EXPANSION MAXILLAIRE SUR DISPOSITIFS AVEC ANCRAGE SQUELETTIQUE : UN PROTOCOLE CONTEMPORAIN HAUTEMENT PRÉVISIBLE

Giuseppe Perinetti
Travailleur indépendant
Nocciano (PE) et Pordenone

Jasmina Primozic
Professeur titulaire d'orthodontie
Université de Ljubljana, Slovénie

Alex Bruno, Paolo Tonini
NEXXTA Spa Partners, gestionnaires
du bureau d'Udine, Tricesimo (UD)

Gabriela Poede
Assistante dentaire
Pordenone

PREMIÈRE PARTIE

1. 1. QU'EST-CE QU'UNE EXPANSION DES DISPOSITIFS D'ANCRAGE SQUELETTIQUE ET QUAND EST-IL NÉCESSAIRE DE L'UTILISER ?

1.1 Introduction

La prévalence du rétrécissement palatin associé à une occlusion croisée postérieure (unilatérale ou bilatérale) est significative dans la population, dépassant 15 % chez les étudiants italiens[1]. La correction de cette malocclusion nécessite une expansion maxillaire à l'aide d'appareils d'expansion palatine fixes. Les appareils fixes traditionnels sont dento-portés ; cependant, ces dispositifs ne permettent d'obtenir une expansion orthopédique (c'est-à-dire une ouverture de la suture médiane) que chez les patients prépubères[2], généralement âgés de moins de 11-12 ans[3]. Lorsque le traitement d'expansion palatine avec des appareils dento-portés est réalisé chez des adolescents ou des adultes, il en résulte une expansion dento-alvéolaire[2]. Bien que l'expansion dento-alvéolaire puisse parfois être indiquée, notamment en cas d'os cortical buccal abondant ne nécessitant qu'une expansion minimale, dans la plupart des cas, une expansion orthopédique est généralement nécessaire et donc préférable. Il y a encore 15 ans, la chirurgie était la seule méthode permettant d'obtenir une expansion orthopédique chez les patients post-pubères, avec les risques et complications que cela implique. Par la suite, l'expansion maxillaire à l'aide de dispositifs d'ancrage temporaires (TAD) au niveau du palais a été proposée comme une alternative valable à la chirurgie. Cette thérapie a d'abord été désignée sous le terme d'expansion palatine rapide assistée par mini-vis (MARPE). Cependant, l'expansion chez l'adulte étant généralement semi-rapide (voir ci-dessous), la terminologie est désormais redéfinie sous le terme d'expansion palatine assistée par minivis (MAPE). Ce terme décrit la méthodologie de traitement indépendamment du protocole d'activation des vis d'expansion et est donc plus approprié pour englober tous les cas.

Ces dernières années, des améliorations significatives ont été apportées aux protocoles et aux procédures techniques, augmentant considérablement la prévisibilité de cette procédure et affichant des taux de réussite très élevés. L'utilisation de procédures guidées, associée à la numérisation des flux de production, a fait de l'expansion palatine assistée par mini-vis (MAPE) une procédure courante en orthodontie. Toutefois, le respect rigoureux des protocoles est indispensable pour éviter les échecs. Cet article propose donc un protocole actuel qui tient compte des données scientifiques disponibles et, en leur absence, des procédures adaptées, fondées sur l'expérience clinique et technique des auteurs acquise au fil des décennies.

1.2 Le succès de la MAPE dépend crucialement de l'âge du patient

La prévisibilité de l'ouverture de la suture médiane lors d'une MAPE dépend fortement de l'âge du patient. À ce jour, une prévisibilité de 90 à 100 % a été rapportée chez les adolescents et les jeunes adultes jusqu'à 20-25 ans. Cette prévisibilité commence à diminuer à 80 % chez les patients d'un âge moyen de 30 ans, puis à 50 % chez ceux d'un âge moyen de 40 ans.[7,8] En l'absence de problèmes techniques (casse du dispositif ou perte d'une mini-vis suite à une erreur d'insertion, etc.), la principale cause d'échec de l'expansion par mini-vis est la migration de cette dernière. Ainsi, l'ouverture du disjoncteur n'entraîne pas une séparation des os maxillaires, mais plutôt une migration des mini-vis qui, néanmoins, conservent généralement une certaine stabilité. Il n'existe actuellement aucun protocole unanime pour la prise en charge des échecs d'expansion palatine dus à la migration des mini-vis, mais la chirurgie reste probablement la meilleure option dans ces cas. Chez les patients de plus de 30 ans, la corticopuncture de la suture médiane (qui ne sera pas abordée ici) peut être envisagée et a été décrite dans la littérature comme une procédure permettant d'atteindre des taux de succès jusqu'à 80 % chez les patients d'une quarantaine d'années.[9]

1.3 À partir de quel stade de croissance est-il indiqué d'utiliser un MAPE ?

