

Pose de mini-vis palatines par chirurgie guidée à l'aide d'un guide CFAO *in-office*. Description d'un protocole original en deux temps

Florian BUSSON¹, Carole CHARAVET^{2,3,4*}

¹ 251, chemin des Gourettes, 06370 Mouans-Sartoux, France

² Université Côte d'Azur, Faculté de Chirurgie dentaire, Département d'Orthodontie, 06000 Nice, France

³ Centre hospitalier universitaire de Nice, Pôle Odontologie, Unité d'Orthodontie, 06000 Nice, France

⁴ Laboratoire MICORALIS, Université Côte d'Azur, 06000 Nice, France

MOTS-CLÉS :

Dispositifs d'ancrage temporaires /
TAD /
Mini-vis /
Guide chirurgical /
Ancrage

RÉSUMÉ – Introduction : Les dispositifs d'ancrage temporaires ont révolutionné notre vision de la gestion de l'ancrage. En revanche, leur mise en place peut comporter certains risques (perforation radiculaire, communication bucco-nasale, lésions vasculaires...). Cet article vise à décrire un protocole original, en deux temps, de pose de mini-vis palatine par chirurgie guidée à l'aide d'un guide réalisé par conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO) *in-office* suivie du transfert des informations de pose au laboratoire pour la confection d'un appareil de distalisation. **Matériel et méthodes :** Un protocole en deux temps est décrit pas à pas. Le temps 1 comprend sept étapes (dont le placement virtuel des mini-vis et la création de la gouttière chirurgicale), suivi du temps 2 qui implique trois étapes (dont la réalisation de l'empreinte pour le laboratoire et l'élaboration du modèle de laboratoire avec transfert de la position des mini-vis). **Résultats :** Bien que la pose puisse être considérée comme précise, une différence existe entre la planification et la situation clinique. L'apport d'un second temps améliore l'adaptation de l'appareil de distalisation. Enfin, ce protocole offre une pose sécurisée et apporte ainsi un confort de travail pour le praticien et, *in fine*, pour le patient. **Conclusion :** Réalisée en deux temps, la pose de mini-vis palatine par chirurgie guidée à l'aide d'un guide réalisé par CFAO *in-office* suivie du transfert de cette information au laboratoire pour la confection d'un appareil de distalisation s'avère être une approche pertinente.

KEYWORDS:

Temporary Anchorage Devices /
TAD /
Mini-screws /
Surgical guide /
Anchorage

ABSTRACT – Homemade CAD-CAM surgical guide for palatal mini-screw insertion for maxillary molar distalization providing anchorage. A two times original protocol. Introduction: Temporary Anchorage Devices have revolutionized our approach to anchorage management. However, their placement may carry risks, such as root perforation, damage to the periodontal ligament, buccal-nasal communication, etc. The aim of this article is to describe an original protocol in two times for the placement of a palatal mini-screw through guided surgery using a guide created by Computer-Aided Design and Manufacturing (CAD/CAM) followed by the transfer of placement information to the laboratory for the fabrication of a Custom Medical Device (CMD) for distalization. **Materials and Methods:** A two-stage protocol is described and illustrated step by step. Phase 1 comprises 7 steps (including superimposition of maxillary cast and profile telerradiography, surgical tray design), followed by phase 2, which involves 3 final steps (including production of impression for laboratory, production of laboratory model with transfer of mini-screw position). **Results:** Although the position of the mini screws remains precise, a discrepancy between the planning and the intraoral situation exists. The addition of a second step therefore enables the distalization appliance to be fitted precisely and without pitfalls. Finally, this protocol ensures safe placement, making work easier for the practitioner and, ultimately, for the patient. **Conclusion:** In a two-stage process, the placement of palatal mini screws through guided surgery using a guide created by CAD/CAM followed by the transfer of this information to the laboratory for the fabrication of a CMD for distalization proves to be a relevant approach.

1. Introduction

En effectuant une recherche simple avec les mots clés « *temporary anchorage device orthodontics* » sur PubMed, les premières publications concernant les dispositifs d'ancrage temporaire (TADs) semblent remonter aux années 1995. Ils sont aujourd'hui une composante essentielle de l'arsenal thérapeutique des orthodontistes³⁸ et la littérature fait état de leurs multiples indications^{1,6,8,12-14,16,17,25,27,31,33}.

Plus spécifiquement, différents articles et revues systématiques/méta-analyses de la littérature²⁶ ont étudié l'efficacité des mini-vis palatines sur la distalisation maxillaire. La plus récente revue systématique de la littérature, publiée en 2024 dans *l'Angle Orthodontist*, a analysé 4 essais contrôlés randomisés, 13 études prospectives et 23 études rétrospectives, soit un total de 1182 patients⁷. Les conclusions mentionnent que les systèmes de distalisation maxillaire sur mini-vis sont efficaces et offrent des résultats stables à long terme. Wilmes, *et al.*³⁴ ont décrit le Beneslider, un dispositif intraoral de distalisation s'appuyant sur une ou deux mini-vis placée dans la zone médiane antérieure du palais, et ont mentionné sa capacité à effectuer des déplacements molaires en translation. De plus, comme le souligne Winsauer lors d'une interview en 2021 dans *l'Orthodontie Française*, ces systèmes ne requièrent pas la coopération du patient et sont quasi invisibles³⁶. Les dispositifs alternatifs classiques de distalisation molaire à appui dento-muqueux,

comme le pendulum, présentent des effets indésirables non négligeables (*tipping*, perte d'ancrage, rotation, pastille qui s'introduit dans la muqueuse, etc.)⁴. Les mini-vis sont également utilisées pour la gestion de la dimension transversale, à l'instar du système MARPE (*Miniscrew Assisted Rapid Palatal Expansion*)^{9,30}, où l'appareil orthodontique, conçu pour permettre l'expansion de l'arcade maxillaire, est connecté à au moins deux mini-vis implantées dans la zone paramédiane du palais¹⁸, maximisant ainsi l'effet squelettique¹⁹.

En ce qui concerne le taux d'échec des mini-vis palatines, celui-ci reste faible. En effet, Kakali, *et al.*¹⁵ ont évalué le succès clinique des implants et des mini-vis palatines sur la base de 27 études cliniques et ils ont conclu que le risque d'échec était similaire entre les deux types d'ancrage (respectivement de 6,0 % et 6,1 %). D'autres études, menées par Reynders, *et al.*²⁸, ainsi que par Schätzle, *et al.*²⁹ ont également confirmé des taux d'échec comparables entre ces deux dispositifs d'ancrage (taux d'échec de 10,5 % pour les implants palatins (IC 95 % : 6,1-18,1 %) *versus* de 16,4 % pour les mini-vis (IC 95 % : 13,4-20,1 %)). Enfin, l'étude réalisée par Hourfar, *et al.* a montré que, bien que le taux de succès global des mini-vis soit élevé (89,1 %), des différences significatives sont observées selon le site d'insertion, avec un taux de réussite plus élevé pour les mini-vis palatines (98,4 %) que pour celles placées en vestibulaire entre les racines (71 %) ($p < 0,001$)¹¹.

Finalement, les mini-vis de façon plus globale ont également gagné en popularité en raison de leur caractère peu invasif et de leur coût relativement modéré^{21,23}.

Néanmoins, la pose d'une mini-vis palatine peut comporter des risques iatrogènes (lésions dentaires, sinusales, vasculaires et/ou nerveuses) tels que la perforation radiculaire ou la communication bucco-nasale, comme souligné par Tilotta, *et al.*³², source de conséquences pour le patient ou de compromission de l'ancrage²⁴.

