 5mm ,7mm, 10mm ou 12mm. Les plaques permettent l'insertion de deux vis auto foreuses de 2 mm de diamètre.

Les plaques en I se fixent à l'aide de deux mini-vis autoforantes dans la région maxillaire postérieure ou antérieure, selon le mouvement souhaité.

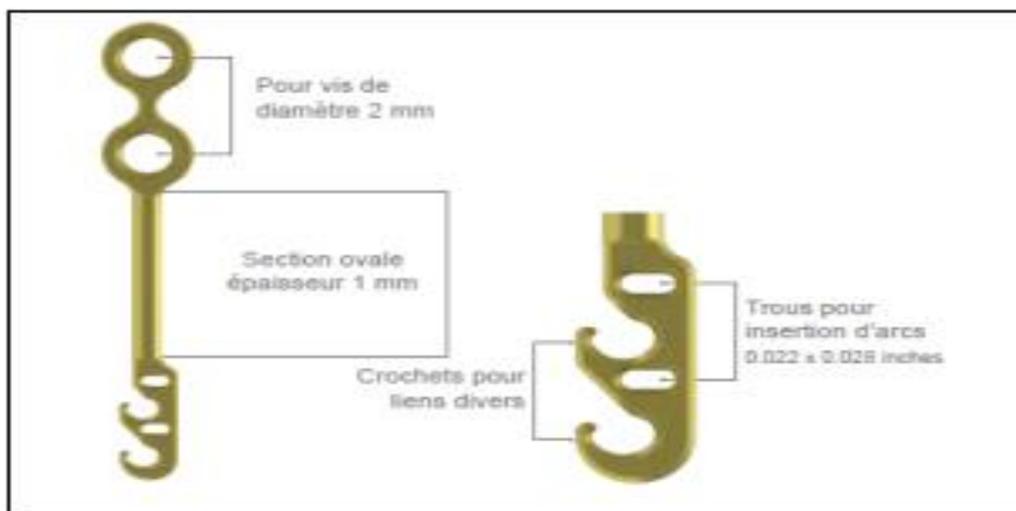


Fig 67. Plaque en I de Tekka ⁽⁷⁾

2.1.2. Les plaques en T (fig 68)

- Les plaques en T de TEKKA :

Les longueurs proposées sont : 5mm, 7mm, 10mm ou 12 mm. Les plaques permettent l'insertion de deux vis auto foreuses de 2 mm de diamètre.

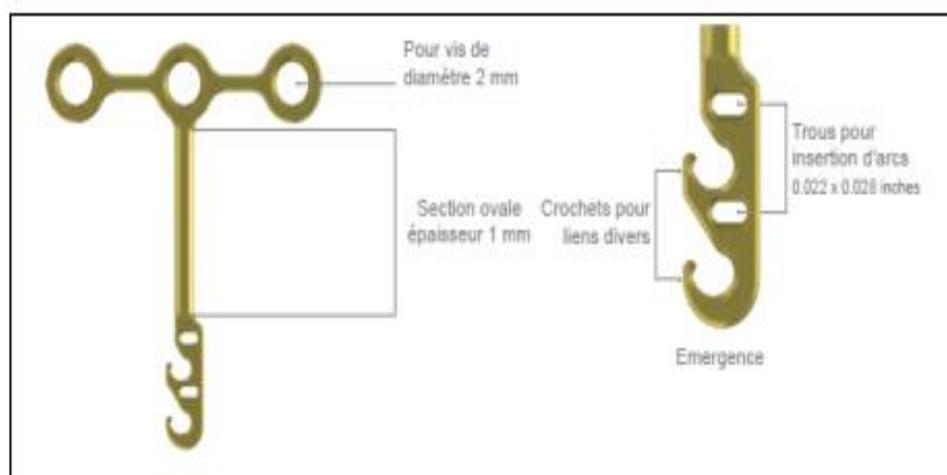


Fig 68. Plaque en T de Tekka ⁽⁷⁾

2.1.3. Les plaques en Croix :

Il s'agit des C-tube KLS martin (KIM 2011)

Ce sont des mini-plaques qui disposent de deux à quatre trous de 1,5 mm de diamètre. Elles existent en différentes longueurs de 4 à 7 mm (fig 69).



Fig 69. Illustration des plaques en croix KLS martin ⁽⁷⁾

Les plaques en croix sont utilisées dans les cas de forte pneumatisation du sinus maxillaire ou pour réaliser des mouvements de distalisation au maxillaire ou à la mandibule. Elles sont fixées par deux mini-vis de 4 mm de diamètre si la densité osseuse est bonne.

La faible longueur des mini-vis permet de ne pas toucher les racines lors de leur pose et de ne pas interférer avec les déplacements dentaires.

2.2. Présentation des systèmes de mini-plaques :

Actuellement 3 grands systèmes de plaques sont majoritairement utilisés ⁽¹⁵⁰⁾

2.2.1. Le SAS (skeletal anchorage system) : aperçu de la technique de Sugawara

Sugawara a été l'un des premiers orthodontistes à préconiser l'utilisation des mini-plaques ⁽¹⁰⁾ en s'inspirant des plaques d'ostéosynthèse utilisées en chirurgie orthognatique . ⁽¹⁵⁰⁾

Principes

Le skeletal anchorage system (SAS) est une mécanique de distalage associée à un ancrage osseux par mini-plaque, assurant un ancrage absolu chez l'adulte. Il est possible avec ce procédé, de déplacer distalement ou mésialement les molaires maxillaire en combinant SAS et dispositif multi-bracket⁽¹⁰⁾.

Description du SAS : Il comporte trois parties : le corps, le bras et la tête.

➤ Le corps

Il est constitué d'une plaque en titane avec trois trous pour le passage des vis de fixation. Les mini-vis utilisées pour cette fixation ont un diamètre de 2 mm et une longueur variée en fonction du site de placement (fig 70).⁽¹⁰⁾

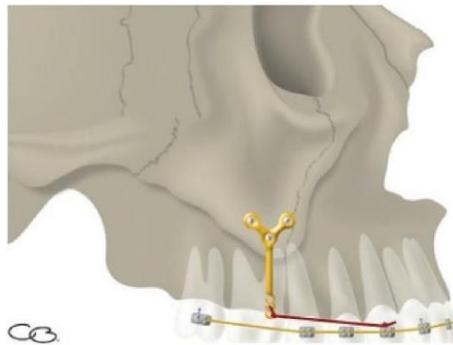


Fig 70. Recul en masse des dents cuspidées par accrochage entre la canine et le crochet du SAS, après avulsion de la dent de sagesse(d'après Sugawara).⁽¹⁰⁾

➤ Le bras

Il constitue la portion trans-muqueuse et est disponible en trois longueurs⁽¹⁰⁾ afin de s'adapter à la morphologie du patient,⁽¹⁵⁰⁾ du trou médian au premier crochet d'ancrage. Le choix de la longueur adéquate sera fait sur une radio panoramique :

- Longueur courte : 6,5 mm ;
- Longueur moyenne : 9,5 mm ;
- Longueur maximum : 12,5mm.⁽¹⁰⁾

➤ **La tête :**

Elle fait émergence dans la cavité buccale. Elle comporte trois crochets dans le sens vertical (fig 71), permettant un ajustage à la demande de traction orthodontique .après la pose, les crochets non utilisés seront éliminés à l'aide d'une fraise Trans-métal. ⁽¹⁰⁾

Il existe 2 types selon l'orientation de ses crochets, choisie en fonction du secteur traité et du mouvement souhaité ⁽¹⁵⁰⁾

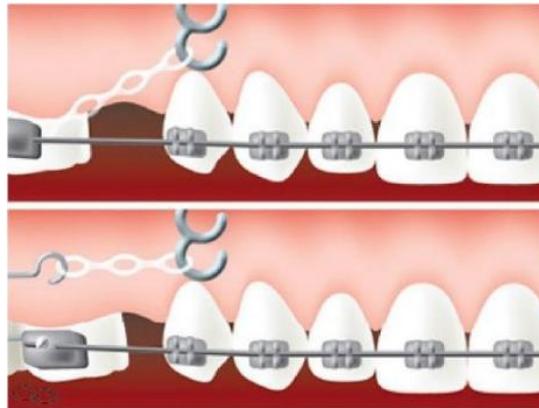


Fig 71. Mini-plaque en titane selon Sugawara, destiné à assurer l'ancrage pour un cas d'agénésie de la deuxième prémolaire supérieure droite et permettant le mésialage de la première molaire supérieure droite(d'après Faber et Velasque). ⁽¹⁰⁾