L'utilisation d'un guide chirurgical pour l'insertion de mini-vis palatines pourrait pallier certaines de ces problématiques. Des protocoles en un temps, c'est-à-dire une pose des mini-vis et de l'appareil dans la même séance, sont décrits dans la littérature, mais cette approche reste relativement peu répandue, tout comme la création d'un guide chirurgical *in-office*. De plus, il s'avère que la précision d'une pose guidée n'est pas absolue, une différence est parfois perceptible entre la planification et la situation clinique « réelle » de ces mini-vis en bouche. Or, la problématique liée à un potentiel défaut d'adaptation de l'appareil de distalisation sur les mini-vis semble être peu documentée.

Cet article propose ainsi un protocole original, en deux temps, décrit étape par étape, pour la pose de mini-vis palatines par chirurgie guidée à l'aide d'un guide *in-office*, ainsi que le transfert des informations au laboratoire pour la confection du dispositif orthodontique ajustée à la position clinique des mini-vis.

2. Matériels et méthodes : protocole original étape par étape

Afin de réaliser l'intégralité de ce protocole, le matériel nécessaire est le suivant :

- Logiciel OnyxCeph^{3TM} (Image Instruments, Chemnitz, Allemagne) et ses modules TADmatch et Bite Splint (<https://onyxceph.eu/en/>).
- Scanner intra-oral.
- Téléradiographie de profil.
- Mini-vis palatines.
- Anesthésie locale par infiltration.
- Contre-angle à vitesse réduite ou visseuse implantaire.
- Insert guidé (ou clé de vissage) sur contre-angle ou *driver*.
- Transferts ou « scanbodies » pour empreinte optique.
- Imprimante 3D.

2.1. Temps 1

2.1.1. Empreinte maxillaire

Pour la fabrication d'un guide chirurgical, l'empreinte doit s'étendre à minima des incisives aux premières molaires permanentes, en incluant le palais (Fig. 1). Nous conseillons d'étendre postérieurement cette empreinte à la totalité du palais dur ainsi qu'une partie du voile pour la confection d'un appareil de distalisation, afin d'éviter de multiplier les prises d'empreinte.



Figure 1

Empreinte numérique maxillaire, avec maillage ouvert.

2.1.2. Soclage du modèle maxillaire

Pour être utilisée dans les différents modules du logiciel, l'empreinte doit être soclée (Fig. 1). Cette opération vise ici à fermer le maillage (Fig. 2) tout en redéfinissant les limites du futur modèle. Le soclage fait appel au module *Cast Adjust* (ajuster le modèle). Durant ce processus, il faut veiller à ne pas supprimer d'informations postérieures pouvant s'avérer utiles à la confection du guide ou de l'appareil orthodontique.

Pour ce cas clinique, l'empreinte optique maxillaire a été prise avec l'appareil fixe multi-attache en place et les bagues sur 16 et 26 déjà scellées. Cette même empreinte servira à la confection du guide chirurgical ainsi qu'à la fabrication de l'appareil de distalisation SmartJet (TIGER DENTAL, Gemeinde Hörbranz, Autriche).

2.1.3. Calibrage de la téléradiographie de profil

Si cela n'a pas déjà été fait, par exemple si l'analyse céphalométrique est réalisée dans un logiciel différent, la téléradiographie de profil doit être calibrée

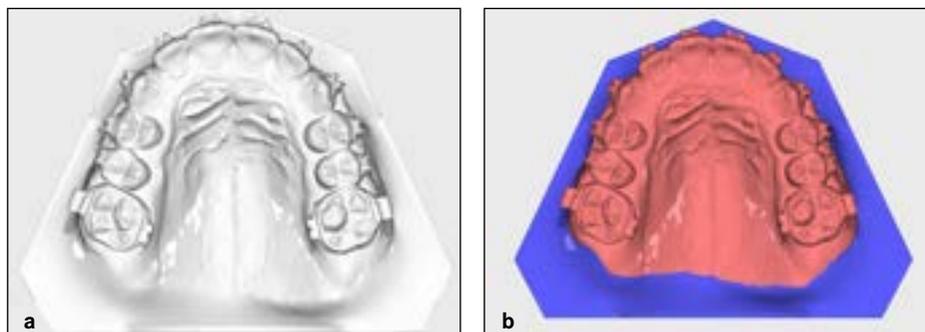


Figure 2

Empreinte numérique maxillaire soclée, avec maillage fermé. (a) Rendu classique. (b) Colorisation des régions avec, en rouge, l’empreinte et ses nouvelles limites et, en bleu, l’ajout de la base (ou socle).

dans le module *Digitize (Digitaliser)* du logiciel OnyxCeph^{3TM}. Deux points sont placés sur la règle intégrée au cliché ou ajoutés lors de sa numérisation et la distance réelle de ces points est renseignée dans la boîte de dialogue d’édition d’échelle (Fig. 3).

2.1.4. Superposition du moulage maxillaire et de la téléradiographie de profil

Le moulage maxillaire est ensuite superposé à la téléradiographie de profil dans le module *Register 3D* (Fig. 4). La combinaison de ces deux documents est sauvegardée comme nouveau résultat et ce dernier

est ensuite ouvert dans le module TADmatch pour accéder à la bibliothèque de mini-vis.

2.1.5. Placement virtuel des mini-vis

Le module TADmatch contient une bibliothèque de mini-vis dont la particularité est d’être adaptée à une pose palatine guidée (Figs. 5 et 6).

Afin d’apprécier le positionnement des mini-vis dans toutes les dimensions, la transparence, la couleur et la visibilité de chaque objet (mini-vis, téléradiographie de profil et modèle maxillaire) peuvent être ajustées.

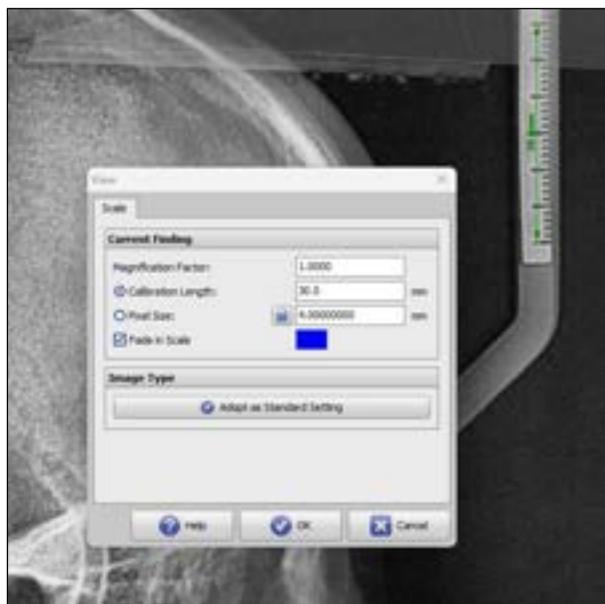


Figure 3

Calibrage de la téléradiographie de profil.



Figure 4

Superposition de la téléradiographie de profil et du moulage maxillaire.