2.2.2. L'ancrage squelettique « Bollard » : aperçu de la technique de H. De Clerck

L'ancrage osseux de type « Bollard » est proposé par Hugo de Clerck « afin de pallier toutes les insuffisances des ancrages temporaires en orthodontie ». Il constitue, d'après cet auteur, une alternative fiable et simple à mettre en œuvre et par ailleurs confortable pour les patients, dans de nombreuses situations cliniques

- Il permet de supprimer les forces de réaction à la suite de l'application d'une force orthodontique sur les dents d'ancrage ;
- La coopération du patient est limitée pour atteindre les objectifs du traitement ;
- Il est possible, au cours du traitement, de modifier le point d'application et la direction de la force ;

- Localisation de l'ancrage osseux vestibulairement par rapport au dispositif orthodontique ;
- Pas de risque de lésion des nerfs ou d'autres structures anatomique ;
- Mise en charge immédiate sans attendre une éventuelle ostéointégration ;
- Risque minimal d'infection locale en raison de la section ronde de la barre de connexion.

Description du matériel : L'ancrage osseux type « Bollard » est fabriqué en titane pur par la firme surgi-tec, basée à bruges , en Belgique.⁽¹⁰⁾ Il comporte trois segments (fig 72)

Les 3 parties constituant les mini-plaques sont fabriquées sans procédure de pliage, en une seule pièce. Aucun traitement thermique n'est nécessaire ce qui réduit considérablement les risques de fracture.⁽¹⁵⁰⁾

Différents types d'ancrage bollard sont disponibles : avec et sans crochet⁽¹⁵⁰⁾

- Le système d'ancrage squelettique bollard sans crochet : est constitué de 3 parties⁽⁴⁴⁾
- Une mini-plaque en titane de 0,7 mm d'épaisseur, perforée de deux ou trois trous pour le passage de vis mono-corticale destinées à la fixation de la plaque dans l'os. Les vis ont une longueur de 5 ou 7 mm.

A la mandibule, en raison d'une hauteur plus faible, la mini-plaque comporte deux ou trois vis, qui dans ce dernier cas sont disposées en I. Trois longueurs existent : courte, longue ou extra longue. La tête des vis comporte un hexagone interne adapté au tournevis et un hexagone externe permettant d'exercer des forces supplémentaires sans risque de fracture. Les vis ne sont ni mordancées ni sablées ;

- Une barre de connexion cylindrique de 1,4 mm de diamètre destinée à traverser la muqueuse gingivale vestibulaire. D'après l'auteur, le risque d'une infection locale est minime en raison de la section ronde de cette barre de connexion, les fibres de collagène s'organisant autour d'une section ronde.

- Une unité cylindrique de fixation au dispositif orthodontique, comportant un tube fileté et une vis de blocage. Elle est destinée à recevoir un arc auxiliaire permettant la connexion à l'appareillage orthodontique. ⁽¹⁰⁾
- Le système bollard avec crochet : ⁽⁴⁴⁾ est plus petit que son homologue sans crochet et contient un tube de section 0,020x0,020. Le crochet permet de fixer directement des élastiques ou des ressorts hélicoïdaux utilisés dans les cas de traction orthopédiques de classe III ou de distalisation de l'arcade maxillaire chez l'adulte. ⁽¹⁵⁰⁾

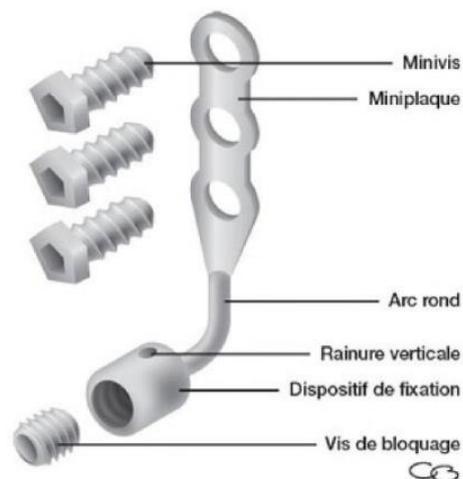


Fig 72 . Ancrage Bollard (surgi-Tec) ⁽¹⁰⁾

2.2.3. Les mini-plaques d'ancrage TEB ⁽¹⁰⁾

Les caractéristiques des plaques d'ancrage TEB :

Elles sont issues des plaques de maintien assurant l'ostéosynthèse après chirurgie orthognatique. Elles comportent trois parties distinctes : le corps, le fut et la tête (fig 73).



Fig 73. Aspect général des plaques TEB (système Ancotek)⁽¹⁰⁾

Le corps

Le corps est soit vertical, soit horizontal et ajustable à la surface osseuse selon les conditions anatomiques. Afin d'être malléable et ajustable, les plaques sont usinées en titane grade 2

La forme du corps de la plaque sera choisie selon les impératifs thérapeutiques et les caractéristiques du site de pose (anatomie, densité de la corticale, profondeur du vestibule, typologie faciale), soit

- plaque avec un corps vertical. (fig 74).
- plaque avec un corps horizontal en L ou en T. (fig 75 ,76).



Fig 74. Plaque TEB maxillaire sur le pilier canin⁽¹⁰⁾



Fig 75. Plaque TEB mandibulaire entre 33 et 34⁽¹⁰⁾



Fig 76 .positionnement d'une plaque d'ancrage TEB en T⁽¹⁰⁾

Le nombre de vis d'ostéosynthèse dépend de forme du corps choisis (2 pour les plaques en I ou L, 3 pour les plaque en T) (fig 74 à 76) .

Le fut :

Le corps de la plaque se prolonge par un fut de longueur 5, 7 ou 10 mm, pouvant être conformé pour une meilleure adaptation aux conditions anatomique (fig 76) . Le fut traverse la fibromuqueuse au niveau de la ligne muco-gingivale et est prolongée par la tête (fig 77) .