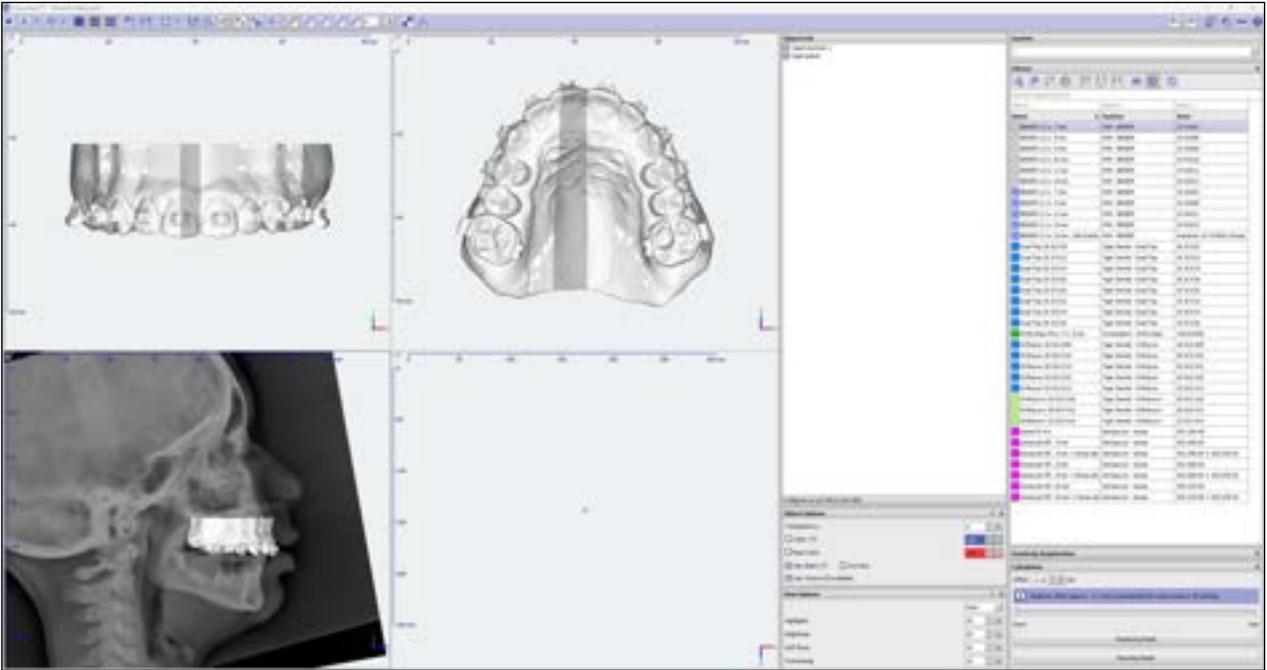


Figure 5
Présentation de l'interface du module TADmatch.

Name	System	Item
BEHEft 2.0 x 7 mm	PSM - BEHEft	33-54007
BEHEft 2.0 x 8 mm	PSM - BEHEft	33-54008
BEHEft 2.0 x 9 mm	PSM - BEHEft	33-54009
BEHEft 2.0 x 10 mm	PSM - BEHEft	33-54010
BEHEft 2.0 x 11 mm	PSM - BEHEft	33-54011
BEHEft 2.0 x 13 mm	PSM - BEHEft	33-54013
BEHEft 2.3 x 7 mm	PSM - BEHEft	33-54007
BEHEft 2.3 x 9 mm	PSM - BEHEft	33-54009
BEHEft 2.3 x 11 mm	PSM - BEHEft	33-54011
BEHEft 2.3 x 13 mm	PSM - BEHEft	33-54013
BEHEft 2.3 x 13 mm - Old Scarbo	PSM - BEHEft	Scarbody 33-10760/2 (Drap)
Dual-Top 20 35 010	Tiger Dental - Dual-Top	20 35 010
Dual-Top 20 35 012	Tiger Dental - Dual-Top	20 35 012
Dual-Top 20 35 014	Tiger Dental - Dual-Top	20 35 014
Dual-Top 20 35 016	Tiger Dental - Dual-Top	20 35 016
Dual-Top 25 35 010	Tiger Dental - Dual-Top	25 35 010
Dual-Top 25 35 012	Tiger Dental - Dual-Top	25 35 012
Dual-Top 25 35 014	Tiger Dental - Dual-Top	25 35 014
Dual-Top 25 35 016	Tiger Dental - Dual-Top	25 35 016
Ortho Easy Pal 1.7 x 8 mm	Forestadent - Ortho Easy	1256A2308
OrthoLux 18 OLS 009	Tiger Dental - OrthoLux	18 OLS 009
OrthoLux 20 OLS 010	Tiger Dental - OrthoLux	20 OLS 010
OrthoLux 20 OLS 012	Tiger Dental - OrthoLux	20 OLS 012
OrthoLux 22 OLS 010	Tiger Dental - OrthoLux	22 OLS 010
OrthoLux 22 OLS 012	Tiger Dental - OrthoLux	22 OLS 012
OrthoLux+ 20 OLS 010	Tiger Dental - OrthoLux+	20 OLS 010
OrthoLux+ 20 OLS 012	Tiger Dental - OrthoLux+	20 OLS 012
OrthoLux+ 22 OLS 014	Tiger Dental - OrthoLux+	22 OLS 014
tomas PJ 4.0	Dentaaurum - tomas	303-100-40
tomas-pin EP, 6 mm	Dentaaurum - tomas	303-206-00
tomas-pin EP, 8 mm + tomas-ab	Dentaaurum - tomas	303-206-00 + 303-625-KX
tomas-pin EP, 8 mm	Dentaaurum - tomas	303-208-00
tomas-pin EP, 8 mm + tomas-ab	Dentaaurum - tomas	303-208-00 + 303-625-KX
tomas-pin EP, 10 mm	Dentaaurum - tomas	303-210-00
tomas-pin EP, 10 mm + tomas-ab	Dentaaurum - tomas	303-210-00 + 303-625-KX

Figure 6
Bibliothèque de mini-vis du module TADmatch.

La zone idéale d'insertion d'une mini-vis palatine paramédiane est située après la troisième rugosité palatine, généralement sur la ligne joignant les cuspides palatines des premières prémolaires maxillaires^{3,37}, et elle est confirmée par la téléradiographie de profil (Fig. 7).

La vue occlusale du maxillaire aide au centrage et à déterminer la profondeur d'insertion au niveau du col des mini-vis (Fig. 8). Dans le cadre d'une pose paramédiane avec parallélisme des axes de mini-vis pour un appareil de distalisation,

un espacement transversal de 7 mm des mini-vis est suffisant.

La téléradiographie de profil apporte des informations complémentaires sur la proximité du plancher des fosses nasales, des apex des incisives maxillaires et l'évaluation de l'angulation des mini-vis par rapport à la voûte palatine (Fig. 9).

Pour ce cas de présentation, deux mini-vis Dual-Top JS (Jeil Medical Corporation, Corée du Sud) parallèles entre elles, espacées de 7 mm, de 12 mm de longueur et de 2 mm de diamètre ont été sélectionnées.

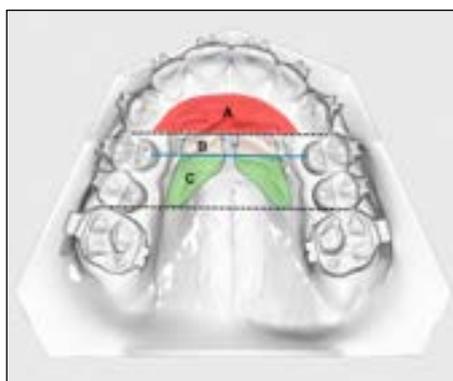


Figure 7

La zone idéale d'insertion de mini-vis palatines paramédianes est sur la ligne joignant les cuspides palatines des premières prémolaires maxillaires. Zone A : implantation à éviter. Zone B : bonne épaisseur osseuse mais potentielle proximité radiculaire des incisives. Zone C : bonne épaisseur osseuse.