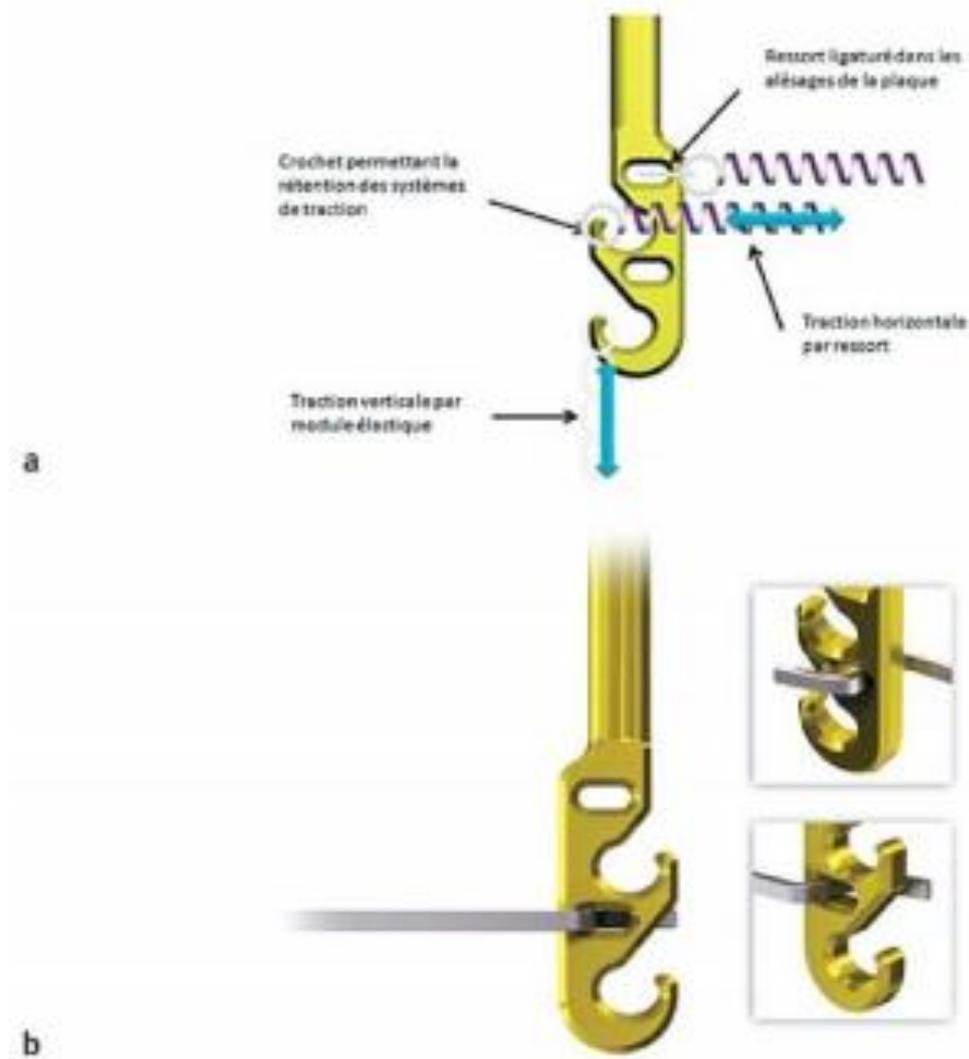


Fig 77. Emergence d'une plaque d'ancrage TEB au niveau de la ligne mucco-gingivale
(chirurgien : Dr K.Elamrani) ⁽¹⁰⁾

La tête

La tête de la plaque comporte :

- Des crochets permettant le placement de différents dispositifs orthodontiques (élastiques, ressorts, chaînettes élastomériques)(fig 78 a).



a .Traction directe et plaque TEB.

b-Alésages, cantilever et plaque TEB.

Fig 78. (a et b). Plaque TEB ⁽¹⁰⁾

- Des alésages oblongs destinés à l'insertion d'auxiliaires, de section maximale 0,22 x 0,28 (fig 78 b) , permettant des mouvements spéciaux notamment dans le sens vertical.⁽¹⁰⁾

2.3. Réactions tissulaires autour des Mini-plaques ⁽⁷⁾

Les systèmes d'ancrage squelettiques ou skeletal anchorage system ou SAS ont fait l'objet d'une étude par De Clerck et al en 2007⁽⁴⁷⁾. Cette étude se fondait sur la base de données électroniques de Pubmed ainsi que sur des articles originaux datant jusqu'à fin avril 2006. Elle avait pour but de caractériser les réactions tissulaires morphologiques et fonctionnelles autour des SAS.

A l'issue de cette étude il a été montré que

Les SAS en titane offrent un ancrage fonctionnel et structurel direct en accord avec les définitions de Branemark. ⁽¹⁸⁾

L'index d'ostéointégration (pourcentage de contact entre l'os et l'implant) varie selon le temps laissé entre la pose et la mise en charge, les forces de mise en charge appliquées, la technique chirurgicale et la localisation des SAS. Cet index d'ostéointégration est significativement plus élevé à la mandibule qu'au maxillaire selon Deguchi et coll. ⁽⁵⁰⁾ La stabilité clinique nécessaire pour des ancrages orthodontiques peut être obtenue avec un niveau d'ostéointégration de 5%. Il n'y a pas de perte d'os marginal sous l'effet des forces orthodontiques. Tant que l'ostéointégration reste inférieure à 25%, les vis restent facilement déposables.

Certaines études montrent qu'il est préférable d'utiliser des implants sans revêtement d'hydroxy-apatite pour prévenir une ostéointégration excessive.

La stabilité implantaire n'est pas affectée par la longueur de la vis mais plutôt par son diamètre. ⁽¹¹⁶⁾⁽¹¹⁴⁾ Ainsi, la diminution du diamètre implantaire augmente le nombre de sites potentiels d'insertion mais aussi facilite la dépose chirurgicale. Cependant il ne faut pas trop diminuer le diamètre sinon le risque de fracture de la vis augmente.

L'échec implantaire reste souvent inexplicé et varie de 0 à 19% dans les études.

2.4. Intérêt biomécanique des plaques :

Le développement des mini-plaques d'ancrage squelettique en orthodontie, grâce à l'obtention d'un ancrage absolu, a permis d'élargir les possibilités de prise en charge orthodontique. Un système possédant une surface d'ancrage plus importante, et pouvant être mis en place à distance des racines, est recherché.

Les mini-plaques sont le fruit de cette évolution. En plus d'offrir un ancrage absolu, et une réalisation de mouvements de grande amplitude ; elles permettent aussi de prendre en charge des patients chez lesquels l'utilisation des mini-vis n'est pas envisageable (par exemple, dans les cas de distalisation en masse d'arcade).

Elles permettent d'obtenir des mouvements orthodontiques autrefois considérés comme quasi impossibles, repoussant, dans certains cas, les indications de chirurgie orthognatique ou d'avulsions.

2.5. Evaluation biomécanique des plaques d'ancrage (Wen 2008, Liu 2006,

Kitagawa 2005) ⁽⁷⁾

En 2008, Wen a publié une étude consistant en l'évaluation de l'effet de différents paramètres biomécaniques sur la stabilité des mini-plaques d'ancrage orthodontique.

La méthode utilisée est la méthode d'analyse d'éléments fins (FEM). Il s'agit d'une méthode numérique permettant d'analyser le stress et les déformations de structures divisées en un nombre déterminé de points

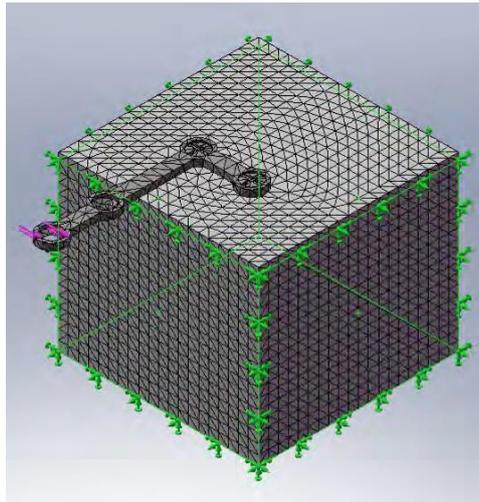


Fig 79. Illustration de la technique FEM⁽⁷⁾

Dans le domaine dentaire, cette technique a été utilisée par de nombreux auteurs tels que Melsen et Verna (2005) ou Liu (2006). Cependant toutes ces études ne portaient que sur les vis d'ancrage et non pas sur les mini-plaques.

Le matériel utilisé dans l'étude de Wen comportait des modèles géométriques tridimensionnels composés d'un bloc osseux, d'une mini-plaque et de vis d'ancrage.

Différentes épaisseurs d'os, différentes longueurs de mini-vis et formes de plaques ont été comparés.

Influence de l'épaisseur de la corticale osseuse : Wen a comparé l'effet de l'application d'une force pour différentes épaisseurs d'os cortical : 2mm, 1mm, 0,75mm, 0,5mm et 0,25mm

Ces résultats vont dans le sens de ceux de Kitgawa (2005) qui montre que le stress diminue quand l'épaisseur augmente. De plus, pour une épaisseur de moins de 1mm, le stress est plus marqué au niveau de la tête de la vis (sur la partie en contact avec la mini-plaque).

Influence du nombre et de la longueur des vis : Il rapporte que la longueur des vis a un effet négligeable sur le stress osseux. De même, il note une diminution du stress de 10 à 20% quand le nombre de vis passe de deux à trois vis par plaque.

Ces résultats vont dans le même sens qu'une étude de Haug (1993) qui montrait une augmentation de la stabilité des mini-plaques par augmentation du nombre de vis.

Cependant, pour Choi (2005), il n'y a pas de différence significative dans l'augmentation de la stabilité par l'utilisation de deux ou trois vis.

Influence du type de mini-plaque : La forme de la miniplaque va avoir une incidence sur le stress et sa distribution. Les plaques en Y et en T doivent être préférées afin d'assurer une meilleure stabilité.

Influence de la taille des mini-plaques : Dans son étude, Wen a comparé des plaques en L et en T de trois longueurs différentes, avec une diminution de la longueur du bras de plaque de 2 et 4mm.

Pour les plaques en L, une diminution de longueur du bras court entraîne une augmentation du stress cortical de 20% (pour une diminution de 2mm), et de 69% (pour une diminution de 4mm). La diminution de longueur du bras long provoque une augmentation du stress de 8% et 14%.

Cette diminution de longueur n'est donc acceptable que pour le bras long.

Par ailleurs, les plaques en T montrent une meilleure stabilité par diminution de la taille des deux bras. En effet, le stress est diminué de 50% par rapport aux plaques en L.

Influence de l'intensité et de la direction de la force : Wen a comparé des forces de 2, 4 et 6 N, ce qui représente des forces de 160 à 550 grammes. Il constate que le stress est directement proportionnel à l'intensité de la force. L'augmentation de l'intensité de la force provoque une augmentation du stress. De plus, la direction de traction joue le rôle le plus important dans la réponse biomécanique du système plaque-vis.

Il ressort de cette étude que les mini-plaques sont soumises à l'influence de nombreux paramètres. Elles sont particulièrement indiquées pour des os de faible épaisseur corticale et avec des forces d'activation de plus de 300 grammes.

2.6. Indications et contre-indications des mini-plaques

2.6.1. Indications des mini-plaques

D'après Sugawara ⁽¹⁵¹⁾, l'utilisation des mini-plaques diminue au profit des mini-vis dont le design s'améliore. Celles-ci gardent néanmoins certaines indications spécifiques. Dans ces cas là, leur usage rend le traitement orthodontique plus court et plus efficace qu'avec des mini-vis.

2.6.1.1. Echec des mini-vis ⁽¹⁵²⁾

L'insertion des mini-plaques dans des zones où l'épaisseur d'os cortical est faible ainsi que le nombre de vis de fixation de ces dernières augmente significativement leur taux de succès, en comparaison avec celui des mini-vis.

Les mini-plaques peuvent être considérées comme un système de réserve permettant de remplacer les mini-vis lorsque leur installation est difficile voire impossible ou que leur instabilité conduit à l'échec.

2.6.1.2. Correction orthopédique de la classe III squelettique ⁽¹⁵²⁾

Les jeunes patients atteints d'hypoplasie maxillaire sont classiquement traités à l'aide d'une force extra-orale à traction postéro-antérieure de type masque de Delaire. Cependant, cet appareil provoque de nombreux effets indésirables, les effets parasites observés sont : une rotation postérieure de la mandibule, une augmentation de la hauteur verticale de la face et des compensations dento-alvéolaires (vestibulo-version des incisives maxillaires et linguo-version des incisives inférieures). De plus, le port du masque est limité à 14 heures par jour du fait de son encombrement.

Le traitement sur une traction inter maxillaire entre les mini-plaques du maxillaire et de la mandibule en association avec un bite plane (plan de morsure) pour ne pas être gêné par l'inverse d'articulé. Quatre mini-plaques ont été posées sur les crêtes du processus zygomatique du maxillaire et entre la canine et l'incisive latérale où entre la canine et la première prémolaire, tout ceci des 2 cotés. Il est conseillé de faire une anesthésie générale pour poser les 4 ancrages.

Trois semaines après l'opération, des élastiques mandibulo-maxillaires de classe III ont été attachés entre les mini-plaques du haut et du bas et de chaque côté avec des forces de 100 grammes par côté. Les élastiques ont été changés quotidiennement et portés toute la journée. Un ou deux mois après, un bite plane amovible a été mis en place pour éliminer les interférences occlusales inter incisives. À ce moment là, des forces de 200 grammes de chaque côté ont été utilisées. Après 7 à 12 mois de traction orthopédique, le bite plane a été ôté. La traction a été maintenue pendant une période totale de douze à seize mois. Durant la période suivant la phase active du traitement, qui a duré entre 11 et 38 mois, le port des élastiques a été maintenu mais seulement la nuit pour la rétention. La correction de la classe III a été conservée.

2.6.1.3. Mini-plaques à visée orthodontique

-Mouvement de translation dentaire

-Distalisation canine : ⁽⁴⁶⁾ La distalisation des canines maxillaires est possible en s'ancrant sur des mini-plaques insérées sur la crête infra-zygomatique.

De Clerck⁽⁴⁶⁾ réalise ce mouvement grâce à un ressort hélicoïdal fermé relié d'un côté à l'unité de fixation, et de l'autre à un bras rigide inséré dans le bracket de la canine. Les forces de rétraction délivrées sont de 50 à 100 g.

-Distalisation molaires maxillaires : ⁽⁴⁶⁾ Cornelis obtient ce mouvement en réalisant une mécanique de glissement par le biais d'élastiques appliqués entre l'unité de fixation du système Bollard situé au niveau de la crête infra-zygomatique et un crochet coulissant situé en avant du tube molaire.

L'utilisation des mini-plaques peut s'avérer utile en tant qu'alternative aux forces extra-orales pour distaliser la denture maxillaire tout en réduisant le besoin d'extraire des prémolaires chez les patients ayant un encombrement ou une protrusion antérieure.

-Distalisation molaire mandibulaire : ⁽¹⁵³⁾ Cette mécanique est notamment décrite avec le système d'ancrage squelettique (SAS)

Le SAS permet la réalisation du mouvement de distalisation tout en corrigeant les effets

indésirables liés à celui-ci (égression molaire). L'obtention de déplacements tels que le mouvement en masse des secteurs postérieurs mandibulaires, voire de l'arcade entière lorsqu'elle est alignée, auparavant considérés comme irréalisables devient alors possible, même sans extraire.

-Mouvements en masse d'arcade

- Les asymétries : ⁽³²⁾ Les mini-plaques peuvent être indiquées dans les cas d'occlusions asymétriques. De Clerck ⁽⁴⁶⁾ les utilise notamment pour les malocclusions de classe II. Cette thérapeutique nécessite l'insertion d'une mini-plaque sur la crête infra-zygomatique, du côté opposé à la déviation des médianes incisives maxillaire

l'utilisation des mini-plaques permet la réduction du temps de traitement, et de l'utilisation des dispositifs extra-oraux ou autres auxiliaires tels que l'arc de Nance ou les tractions inter-maxillaires de classe II.

- Les fentes palatines : ⁽⁶⁾ Baek utilise des mini-plaques, en association avec un masque de Delaire, pour prendre en charge des enfants présentant un défaut de volume maxillaire secondaire à une fente faciale . Le but étant de protracter le maxillaire en s'ancrant sur les crêtes infra-zygomatiques. La mise en charge est effectuée par le biais d'élastiques reliant le masque de Delaire aux crochets des mini-plaques. Ce système permet d'obtenir un déplacement antérieur significatif du point A, ainsi que des relations surcorrigées de classe II dentaire.

L'association masque de Delaire/mini-plaque permet une avancée squelettique du maxillaire avec un minimum d'effets indésirables (légère rotation horaire de la mandibule), contrairement à l'utilisation seule du masque facial.

-Traitement des classes II d'Angle

- ▲ Avec extractions des premières prémolaires⁽³²⁾⁽⁴⁴⁾

Cette thérapeutique, dans laquelle des mini-plaques sont insérées au niveau de la crête infra-zygomatique, est décrite dans les cas de correction des classes II d'Angle avec extractions de prémolaires. Selon De Clerck⁽⁴⁴⁾ elle améliore l'efficacité et réduit le temps de traitement.

▲ Sans extraction des premières prémolaires⁽⁴⁴⁾⁽⁴⁵⁾

La distalisation de l'arcade maxillaire entière est possible en s'ancrant sur la crête infra-zygomatique. Ce système mécanique permet la correction des classes II d'Angle sans extraction de prémolaires chez l'adulte. L'utilisation du système Bollard permet ainsi une distalisation de l'arcade maxillaire entière avec des forces légères, continues, agissant 24h/24, sans engendrer de palato-version au niveau du bloc incisivo-canin, tout en diminuant le temps de traitement global, grâce à une dérive distale spontanée prémolaire et canine diminuant le surplomb durant la première phase de traitement.