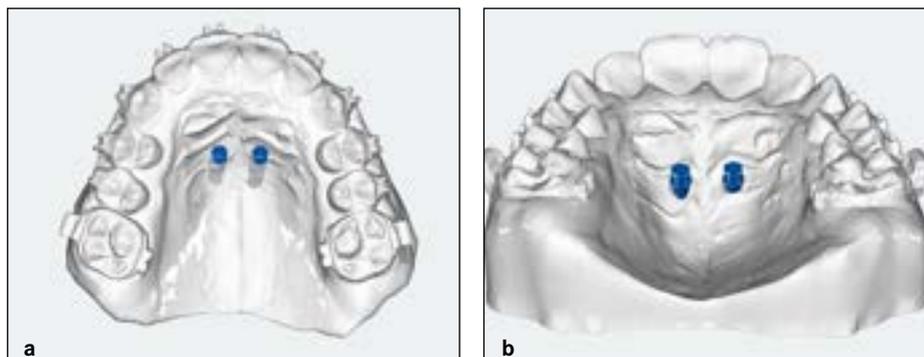


Figure 8

Positionnement des mini-vis palatines. (a) Vue occlusale maxillaire. Centrage, écartement et position antéro-postérieure. (b) Vue postérieure maxillaire. Visibilité de la profondeur d'insertion des cols des mini-vis.



Figure 9

Appréciation de l'angulation et de la longueur des mini-vis, ainsi que de la proximité des apex des incisives maxillaires et du plancher des fosses nasales.

2.1.6. Modélisation de la gouttière chirurgicale

Une fois l'emplacement des mini-vis défini, la modélisation de la gouttière chirurgicale s'opère dans le module *Bite Splint*.

Le tracé de la gouttière se fait à main levée après avoir appelé la fonction *Trace* (*place with right click*). L'épaisseur de la gouttière est modifiable, une épaisseur de 1,80 à 2 mm est intéressante pour cette application.

Afin d'obtenir une stabilité adéquate de la gouttière en bouche, nous préconisons d'englober les secteurs prémolaires et de recouvrir les incisives sur 2 à 3 mm en évitant les pointes canines (souvent en cours d'éruption) et les premières molaires permanentes (afin de ne pas être gêné par d'éventuelles bagues) (Fig. 10).

En per-opératoire, l'insert guidé vient coulisser dans les logements prévus à cet effet dans la partie

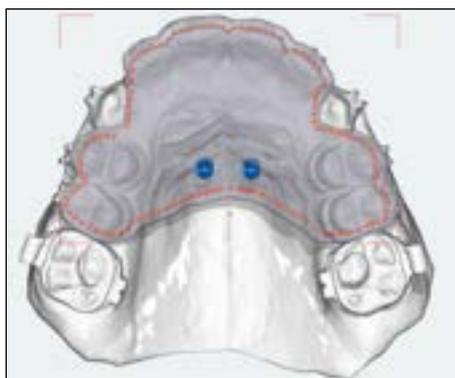


Figure 10

Dessin du guide chirurgical réalisé dans le module *Bite Splint*.

centrale de la gouttière. Cette pièce maîtresse du guide chirurgical est un élément 3D ajouté secondairement que nous appellerons « canon » (Fig. 11). Pour disposer de cet objet, il faut au préalable en faire la demande auprès de son revendeur de mini-vis et l'intégrer dans la bibliothèque du logiciel. La fenêtre antérieure sur le canon ajoute du confort au patient en lui évitant une ouverture buccale trop importante.

Ensuite, la fonction *Adopt Transformation of the Following Object* est appelée sur chaque canon pour le positionner automatiquement sur la mini-vis désignée (Fig. 12).

Enfin, un appel à la fonction *Calculate* génère le rendu final de la gouttière qui est alors prête à être exportée puis imprimée en 3D (Fig. 13).

2.1.7. Pose des mini-vis

Si le modèle qui a servi à la conception du guide n'est pas réutilisé pour la réalisation du dispositif médical sur mesure (DMSM), une nouvelle empreinte est prise avant la pose des mini-vis.

Après avoir anesthésié le palais en regard de la zone d'insertion, le guide chirurgical est mis en place. Puis la pose est classique, au moteur à faible vitesse et avec contrôle du couple, l'insert guidé venant glisser dans les canons du guide jusqu'à la butée verticale. Nous réalisons préalablement un pré-forage de la corticale à l'aide d'un foret pilote guidé pour diminuer l'intensité du couple d'insertion, mais assez peu de fabricants proposent de tels forets. Et de nombreux auteurs s'accordent sur l'absence de besoin d'un tel préforage avec les mini-vis auto-forantes et auto-taraudantes lors d'une pose palatine guidée³⁶.

Une fois les mini-vis insérées, le guide est retiré.

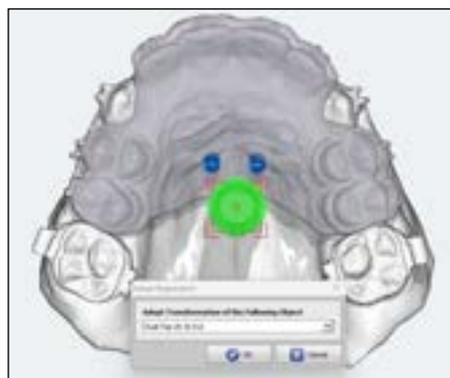


Figure 11

Importation d'un canon dans la gouttière qui sera adapté à l'emplacement de la mini-vis souhaitée après appel de la fonction *Adopt Transformation of the Following Object*.

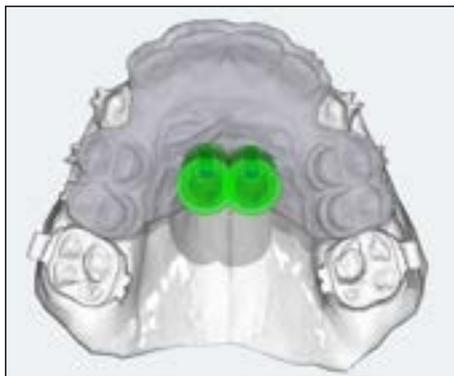


Figure 12
Positionnement des canons sur les mini-vis.

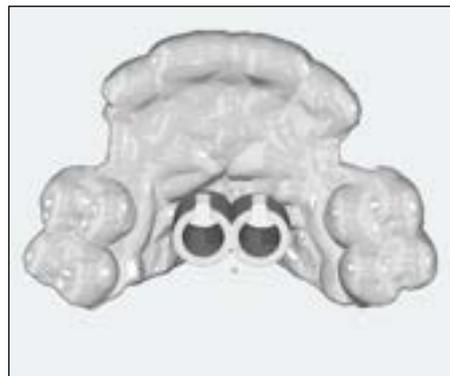


Figure 13
Rendu final de la gouttière prête à être imprimée en 3D.

2.2. Temps 2

2.2.1. Réalisation de l’empreinte pour le laboratoire

Les transferts sont ensuite positionnés sur les têtes des mini-vis et une nouvelle empreinte optique est prise (Fig. 14). Selon les fabricants, certains transferts sont à visser, d’autres sont juste à coulisser.