-Ingression⁽⁴⁴⁾⁽⁴⁸⁾

L'ingression est le mouvement orthodontique le plus difficile à obtenir car il va à l'encontre de la dérive verticale, mouvement naturel de la dent. L'ancrage osseux permet de réaliser ces mouvements d'ingression indispensables dans certaines situations.

-Ingression d'une seule dent

L'ingression pré-prothétique d'une molaire égressée dans les cas d'édentement antagoniste est décrite avec l'utilisation du système Bollard, inséré au niveau de la crête infra-zygomatique. Cependant, devant le caractère invasif de la mise en place des mini-plaques, les mini-vis sont plus adaptées pour la correction des égressions unitaires.

-Ingression d'un groupe de dents

L'ingression d'un groupe de dents est également possible en s'ancrant sur des mini-plaques. Cette thérapeutique est notamment décrite avec le système Bollard, inséré au niveau de la crête para-nasale afin d'ingresser l'incisive centrale, incisive latérale, et canine maxillaires. Le contrôle maximal de la version coronaire vestibulaire pendant l'ingression est le principal avantage de l'utilisation des mini-plaques.

Lorsque l'ingression d'un nombre plus important de dents ou du bloc incisivo-canin est nécessaire, un arc d'ingression doit être inséré dans l'unité de fixation

-Redressement molaire⁽⁴⁴⁾⁽⁴⁹⁾

La perte des premières molaires inférieures entraîne une version corono-mésiale des secondes molaires adjacentes. La réhabilitation prothétique est alors compliquée par la diminution de l'espace nécessaire engendrée. Un traitement orthodontique pré-prothétique permet de recréer cet espace sans porter atteinte à la seconde molaire mandibulaire. Le redressement des molaires est possible en s'ancrant sur des mini-plaques, notamment à l'aide du système Bollard

l'intérêt de cet auxiliaire dans ces cas précis est de minimiser l'appareillage orthodontique en ne collant qu'un seul bracket sur la dent concernée. De plus, les éventuels effets parasites d'égression peuvent être corrigés par l'adjonction d'un ressort d'ingression.

- Mise en place de dents retenues ⁽⁴³⁾

Dans certaines situations cliniques où un système d'ancrage classique ne peut permettre la mise en place sur l'arcade de dents retenues, l'utilisation de mini-plaques s'avère utile. Par exemple, il est possible de tracter orthodontiquement des deuxièmes molaires mandibulaires retenues en s'ancrant sur des mini-plaques insérées au niveau du bord antérieur du ramus

Leur utilisation permet ainsi de réduire la complexité des mécaniques mises en place et de conserver des dents dont le pronostic initial est défavorable.

-Ancrage dentaire insuffisant⁽⁶⁰⁾

Les patients adultes demandeurs de traitement orthodontique sont de plus en plus nombreux. Par conséquent, les orthodontistes sont plus susceptibles de devoir prendre en charge des patients présentant une parodontolyse de sévérité variable, souvent associée à des édentements. Il est parfois difficile dans ces cas d'établir un ancrage dentaire suffisant. L'utilisation de l'ancrage osseux trouve son intérêt lorsque le support parodontal est affaibli ; l'emploi des mini-plaques peut alors être indiqué lorsque les possibilités offertes par les mini-vis sont dépassées.

2.6.1.4. Traitement ortho-chirurgical associé aux mini-plaques⁽¹⁵²⁾

Sugawara⁽¹⁵¹⁾ décrit des traitements ortho-chirurgicaux de classe III squelettique dans lesquels, contrairement à la prise en charge classique, la chirurgie orthognatique est réalisée avant le traitement orthodontique « surgery first ». Ce protocole, comprenant une chirurgie d'avancée maxillaire et/ou de recul mandibulaire, transforme transitoirement le profil du patient en classe II squelettique, associé à une classe II dentaire. Le but est de réduire le temps de traitement, grâce à l'association aux mini-plaques qui vont permettre de distaler et d'ingresser les dents maxillaires postérieures et/ou de mésialer l'arcade mandibulaire, sans extraction de prémolaire

2.6.2. Contre-indications des mini-plaques

2.6.2.1. Contre -indications absolues

2.6.2.1.1. Contre-indications absolues générales

Elles sont communes à tout acte de chirurgie. Un bon état général est recommandé.

Concernant la pose des mini-plaques les contres indication sont :

-Thérapie aux biphosphonates :⁽⁵⁸⁾ Les biphosphonates administrés par voie intraveineuse ont été associée à l'ostéonécrose des mâchoires, La lésion initiale orale associée à une nécrose de la mâchoire causée par des BP est une déhiscence de la muqueuse (ulcération), avec exposition de la mandibule ou du maxillaire sous-jacent. Un ralentissement du mouvement des dents et une cicatrisation osseuse plus difficile ont été observées. Le risque associé à la pose de mini-plaque est tres élevé. La pose de mini plaque n'est donc pas recommandée chez ce type de patient, même si les données actuelles n'apportent pas de conclusions fondées. L'AFSSAPS considère quand même que les les mini-plaques sont formellement contre-indiqués chez les patients traités par biphosphonates intraveineux

-Traitement aux corticostéroïdes :⁽⁶⁵⁾⁽¹²²⁾ l'administration prolongée des glucocorticoïdes peut conduire à la perte des mini-plaques car ils entravent la cicatrisation osseuse et muqueuse

- les patients présentant une irradiation cervico-faciale ou un haut risque d'endocardite infectieuse (risque infectieux et notamment d'ostéo-radionécrose).⁽⁶⁵⁾

-Certains médicaments peuvent conduire à la perte des mini-plaques car ils entravent la cicatrisation osseuse et muqueuse (antiépileptiques, antiagrégants plaquettaires, anticoagulants...).⁽⁶⁵⁾

-patients immunodéprimés : l'immunodéficience peut avoir des origines diverses, la plus connue étant le SIDA (syndrome d'immunodéficience acquise).

-La grossesse : durant la grossesse Les œstrogènes diminuent et favorisent la diminution de la résistance aux microbes de la gencive. L'utilisation des mini-plaques chez ces patientes peut conduire à Une infection chronique avec un écoulement purulent.⁽⁶⁵⁾

-D'autres facteurs doivent être pris en compte⁽⁴³⁾

Hugo De Clerck⁽⁴³⁾ déconseille la pose des mini-plaques avant l'âge de 10 ans du fait de la difficulté de la mise en place chirurgicale liée à l'insuffisance de hauteur alvéolaire au maxillaire et à l'impossibilité d'insertion avant l'éruption de la canine à la mandibule au risque de léser le germe.

2.6.2.1.2. Contre-indications absolues locales ²⁶

- Les mini-plaques ne sont pas recommandées si le traitement orthodontique peut être réalisé à l'aide d'autres systèmes d'ancrages vissés pour atteindre les objectifs du traitement (exemple : protraction ou rétraction simple).

- Une réduction de l'ouverture buccale peut s'avérer problématique lorsqu'elle complique l'hygiène bucco-dentaire ou l'insertion chirurgicale des ancrages squelettiques.

--Gingivites et parodontites : l'inflammation gingivale étant la cause majeure d'échec après la mise en place de SAS

2.6.2.1.3. Contre indication générale relatives

-Le tabagisme⁽⁶⁵⁾ : Une consommation tabagique supérieure à 10 cigarettes par jour, engendrant une mauvaise cicatrisation et une résorption osseuse autour des vis de fixation : l'arrêt est conseillé les semaines précédant et suivant l'intervention.

-Diabète ⁽⁵⁸⁾⁽⁶⁵⁾ : La mise en place des mini-plaques chez un diabétique présente un risque important.les complications possibles telles des hémorragies secondaires, hématomes , infections précoces et troubles de cicatrisation sont dues à l'angiopathie de diabétique , elles peuvent aboutir à un échec de traitement

-Insuffisance rénale chronique

-Une maladie endocrinienne non contrôlée.

-Une insuffisance cardiaque coronarienne.

2.6.2.1.4. Contre-indications locales relatives ⁽²⁶⁾

- Une mauvaise hygiène bucco-dentaire.

-Infection périodentaire voisine (kyste, poche).

-site osseux au cours de remodelage.

2.7. Avantages et inconvénients de l'utilisation des mini-plaques

2.7.1. Avantages des mini-plaque

- Taux de succès⁽³²⁾⁽⁸⁴⁾⁽¹⁵²⁾⁽¹⁵⁷⁾

Dans la littérature, le taux de succès des mini-plaques varie entre 94 %, dans le traitement de cas divers (23), et 97 %, dans le traitement orthopédique des classes III squelettique . En 2012, une revue systématique rapporte un taux de succès des mini-plaques supérieur à 90%, c'est-à-dire similaire à celui des implants palatins, et supérieur à celui des mini-vis (80 à 90 %) (25,26).

Pour Sugawara, cette fiabilité représente leur plus grand avantage .

-Liberté de mouvement dentaire^{(32) (152)(24)(25)(130)}

Les mini-plaques peuvent être placées au niveau de sites osseux autres que la crête alvéolaire, à distance des racines dentaires et des structures anatomiques sensibles. Elles offrent donc

l'avantage de réduire le risque de lésions tissulaires (impact radiculaire, etc.), mais aussi de permettre un libre mouvement des racines devant être déplacées, au-delà du système d'ancrage. Ainsi, en cas de mouvement de grande amplitude, (ex : distalisation, ingression), le déplacement souhaité peut être réalisé en totalité, sans obstacle.

- Stabilité : ⁽²⁴⁾⁽¹³⁰⁾

La stabilité primaire des mini-plaques dépend uniquement de la rétention mécanique des vis de fixations dans l'os, contrairement aux implants classiques. La stabilité des mini-plaques est supérieure à celle des mini-vis, ceci étant probablement dû à l'utilisation de plusieurs vis pour fixer chaque mini-plaque. Contrairement aux mini-vis individuelles, si une vis se desserre, les vis restantes fixeront encore le dispositif. Elles sont très stables et fiables, et ce malgré l'application de forces lourdes.

- Mise en charge ⁽¹³⁰⁾

Etant donné que la stabilité primaire des mini-plaques est obtenue uniquement par la rétention mécanique des vis, elles se prêtent à une mise en charge immédiate, et sont moins technique dépendantes que les implants ostéo-intégrés. Celles-ci peuvent résister à des forces plus lourdes que les mini-vis.

- Compliance ⁽²⁵⁾⁽³²⁾

Les mini-plaques diminuent le besoin de coopération du patient notamment pour les mouvements dentaires sagittaux tels que la mésialisation ou la distalisation d'une arcade entière avec ou sans extractions . Le problème de l'observance du patient est alors, le plus souvent, réduit à l'hygiène bucco-dentaire

-Polyvalence des mini-plaques^{(84) (24)(153)}

La possibilité de varier les différents vecteurs de force , sans perte de stabilité, offre de

nombreuses possibilités d'utilisation et permet d'obtenir un meilleur contrôle du mouvement dentaire . Un déplacement prévisible des dents dans les trois dimensions de l'espace peut donc être obtenu, le traitement orthodontique est donc, en théorie mécaniquement simplifié. Cette polyvalence permet de prendre en charge un large éventail de malocclusions pour lesquelles une thérapeutique orthodontique classique ne serait pas possible.

-Simplification de certaines thérapeutiques orthodontiques complexes ^{(32) (33) (84)}

L'ancrage absolu offert par les mini-plaques permet de prendre en charge des cas complexes estimés initialement au-delà du champ d'application du traitement orthodontique classique, par exemple des patients présentant une hyper-divergence faciale sévère avec infraclusion dentaire, elles permettent de corriger des malocclusions sévères ou des dysmorphoses en s'affranchissant des réactions parasites décrites avec les dispositifs d'ancrage traditionnels. Ainsi, l'utilisation des mini-plaques permet dans certains cas de raccourcir la durée de traitement orthodontique, en plus de simplifier la mécanique de traitement . Celles-ci permettent donc de ne pas solliciter de manière excessive de la coopération des patients.

- Indications multiples ^{(32) (24)}

Bien que leur utilisation soit réservée aux cas complexes , les indications des miniplaques restent cependant variées, notamment pour les corrections orthopédiques ou des traitements orthodontiques nécessitant une grande amplitude de mouvements , mais aussi lorsque le système d'ancrage doit rester en place pendant une longue période, ou lorsque les vecteurs de forces sont variés

- Alternative à la chirurgie orthognatique ou à des actes dentaires non conservateurs ^{(24)(25) (152)}

Sugawara réalise des corrections d'infraclusions importantes d'étiologie squelettique en s'appuyant sur des mini-plaques pour ingresser les dents postérieures. Ceci permet d'éviter

une impaction chirurgicale. Certaines égressions dentaires importantes peuvent aussi être corrigées évitant ainsi un traitement endodontique délabrant associé à une restauration coronaire. Leur utilisation offre ainsi une approche de traitement conservateur.

Elles sont également utilisées dans les cas de classe II ou III dentaire nécessitant une distalisation d'arcade en masse, en alternative à une chirurgie d'avancée ou de recul des maxillaires, ou à l'extraction de plusieurs dents par quadrants

2.7.2. Inconvénients des mini-plaques

- Inconvénients inhérents à l'acte chirurgical ⁽²⁴⁾⁽³²⁾⁽¹²⁹⁾

L'utilisation des mini-plaques implique deux interventions chirurgicales : une pour l'insertion et une pour la dépose.

Leur mise en place est considérée comme un acte invasif, contrairement à celle des mini-vis, puisqu'elle requiert une chirurgie sous anesthésie locale avec élévation d'un lambeau muco-périosté.

La recherche de sites d'insertion à distance des racines ou de la crête alvéolaire peut rendre l'accès chirurgical difficile (crête infra-zygomatique, corps mandibulaire...).

Ainsi, une analyse bénéfice-risque doit être soigneusement effectuée afin de déterminer si l'auxiliaire d'ancrage envisagé (mini-plaque ou mini-vis) est le plus approprié, celui-ci étant choisi en fonction des déplacements dentaires nécessaires à la correction de la malocclusion.

- Coût financier ⁽²⁴⁾

Un des principaux inconvénients de l'utilisation des miniplaques est leur coût relativement élevé.

1. Mini-vis⁽¹⁰⁾**Cas n°1**

Fig 80. Distalisation molaire et réouverture d'espace avec un ancrage indirect. Réouverture d'espace à l'aide d'un appareil sectoriel.⁽¹⁰⁾

- a.** Un mini-implant doit être réalisé en position de 16. **b.** Deux mini-vis de 8mm permettent de bloquer la 15. Le ressort comprimé servira à distaler la 17.



Fig 81. **c.** Résultat avec arc sectoriel de maintien. **d.** Résultat final avec la couronne sur implant.

Cas n° 2



Fig 82. a, b et c. Fermeture d'une béance latérale en vue d'une réhabilitation globale à l'aide de greffes osseuses puis d'implant dentaire. **d et e.** Arcades maxillaire et mandibulaire lors du début du traitement. La 36 présente des résorptions radiculaire et sera extraite une fois la béance fermée. Elle sera remplacée par un implant.⁽¹⁰⁾



Fig 83. f. Résultat après la pose d'une mini-vis pour fermer la béance latérale sans provoquer de bascule du plan d'occlusion. les greffes pariétales seront réalisées 4 mois après les extractions de la molaire mandibulaire. **g, h et i.** Résultat après 10 mois de traitement. Les greffes osseuses ont été réalisées. Des implants en position de 14/36/35/34 et 45 sont prévus dans 4 mois. **j et k.** résultat final avec les prothèses implantaire en place.