Cette nouvelle empreinte ne doit pas encore partir au laboratoire, elle est importée dans le logiciel OnyxCeph^{3™} et il n’est pas nécessaire de la sceler, son maillage peut rester ouvert.



Figure 14
Empreinte optique avec transferts.

À RETENIR

ÉCUEIL : le transfert est considéré comme un artefact.

Il arrive que le(s) transfert(s) soi(en)t considéré(s) comme un artefact par le logiciel d’acquisition du scanner intra-oral et se retrouve(nt) automatiquement supprimé(s) pendant le processus de « nettoyage de l’empreinte ». C’est généralement le cas quand le transfert est trop éloigné de la muqueuse palatine, considéré comme un îlot sans connexion avec le palais, il est alors retiré. La première approche est de commencer par désactiver ce nettoyage automatique dans le logiciel d’acquisition. Si cette procédure ne fonctionne pas, il est possible d’envisager de retirer les transferts et d’insérer un peu plus profondément les mini-vis puis réessayer la prise d’empreinte avec les transferts. Une autre astuce est de prévoir plusieurs longueurs de transferts mais, comme aucun fabricant n’en propose à notre connaissance, leur modélisation et impression 3D restent personnelles (Fig. 15).



Figure 15
Exemple de modélisation de différentes longueurs de transferts pour mini-vis Dual-Top JS.

2.2.2. Élaboration du modèle 3D pour le laboratoire avec transfert de la position des mini-vis

Pour rappel, le modèle maxillaire qui servira à la confection du DMSM est une empreinte qui a été scannée et dont le palais est vierge, c'est-à-dire sans mini-vis ni transfert. Ce modèle est de nouveau ouvert dans le module TADmatch qui possède une partie dédiée à l'utilisation des transferts (encadré *Scanbody Registration*) (Fig. 16). C'est à ce niveau que l'empreinte prise avec les transferts est renseignée avec le bouton *Load*. Le module superpose automatiquement l'empreinte avec transferts (en bleu) à celle de travail (en blanc) (Fig. 17). Les mini-vis sont de nouveau insérées manuellement à partir

de la bibliothèque et placées grossièrement à l'emplacement des transferts (Fig. 18). Puis l'appel à la fonction *Registration* finit d'adapter précisément ces mini-vis aux transferts (Fig. 19) et établit ainsi la position clinique réelle de celles-ci. L'empreinte avec transfert (en bleu) peut à présent être retirée avec le bouton *Delete*, pour ne laisser que le modèle de travail avec la position clinique des mini-vis (Fig. 20).

À présent que la position réelle des mini-vis est connue, toujours depuis le module TADmatch, la fonction *Mounting Model* crée un modèle de travail avec des perforations à l'emplacement des mini-vis. C'est ce modèle perforé qui est envoyé au laboratoire pour la conception de l'appareil (Fig. 21).



Figure 16

Encadré du module TADmatch destiné à l'exploitation des transferts.

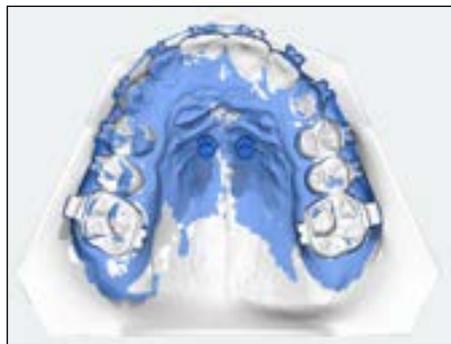


Figure 17

Superposition automatique de l'empreinte avec transferts sur le modèle de travail.

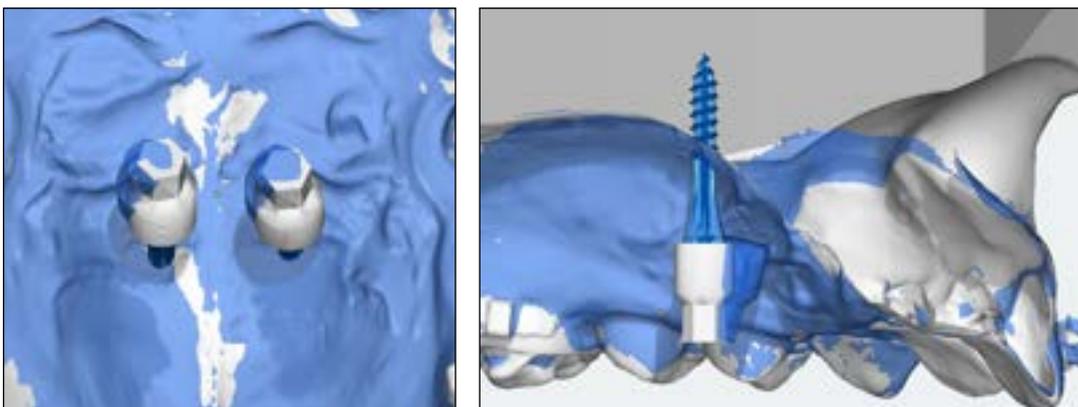


Figure 18

Placement manuel approximatif des mini-vis sur les transferts.

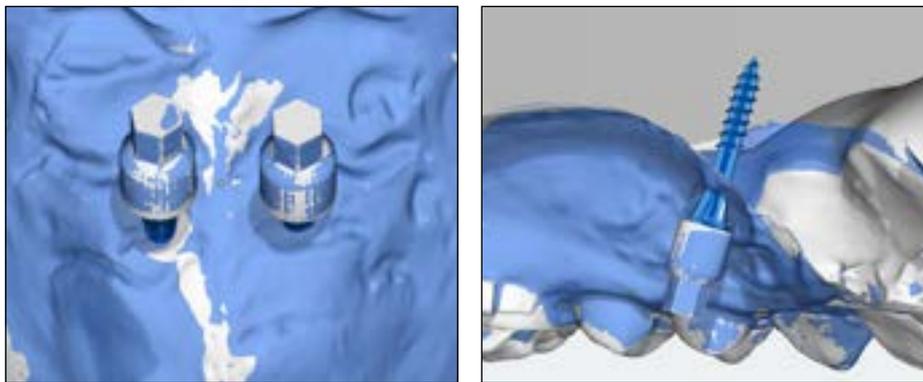


Figure 19

Adaptation automatique des mini-vis aux transferts avec la fonction *Registration*.



Figure 20

Situation clinique des mini-vis.

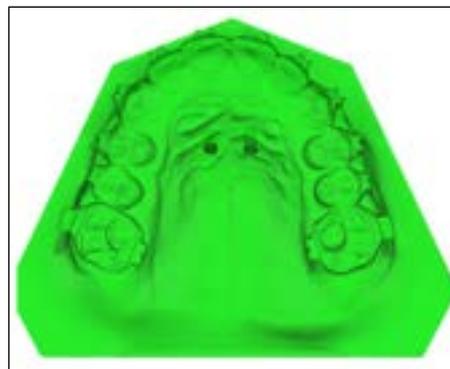


Figure 21

Modèle de travail pour le laboratoire.

2.2.3. Conception par le laboratoire de l'appareil de distalisation

Le laboratoire imprime le modèle en 3D et y insère les analogues ou de véritables mini-vis. L'analogue est une réplique de la mini-vis pour le laboratoire avec une tête identique à celle de la mini-vis mais avec un filetage différent. Ainsi, l'une des extrémités de l'analogue est une réplique de la tête de la mini-vis et l'autre extrémité de l'analogue est incluse dans le modèle en résine. La profondeur d'insertion est déterminée soit par butée, soit par l'utilisation du guide chirurgical, soit encore visuellement (photographie clinique ou captures d'écran du logiciel). Notons que des nouveautés apparaissent régulièrement, notamment concernant l'amélioration par laboratoire de la précision de la profondeur d'insertion des mini-vis (voir partie discussion).

À RETENIR

ÉCUEIL : les analogues de mini-vis.

Pour que les analogues aient une stabilité suffisante dans le modèle de laboratoire imprimé en 3D, il est préférable de les insérer par vissage ; ils doivent donc posséder un véritable pas de vis. Certains fabricants proposent des analogues avec de simples rétentions initialement prévues pour une coulée au plâtre. Si tel est le cas, il est préférable d'utiliser des mini-vis classiques plutôt que des analogues.

Dans ce cas clinique, les mini-vis palatines ont servi à la fabrication d'un appareil de distalisation des premières molaires maxillaires permanentes à

ancrage osseux, le SmartJet, présenté ici dans une version pour mini-vis Dual-Top JS (Jeil, Corée du Sud), avec des clips qui évitent l'emploi de manchons (Fig. 22).

Le SmartJet est construit en arquant la partie distale de sorte à contrôler la tendance à l'expansion et à la mésiorotation molaire qui se produisent pendant le recul avec ce dispositif (Fig. 22). Pour le rendre passif, les ressorts sont ligaturés et des stops sont ajoutés en distal des crochets en Z.

3. Résultats

L'installation du SmartJet se fait en un ou deux temps, c'est-à-dire soit avec les bagues comme un appareil fixe, soit *a posteriori* en faisant coulisser les

crochets en Z dans les fourreaux palatins puis en positionnant la partie antérieure aux mini-vis. Les stops distaux sont retirés quelques instants avant l'insertion en bouche. Une fois l'appareil en place, les ligatures sont retirées et les ressorts mis en compression (Fig. 23).

La différence d'angulation des mini-vis entre la planification et la position clinique a atteint $3,80^\circ$. Plus précisément, elle a été de $0,10^\circ$ et 1° dans le plan frontal, de 1° et $3,80^\circ$ dans le plan sagittal avec une position plus distale de la pointe des mini-vis. La profondeur d'insertion a été inférieure de $0,80$ mm à celle planifiée, quelle que soit la mini-vis. On peut noter que les différences d'angulation ont eu peu d'impact sur la position spatiale des têtes des mini-vis (Fig. 24).



Figure 22

Appareil de distalisation SmartJet (TIGER DENTAL, Gemeinde Hörbranz, Autriche) livré par le laboratoire.



Figure 23

(a) La position clinique des mini-vis après exploitation des *scanbodies*. (b) SmartJet en place. (c) Distalisation maxillaire.

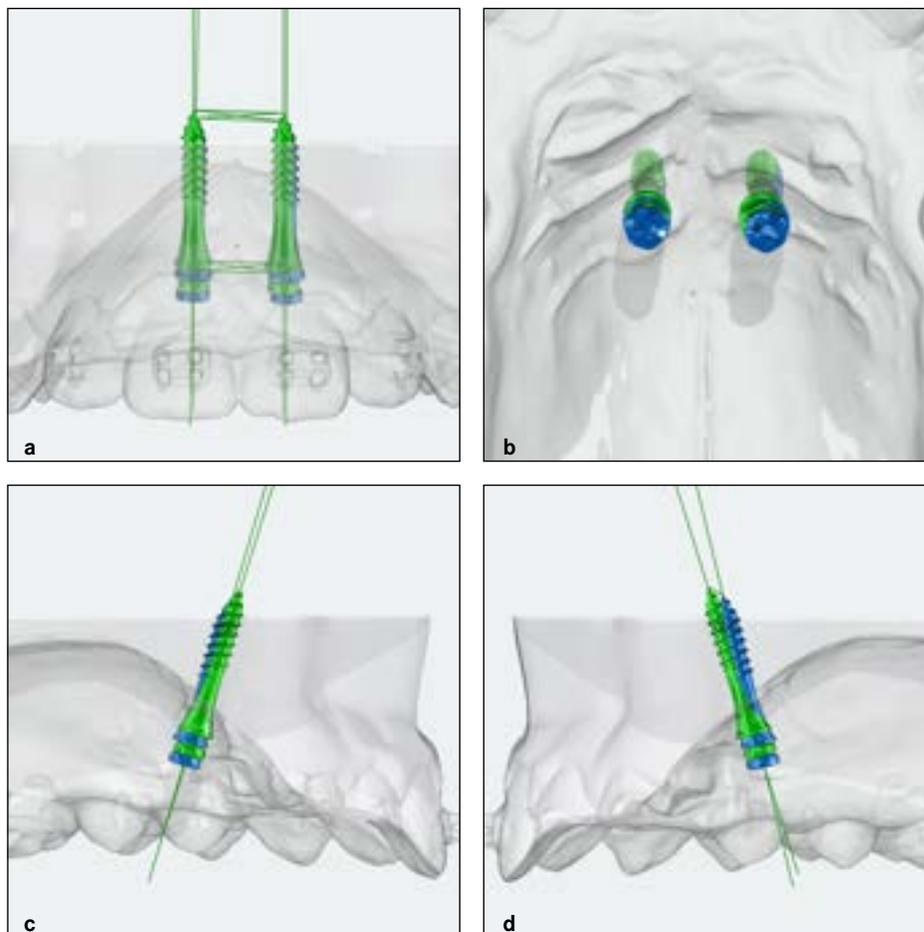


Figure 24

Comparaison entre la planification (en vert) et la position clinique réelle des mini-vis (en bleu), en vue frontale (a), en vue occlusale (b), en vue latérale droite (c) et en vue latérale gauche (d).

4. Discussion

Cet article décrit un protocole en deux temps, pas à pas, de pose de mini-vis palatines paramédianes par chirurgie guidée (guide *in-office*), suivie du transfert des données au laboratoire pour la confection d'un dispositif médical sur mesure de distalisation, dont plusieurs points sont discutés ci-après.

4.1. Choix du logiciel

Le choix du logiciel s'est porté sur OnyxCeph^{3TM} car, à notre connaissance, il est le seul à offrir toutes les fonctionnalités requises à la création d'un guide chirurgical pour mini-vis au cabinet avec exploitation de transferts adaptés à l'empreinte optique. La bibliothèque de mini-vis du module TADmatch peut cependant paraître limitée et uniquement extensible au travers des mises à jour officielles du module.

4.2. Choix du flux numérique

Nous avons exposé les étapes d'un flux numérique, mais l'étape de numérisation des transferts présente parfois quelques difficultés et des solutions ont été apportées (voir le premier encadré « À retenir »). Cependant, il demeure toujours possible d'opter pour une empreinte traditionnelle avec des transferts adaptés (c'est-à-dire avec suffisamment de rétention pour rester dans l'empreinte physique) et dont les analogues sont insérés secondairement avant la coulée en plâtre. La solution du « flux numérique » reste à privilégier car résolument tournée vers l'avenir ; une simple mise à jour du logiciel d'acquisition pourrait offrir une meilleure intégration de ces transferts palatins. Le flux numérique s'arrête à l'étape de confection de l'appareil où le laboratoire imprime en 3D le modèle de travail et y insère lui-même les analogues (ou de véritables mini-vis). Cette étape est potentiellement source d'imprécision.