Cas n°3



Fig 84. Ancrage postérieur. **a, b** et **c.** situation initiale chez une patiente de 25 ans qui présente un problème parodontal majeur. **d.** deux vis sont posées au niveau tubérositaire le jour de la pose des attaches orthodontiques. Une vis en distal de 17 et une au niveau de la 26. **e** et **f.** fin de l'orthodontie après 12 mois.les réhabilitations prothétiques peuvent alors commencer.⁽¹⁰⁾

Cas n°4



Fig 85. Ancrage postérieur à la mandibule. **a.** Objectif : corriger l'encombrement antérieur, recentrer les milieux et faire porter un élastique de classe II sur la 46 sans la mésialer ... **b.** Résultat à 3 mois avec un élastique de classe II sur 46. L'ancrage est parfaitement maîtrisé

Cas n°5



Fig 86. L'ingression d'une 16 afin de poser des implants pour remplacer 46 et 47. **a** et **b.** Une mini-vis palatine de 8 mm suffit pour ingresser la cuspide palatine de la 16. **c.** Résultat après 5 mois de traitement alors que les implants viennent d'être posés. **d.** Radiographie panoramique de control.⁽¹⁰⁾

2. Mini-plaque⁽¹⁰⁾

Cas n°1

Enfant de 12 ans : ce jeune patient présente une malocclusion de classe II subdivision asymétrique (classe I à droite classe II à gauche) avec un encombrement mandibulaire modéré (fig 87 a à e)

Le traitement orthodontique prévoit un recul unilatéral du secteur gauche, sans exaction à l'aide d'une mini plaque au niveau de la 26 (fig 87 f). Un dispositif multi-attache est posé conjointement pour contrôler les déplacements dentaires (fig 87 g à h)

Après 20 mois de traitement, les objectifs sont atteints (fig 88 i à k) : les relations de classe I droite et gauche restent stables 3 ans après l'arrêt de la contention (fig 88 l à p)



Fig 87. a à e Vues cliniques à T0. f. Plaque d'ancrage TEB dans le secteur 20 et système de recule. g et h. recul du secteur 20 par tractions sur plaque TEB et contrôle par multi-attache.



Fig 88. i à k. obtention d'une occlusion de classe I au bout de 20 mois de traitement. l à p. vues cliniques 3ans après la fin de la contention.

Cas n°2

Jeune femme de 33 ans : cette jeune femme présente une malocclusion de classe II, division 2 avec une linguoocclusion totale de la 45 (fig 89 a e).les dents n° 16 et 36 ont été extraites, les extractions non compensées du secteur molaire droit ont entraîné une version corono-molaire de 17 et 18.

Le traitement orthodontique prévoit l'extraction de la 46 pour corriger la malocclusion de 45 et rétablir la symétrie de l'arcade mandibulaire. Deux mini-plaques sont posées au maxillaire pour permettre le recul des secteurs latéraux maxillaires. un dispositif multi-attache est placé aux deux arcades pour assurer une mécanique de glissement .l'utilisation conjointe de cantilevers d'ingression, solidaires des mini plaques (fig 90 f à h) permet une correction optimale de la supraclusion .



Fig 89. a à d .vues cliniques à T0. **e.** cantilever d'ingression sur plaque TEB.



Fig 90. f à h. système mécanique en place à T0. **i à m** .vues cliniques 3 ans après la fin de la contention.

L'utilisation des ancrages osseux permet d'associer en un seul temps les déplacements verticaux et antéro-postérieurs. Après 24 mois les objectifs sont atteints .une occlusion fonctionnelle est stable est obtenue et maintenue 3 ans après la fin de la contention.

CONCLUSION

L'utilisation de dispositifs d'ancrage provisoires, biocompatibles fixés dans l'os et retirés après traitement permet d'éliminer les problèmes inhérents à la collaboration du patient; rend les traitements plus simplifiés.

Les techniques d'application et le matériel utilisé ont subi une évolution rapide, permettant à présent une utilisation simple, indolore, reproductible et qui offrent des taux de succès supérieur à 80%. L'évolution des ancrages vissés nous a permis d'imaginer de nouvelles mécaniques. Ces ancrages ouvrent donc de nouvelles perspectives de traitement en repoussant les limites de l'orthodontie classique, et en limitant le recours à la chirurgie orthognatique et aux avulsions. De multiples indications associées à des résultats encourageant sont décrits dans la littérature. C'est une formidable technique d'avenir qui ne s'arrête pas d'être développée.

Les ancrages vissés présentent de nombreux avantages qui facilitent le bon déroulement du traitement orthodontique. Malgré tout, des complications per ou postopératoires très contraignantes pour le patient peuvent survenir au cours ou à la suite de leur pose.

Ces techniques d'ancrages sont très efficaces mais le risque d'un échec est toujours possible. Selon les études le taux d'échec peut varier de 0 à 100/100, même si en moyenne le taux de succès des ancrages vissés est supérieurs à 80/100, la possibilité d'un échec doit être envisagé car ces techniques d'ancrages sont fiables mais la quantité des variables spécifiques à chaque cas fait qu'elle ne sera jamais infaillible.

TABLE DES FIGURES

Fig 1.Ingression incisive à l'aide d'une vis en vitallium.⁽³⁸⁾ 5

Fig 2. Mésialisation à l'aide d'un implant rétro-molaire ostéo-intégré⁽⁸⁵⁾ 6

Fig 3. Forces d'action et de réaction égales et de sens opposé (F1 = F2) ⁽⁹⁹⁾ 9

Fig 4. Résistance au déplacement de l'unité d'ancrage (F1 = F2)⁽⁹⁹⁾ 10

Fig 5. Ancrage direct par minivis (F1 = F2) ⁽⁹⁹⁾ 16

Fig 6. Ancrage indirect par minivis (F1 = F2) ⁽⁹⁹⁾ 16

Fig 7. Composants d'une vis⁽⁶³⁾ 18

Fig 8. tête de la minivis Ancotek® – Tekka et tête de la minivis Ancora®-Serf⁽⁶³⁾ 20

Fig 9. Pointe autoforante de la minivis Ancora®- Serf⁽⁶³⁾ 23

Fig 10.(a et b) vue au microscope électronique à balayage (observation Jean-Gabriel Chillès)
⁽²⁷⁾ 32

a-caractère particulièrement lisse de la surface d'une vis neuve

b-fibroblastes sur une vis déposée

Fig 11.composant de l'Orthosystème [Appareil fixe à collerette (en haut), pilier transgingival (milieu) et vis avec hexagone externe (bas) pour la stabilité rotationnelle.] ⁽¹⁷⁰⁾ 33

Fig 12. Charge indirecte d'un implant palatin⁽¹⁷⁰⁾ 34

Fig 13. Implant d'Orthosystem® avec la coiffe de cicatrisation en place⁽¹⁷⁰⁾ 34

Fig 14. Micro-implant de Park pour ancrage orthodontique⁽¹²⁴⁾ 35

Fig 15. Dessin technique (en mm) de la mini-vis de COSTA, 1998⁽³⁷⁾ 35

Fig 16. Implant bicortical - implant BIS⁽⁵⁹⁾ 36

Fig 17. Implants rétromolaires utilisés comme ancrage orthodontique lors de la fermeture D'un site d'extraction (Roberts et coll., 1996) ⁽¹³⁶⁾ 37

Fig 18 : Eléments du système juxta-osseux Onplant (Nobel Biocare). (FELDMANN et coll. 2000) ⁽⁵⁶⁾ 38

Fig 19 : Positionnement de l'Onplant par un tunnel sous-périosté. (FELDMANN et coll., 2000) ⁽⁵⁶⁾ 38