4.3. Précision et sécurité de la pose en chirurgie guidée

La planification aide à optimiser la position des mini-vis, leur angulation et à apprécier leur rapport avec le plancher des fosses nasales ou la proximité des apex incisifs maxillaires.

La différence entre la planification et la pose de la mini-vis est cliniquement acceptable, quelle que soit l'expertise du praticien. Cette précision et sécurité lors de la pose sont en accord avec d'autres auteurs^{34,35}. La simplicité d'utilisation du guide et son côté rassurant pourraient aider le praticien moins expérimenté à franchir le pas de la pose de mini-vis palatines³⁵.

Dans le cas présenté, la profondeur d'insertion en bouche est inférieure de 0,80 mm par rapport à la planification. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées comme le défaut d'adaptabilité du guide dont l'insertion aurait été incomplète (éruption dentaire, défaut dans l'empreinte optique ou défaut d'impression 3D dans l'intrados du guide), une flexion verticale pendant la phase d'insertion (soulèvement du guide) ou un défaut d'impression 3D des canons lié aux supports d'impression. Après leur retrait, ces supports laissent des irrégularités sur la surface, comme illustré par Ludvig, *et al.*²² : certains guides chirurgicaux utilisés dans leur étude présentaient des défauts de surface à l'emplacement des supports.

In fine, l'intérêt du guide chirurgical pour la pose de mini-vis palatine est confirmé par de nombreux auteurs et études associées^{2,5,10,20}.

4.4. Solution en un temps versus en deux temps

Nous avons établi un protocole en deux temps : la pose des mini-vis et de l'appareil ne se font pas dans la même séance. Bien que la pose puisse être considérée comme précise, une différence entre la planification et la situation en bouche reste détectable. L'apport d'un second temps offre l'avantage d'une adaptation précise, sans écueil, de l'appareil de distalisation : l'appareil s'adapte parfaitement à la position des mini-vis. Notre expérience clinique nous permet également d'avancer que cette solution octroie la liberté de s'écarter du guide en peropératoire si besoin (par exemple en présence d'une voûte palatine profonde gênant l'insert guidé), une nouvelle empreinte étant reprise.

Le protocole en un temps reste néanmoins une approche théorique idéale, la pose des mini-vis et de

l'appareil se faisant au cours de la même séance³⁵, en évitant ainsi l'étape de l'empreinte avec les transferts. Cette approche est soutenue par Winsauer : « une mini-vis ne devrait jamais rester sans force au niveau du palais après son insertion »³⁶. Elle reste envisageable si la planification est respectée, si l'appareil ne demande pas une grande précision d'adaptation ou si l'appareil est facilement adaptable.

4.5. Parallélisme des axes des mini-vis paramédianes

Doit-on paralléliser les axes des mini-vis paramédianes ? Cela dépend du DMSM et de sa connectique avec la ou les mini-vis. Dans une pose en deux temps avec une connectique aux mini-vis faisant appel à des manchons, il sera difficile d'insérer l'appareil si les axes sont divergents, d'autant plus si l'appareil est rigide et si les manchons offrent peu de jeu. Notons que l'absence de parallélisme offre l'avantage d'optimiser d'autant plus la longueur des mini-vis en recherchant les zones de plus grande épaisseur osseuse.

4.6. Impact sur le couple d'insertion

Selon le matériau utilisé pour la confection du guide et selon la tolérance des canons, les canons du guide peuvent être source de friction pendant la phase d'insertion, augmentant le couple nécessaire par rapport à une pose sans guide. L'usage d'un alésoir peut aider à contenir ce phénomène en contrôlant précisément la tolérance des canons ou par l'ajout de douilles métalliques.

4.7. Intégration du cone beam CT

Bien souvent une simple téléradiographie de profil suffit pour visualiser la position antéro-postérieure des mini-vis, ainsi que pour déterminer leur longueur optimale. Dans le cas où une imagerie 3D s'avère nécessaire (comme la présence d'une canine incluse en palatin par exemple), il est possible de l'intégrer à la planification, à la condition que les données issues du CBCT soient au format DICOM.

4.8. Efficience

Grâce à la planification en amont, le jour de la pose, le guide chirurgical participe à diminuer le stress du praticien, la séance est courte, ce qui offre un confort de travail pour le praticien et, *in fine*, pour le patient.

4.9. Mise à jour

Depuis tout récemment, une mise à jour logicielle récente (OnyxCeph³™ 3.2.3 Build 608 Wendelstein) ajoute une fonctionnalité qui améliore la précision de la profondeur d'insertion des analogues par le laboratoire. Il est dorénavant possible d'enrichir le modèle de travail de collerettes à l'emplacement des perforations afin de créer une butée verticale pour l'insert guidé. Cette mise à jour améliore ainsi le contrôle visuel de la profondeur d'insertion de l'analogue sur le modèle du laboratoire. Il est très probable que d'autres mises à jour amélioreront notre protocole.

4.10. Limitations

Il reste important de mentionner que la planification virtuelle d'une mini-vis et sa pose par chirurgie guidée ne se substituent pas à la connaissance et au repérage des structures anatomiques (artères, veines, nerfs, sinus...) et dentaires, ainsi qu'aux diverses recommandations en matière de site d'implantation.

Résumé de l'intérêt d'une pose d'une mini-vis palatine par chirurgie guidée suivie de la pose d'un appareil de distalisation en deux temps

- Planification de l'ensemble de la procédure en amont de l'intervention, sur la base d'une empreinte et d'une téléradiographie de profil (éventuellement d'un CBCT).
- Pose précise.
- Pose sécurisée, permettant d'éviter la plupart des risques (perforation plancher nasal, atteinte d'une racine d'une dent incluse...) et d'augmenter le champ des possibles.
- Adaptation précise, sans écueil, de l'appareil de distalisation.
- Taux d'échec faible.
- Confort pour le praticien lors de la pose, associé à une diminution du stress lié à l'intervention.
- Confort pour le patient, l'intervention est rapide.

5. Conclusion

La mise en place de mini-vis palatines par un protocole en deux temps ayant recours à la chirurgie

guidée (guide conçu grâce à la CFAO *in-office*), suivie du transfert de ces données au laboratoire pour la fabrication d'un dispositif médical sur mesure de distalisation, se révèle être une méthode précise, sûre et efficiente. Cette approche offre un confort, tant pour le praticien que pour le patient.

Liens d'intérêts

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

Références

1. Ayadi I, Dalle I, Ben Rejeb S, Tobji S, Ben Amor F, Ben Amor A. Ingression orthodontique sur mini-vis d'ancrage. Orthod Fr 2018;89(4):397-410.
2. Bae MJ, Kim JY, Park JT, Cha JY, Kim HJ, *et al.* Accuracy of miniscrew surgical guides assessed from cone-beam computed tomography and digital models. Orthod Fr 2013;143(6):893-901.
3. Becker K, Unland J, Wilmes B, Tarraf NE, Drescher D. Is there an ideal insertion angle and position for orthodontic mini-implants in the anterior palate? A CBCT study in humans. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2019;156(3):345-354.
4. Brézulier, D, Sorel O. New perspectives on miniscrews : Improving stability. J Dentofacial Anom Orthod 2016;19(4):406.
5. Cassetta M, Altieri F, Di Giorgio R, Barbato E. Palatal orthodontic miniscrew insertion using a CAD-CAM surgical guide : Description of a technique. Int J Oral Maxillofac Surg 2018;47(9):1195-1198.
6. Cazenave C. Classe II subdivision chez l'adulte : utilisation des minivis d'ancrage en technique mixte. Orthod Fr 2014;85(4):341-354.
7. Ceratti C, Serafin M, Del Fabbro M, Caprioglio, A. Effectiveness of miniscrew-supported maxillary molar distalization according to temporary anchorage device features and appliance design : Systematic review and meta-analysis. Angle Orthod 2024;94(1):107-121.
8. Chillès D, Chillès J-G, Riemenschneider-Chillès S, Doustkam AA. Les micro-vis enfouies, l'ancrage osseux universel. Orthod Fr 2016;87(4):443-455.
9. Copello FDM, Brunetto DP, Elias CN, Pithon MM, Coqueiro RS, Castro ACR, Sant'Anna EF. Miniscrew-assisted rapid palatal expansion (MARPE) : How to achieve greater stability. In vitro study. Dental Press J Orthod 2021;26(1):e211967.
10. Guarnieri R, Grenga C, Altieri F, Rocchetti F, Barbato E, Cassetta M. Can computer-guided surgery help orthodontics in miniscrew insertion and corticotomies? A narrative review. Frontiers in Oral Health 2023;4:1196813.
11. Hourfar J, Bister D, Kanavakis G, Lisson JA, Ludwig B. Influence of interradicular and palatal placement of orthodontic mini-implants on the success (survival) rate. Head Face Med 2017;13(1):14.
12. Hutin A, Gebeile-Chauty S. Les troisièmes molaires dans la décision thérapeutique en orthodontie. Orthod Fr 2022;93(4):377-399.

13. Ishihara Y, Kuroda S, Sugawara Y, Balam TA, Takano-Yamamoto T, Yamashiro T. Intérêts de l'utilisation des mini-vis orthodontiques en tant qu'ancrage indirect dans la correction de l'égression d'incisives mandibulaires pour un patient présentant une classe II hypodivergente. *Orthod Fr* 2016;87(2):229-243.
14. Jung MH. Traitement d'un syndrome de Brodie unilatéral sévère, avec des mini-vis orthodontiques chez un adulte d'âge moyen. *Orthod Fr* 2012;83(4):275-288.
15. Kakali L, Alharbi M, Pandis N, Gkantidis N, Kloukos D. Success of palatal implants or mini-screws placed median or paramedian for the reinforcement of anchorage during orthodontic treatment : A systematic review. *Eur J Orthod* 2019;41(1):9-20.
16. Leclercq P, Ellouze S, Breton O, Bohar J. Biomécanique de la mésialisation molaire inférieure sur mini-vis en technique multi-attache vestibulaire. *Orthod Fr* 2022;93(2):125-137.
17. Lee JY. Distalisation des molaires utilisant des mini-vis d'ancrage placées verticalement. *Orthod Fr* 2012;83(4):257-266.
18. Lee SR, Lee J, Chung DH, Lee, S. Short-term impact of microimplant-assisted rapid palatal expansion on the nasal soft tissues in adults : A three-dimensional stereophotogrammetry study. *The Korean Journal of Orthodontics* 2020;50(2):75.
19. Lim HM, Park YC, Lee KJ, Kim KH, Choi YJ. Stability of dental, alveolar, and skeletal changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion. *The Korean Journal of Orthodontics* 2017;47(5):313.
20. Liu H, Liu D, Wang G, Wang C, Zhao Z. Accuracy of surgical positioning of orthodontic miniscrews with a computer-aided design and manufacturing template. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137(6):728.e1-728.e10.
21. Ludwig B, Baumgaertel S, Bowman SJ. Mini-implants in Orthodontics : Innovative Anchorage Concepts. Quintessence 2008, 188p.
22. Ludwig B, Krause L, Venugopal A. Accuracy of Sterile and Non-Sterile CAD/CAM Insertion Guides for Orthodontic Mini-Implants. *Frontiers in Dental Medicine* 2022;3:768103.
23. Melsen B, Costa A. Immediate loading of implants used for orthodontic anchorage. *Clin Orthod Res* 2000;3(1):23-28.
24. Mer G, Brezulier D, Sorel, O. Échecs des ancrages osseux. *Orthod Fr* 2026;87(1):67-76.
25. Pernier C, Cresseaux P. Préparation orthodontique préchirurgicale des classes II squelettiques au moyen d'un ancrage osseux par fil d'ostéosynthèse : à propos d'un cas. *Orthod Fr* 2021;92(1):17-28.
26. Raghis TR, Alsulaiman TMA, Mahmoud G, Youssef M. Efficiency of maxillary total arch distalization using temporary anchorage devices (TADs) for treatment of Class II-malocclusions : A systematic review and meta-analysis. *Int Orthod* 2022;20(3):100666.
27. Renger S, Lailheugue M, Gebeile-Chauty S. Mini-vis polyvalentes : désinclusion de canine combinée à la correction de différentes malocclusions. *Orthod Fr* 2021;92(1):129-140.
28. Reynders RM, Isaia L. Failure rates of palatal implants or mini-screws for orthodontic anchorage. *Evid Based Dent* 2019;20(1):9-11.
29. Schätzle M, Männchen R, Zwahlen M, Lang NP. Survival and failure rates of orthodontic temporary anchorage devices : A systematic review. *Clin Oral Implant Res* 2009;20(12):1351-1359.
30. Solano Mendoza P, Aceytuno Poch P, Solano Reina E, Solano Mendoza B. Skeletal, Dentoalveolar and Dental Changes after "Mini-Screw Assisted Rapid Palatal Expansion" Evaluated with Cone Beam Computed Tomography. *J Clin Med* 2022;11(16):4652.
31. Steve M, Racy E, Kerbrat JB. Choisir et mettre en place les mini-vis d'ancrages orthodontiques : Notions importantes. *Orthod Fr* 2015;86(4):295-302.
32. Tilotta F, Lazaroo B, Gaudy JF. Gestion des risques anatomiques liés à la mise en place de minivis palatines. *Int Orthod* 2008;6(2):169-179.
33. Turrel B, Valran V, Gebeile-Chauty S. Biomécanique des mini-implants : analyse des effets parasites de quatre situations cliniques et propositions de résolutions. *Orthod Fr* 2021;92(2):195-214.
34. Wilmes B, Nienkemper M, Mazaud-Schmelter M, Renger S, Drescher D. Utilisation combinée du Beneslider et d'appareils multi-bagues linguaux, mécaniques et procédure clinique. *Orthod Fr* 2013;84(4):347-359.
35. Wilmes B, Vasudavan S, Drescher D. (2019). CAD-CAM-fabricated mini-implant insertion guides for the delivery of a distalization appliance in a single appointment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2019;156(1):148-156.
36. Winsauer H, Renger S. Les ancrages squelettiques en 2021 : Nouvelles réflexions, nouvelles perspectives. Un entretien avec Heinz Winsauer. *Orthod Fr* 2021;92(1):7-15.
37. Winsauer H, Vlachoannis C, Bumann A, Vlachoannis J, Chrubasik S. Paramedian vertical palatal bone height for mini-implant insertion : A systematic review. *Eur J Orthod* 2014;36(5):541-549.
38. Woolley J, Wright N, Meade MJ. Usage of temporary anchorage devices : A cross-cultural and cross-sectional survey of orthodontists in Australia and the UK. *Int Orthod* 2024;22(2):100843.