Fig 20. Exemple de coffret de chez absoanchor ^{R(41)} 39

Fig 21. Présentation du système d'ancrage Aarhus⁽¹¹²⁾ 40

Fig 22. Présentation du système Léone⁽⁸⁹⁾ 41

TABLE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Fig 23. Présentation du système Absaonchor® ⁽¹⁵⁸⁾ | 42 |
| Fig 24. Présentation du système Lomas® ⁽⁹⁴⁾ | 42 |
| Fig 25. Présentation du système Spider Screw®)..... | 43 |
| Fig 26. Différentes formes trans-gingivales de la Spider Screw® ⁽⁹⁶⁾ | 44 |
| Fig 27. Caractéristiques de la Spider Screw® ⁽⁹⁶⁾ | 44 |
| Fig 28. Présentation du système C-orthodontic® ⁽²⁹⁾ | 45 |
| Fig 29. Minivis Ancora® ⁽¹⁰⁾ | 45 |
| Fig 30. Mini-vis Imtec® ⁽⁶⁶⁾ | 46 |
| Fig 31. Présentation du système Tomas® ⁽¹⁵⁹⁾ | 47 |
| Fig 32. Présentation du système Amda® ⁽³⁾ | 48 |
| Fig 33. Présentation du mini-implant Victor ⁽⁶⁹⁾ | 48 |
| Fig 34. Assortiment de départ pour traiter 10 patients tous composants inclus ⁽⁶⁹⁾ | 49 |
| Fig 35. Mini-vis Ancotek® ⁽⁴⁾ | 49 |
| fig 36. Code couleurs pour l'identification des diamètres du système Ancotek® ⁽⁴⁾ | 49 |
| Fig 37. Ortho Bone Screw ⁽²⁸⁾ | 50 |
| Fig 38. différents diamètres et longueurs du système OBS ⁽²⁸⁾ | 50 |
| Fig 39. Sites d'insérations mandibulaires ⁽¹⁴¹⁾ | 52 |
| Fig 40. Vaisseaux et nerfs de la face ⁽¹⁴¹⁾ | 53 |
| Fig 41. Emergence de l'artère et du nerf grand palatin ⁽¹¹⁸⁾ | 53 |
| Fig 42. Bracket Head Type- Absoanchor®. D'après Sung et coll ⁽¹⁵⁵⁾ | 54 |
| Fig 43. Mini-vis à tête cruciforme-Ancotek®. D'après Lazaroo et coll ⁽⁸³⁾ | 54 |
| Fig 44. Circle Head et Small Head Types-Absoanchor®. D'après Sung et coll ⁽¹⁵⁵⁾ | 54 |
| Fig 45. Augmentation du bras de levier avec l'épaisseur Muqueuse. D'après Lee et coll. ⁽⁸⁵⁾ | 55 |
| Fig 46. Zones de sécurité (en violet) pour la pose des mini-vis au maxillaire et à la mandibule ⁽⁶³⁾ | 57 |
| Fig 47. Angles d'insertion des mini-vis dans l'os alvéolaire ⁽⁴¹⁾ | 57 |
| Fig 48. Indentation. D'après Ellouze et Darqué ⁽⁵³⁾ | 58 |
| Fig 49. Insertion du foret ⁽⁴¹⁾ | 60 |
| Fig 50. Insertion des mini-implants ⁽⁴¹⁾ | 60 |
| Fig 51. Mini-implants insérés ⁽⁴¹⁾ | 60 |
| Fig 52 . biomécanique de rétraction incisive en ancrage directe (Faure 2011) ⁽⁶³⁾ | 63 |

TABLE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Fig 53 . Exemple de recul molaire (à gauche) et de recul incisif (à droite) par ancrage indirect ⁽⁶³⁾ | 64 |
| Fig 54 : cas clinique sur fermeture d'espace ⁽⁷¹⁾ | 65 |
| Fig 55 : redressement de l'axe d'une molaire mésio-versé par ancrage indirecte ⁽¹⁰³⁾ | 66 |
| Fig 56 : redressement molaire par ancrage direct ⁽¹⁰³⁾ | 66 |
| Fig 57 : cas clinique d'un redressement molaire ⁽⁷¹⁾ | 66 |
| Fig 58 : schéma de la mécanique orthodontique pour une rétraction des secteurs antérieurs ⁽²³⁾ | 67 |
| Fig 59 : exemple d'une minivis posée au centre du palais ⁽⁸⁵⁾ | 68 |
| Fig 60 : vue d'une minivis palatine ⁽⁸⁵⁾ | 68 |
| Fig 61 : L'utilisation de mini-vis ancrées dans l'os du palais pour corriger une classe III ⁽⁷¹⁾ | 69 |
| Fig 62 : cas clinique d'ingression molaire ⁽⁷¹⁾ | 69 |
| Fig 63 : schéma d'une intrusion incisive ⁽²³⁾ | 70 |
| Fig 64 : utilisation de mini-vis d'ancrage comme ancrage pour faire sortir une dent sans utiliser les dents adjacentes. ⁽⁷¹⁾ | 70 |
| Fig 65 : cas clinique de correction d' sourire gingival sévère a l'aide de minivis ⁽⁷¹⁾ | 71 |
| Fig 66 . Plaque en I Bollard maxillaire et mandibulaire ⁽⁷⁾ | 82 |
| Fig 67 . Plaque en I de Tekka ⁽⁷⁾ | 82 |
| Fig 68 . Plaque en T de Tekka ⁽⁷⁾ | 83 |
| Fig 69 . Illustration des plaques en croix KLS martin ⁽⁷⁾ | 83 |
| Fig 70 . Recul en masse des dents cuspidées par accrochage entre la canine et le crochet du SAS,après avulsion de la dent de sagesse(d'après Sugawara) ⁽¹⁰⁾ | 85 |
| Fig 71 . Mini-plaque en titane selon Sugawara, destiné à assurer l'ancrage pour un cas d'agénésie de la deuxième prémolaire supérieure droite et permettant le mésialage de la première molaire supérieure droite(d'après Faber et Velasque) ⁽¹⁰⁾ | 86 |
| Fig 72 . Ancrage Bollard (surgi-Tec) ⁽¹⁰⁾ | 88 |
| Fig 73 . Aspect général des plaques TEB (système Ancotek) ⁽¹⁰⁾ | 88 |
| Fig 74 . Plaque TEB maxillaire sur le pilier canin ⁽¹⁰⁾ | 89 |
| Fig 75 . Plaque TEB mandibulaire entre 33 et34 ⁽¹⁰⁾ | 89 |
| Fig 76 .positionnement d'une plaque d'ancrage TEB en T ⁽¹⁰⁾ | 90 |

TABLE DES FIGURES

| | |
|--|-----|
| Fig 77. Emergence d'une plaque d'ancrage TEB au niveau de la ligne mucco-gingivale (chirurgien : Dr K.Elamrani) ⁽¹⁰⁾ | 90 |
| Fig 78.(a et b). Plaque TEB ⁽¹⁰⁾ | 91 |
| a : Traction directe et plaque TEB. b : Alésages, cantilever et plaque TEB. | |
| Fig 79. Illustration de la technique FEM ⁽⁷⁾ | 94 |
| Fig 80 et 81. Distalisation molaire et réouverture d'espace avec un ancrage indirect. Réouverture d'espace à l'aide d'un appareil sectoriel. ⁽¹⁰⁾ | 109 |
| Fig 82 et 83. Fermeture d'une béance latérale en vue d'une réhabilitation globale à l'aide de greffes osseuses puis d'implant dentaire. ⁽¹⁰⁾ | 110 |
| Fig 84. Ancrage postérieur. ⁽¹⁰⁾ | 112 |
| Fig 85. Ancrage postérieur à la mandibule. ⁽¹⁰⁾ | 113 |
| Fig 86. Ingression d'une 16 afin de poser des implants pour remplacer 46 et 47. ⁽¹⁰⁾ | 113 |
| Fig 87. a à e Vues cliniques à T0. f. Plaque d'ancrage TEB dans le secteur 20 et système de recule . g et h .recul du secteur 20 par tractionsur plaque TEB et contrôle par multi-attache ⁽¹⁰⁾ | 114 |
| Fig 88. i à k . obtention d'uneocclusion de classe I au bout de 20 mois de traitement. l à p . vues cliniques 3ans après la fin de la contention ⁽¹⁰⁾ | 115 |
| Fig 89 . a à d . vues cliniques à T0. e. cantilever d'ingressionsur plaque TEB ⁽¹⁰⁾ | 116 |
| Fig 90. f à h . système mécanique en place à T0. i à m . vues cliniques 3 ans apres la fin de la contention ⁽¹⁰⁾ | 117 |
| Tableau 1. Principaux systèmes de mini-vis. D'après Ellouze et Darqué ⁽⁵³⁾ | 39 |
| Tableau 2. Tableau récapitulatif des critères de choix d'une mini-vis en fonction du site d'insertion. D'après Ellouze et Darqué. ⁽⁵³⁾ | 56 |