Bien que les sujets en croissance entrent généralement en puberté entre 11 et 13 ans, la difficulté d'identifier précisément la transition de la phase prépubertaire à la phase pubertaire chez chaque individu demeure. Cette transition se situe généralement entre 10 et 14 ans.[3] Dans ces cas, une possibilité consiste à utiliser la méthode de « maturation de la phalange moyenne » (MPM, Fig. 1), décrite récemment et pour laquelle le lecteur est invité à consulter les publications internationales antérieures[10] ou le Bolletttino Leone n°95 de 2015.[11] Selon cette procédure, l'utilisation de l'angle MAPE est recommandée à partir de la transition entre le stade 2 de la MPM (début de la poussée de croissance pubertaire) et le stade 3 (phase de déclin de la poussée de croissance pubertaire).[12]

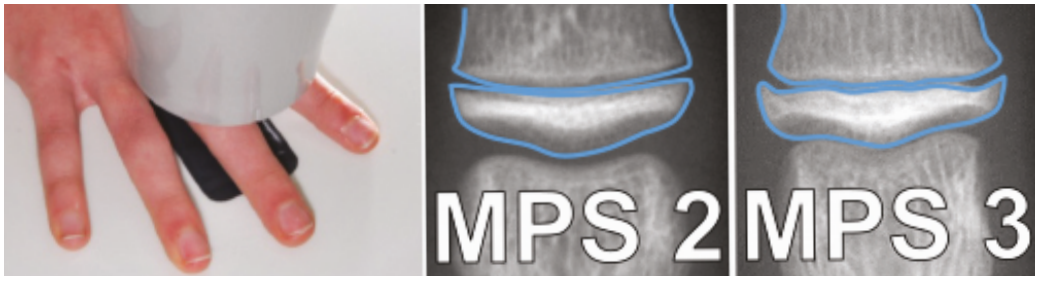


FIG. 1 - Exemple d'acquisition de radiographie MPM et étapes 2 et 3 (MPS2 et MPS3, respectivement).

2. CONCEPTION ET FABRICATION DE L'EXPANSION

2.1 Conception du disjoncteur en fonction de l'âge du patient et d'autres considérations techniques

Les disjoncteurs sur mini-vis peuvent être hybrides ou ostéo-portés. Les disjoncteurs hybrides sont ancrés à la fois à des mini-vis et aux dents (généralement deux mini-vis antérieures et les premières molaires). Certains disjoncteurs hybrides sont ancrés entièrement à des mini-vis (quatre sont fortement recommandées). Les disjoncteurs ostéo-portés à quatre mini-vis peuvent présenter une conception « traditionnelle » avec une vis centrale positionnée entre les mini-vis antérieures et postérieures, ou une conception « Duo » avec un disjoncteur positionné antérieurement et un autre postérieurement aux mini-vis (Fig. 2).

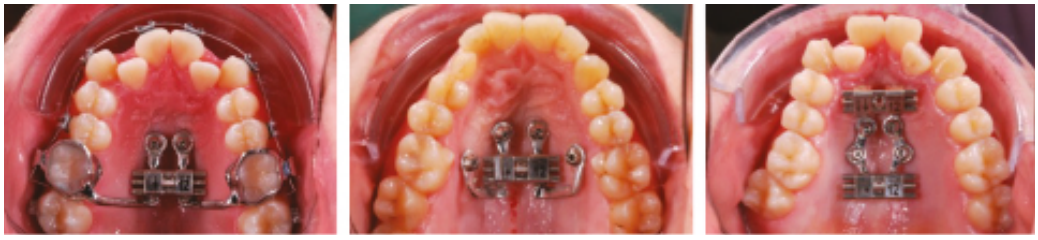


FIG. 2 - Exemples les plus courants de disjoncteurs à mini-vis

Enfin, lorsqu'on suspecte que l'ancrage par mini-vis est insuffisant, en raison d'une densité osseuse réduite ou de l'âge avancé du patient, des disjoncteurs hybrides à quatre mini-vis peuvent être utilisés, avec un ancrage supplémentaire sur plusieurs dents. Lors de la conception d'un disjoncteurs à deux mini-vis, il est recommandé d'opter systématiquement pour une version hybride afin d'éviter l'effet de flexion de la vis d'expansion (l'« effet banane »), qui rend l'activation impossible. Bien que cela ne soit pas clairement documenté dans la littérature, la majorité des disjoncteurs utilisés aujourd'hui sont des disjoncteurs hybrides à deux mini-vis (pour les patients jusqu'à 17 ans) et des disjoncteurs traditionnels à quatre mini-vis, de type ancrage osseux ou Duo (pour les adultes âgés d'environ 18 à 30 ans). Les auteurs recommandent également les disjoncteurs hybrides à 4 mini-vis pour les patients de plus de 30 ans.

Compte tenu des contraintes exercées par les disjoncteurs sur les mini-vis, il est également nécessaire de créer une structure très résistante reliant la ou les vis d'expansion aux mini-vis ou aux dents. Concernant la construction de cette structure, celle réalisée par fabrication additive (fusion laser sélective) en alliage Cr-Co s'est avérée supérieure à la structure analogique, en termes de répartition des contraintes sur les structures osseuses.[13]



FIG. 3 - Exemple de fracture intra-orale de la structure d'un disjoncteur sur mini-vis pendant la phase d'expansion active (avec l'aimable autorisation du Dr Ugo D'Aloja)

De plus, la zone de la structure la plus sujette aux fractures est celle proche de l'émergence de la vis d'expansion[14] comme indiqué sur la figure 3.
Pour cette raison, avec les technologies disponibles aujourd'hui, il est nécessaire d'avoir des structures renforcées qui peuvent éviter les fractures pendant les phases d'expansion (signalées pour les disjoncteurs hybrides non prototypés[15]). Pour répondre à ces besoins, la conception numérique des disjoncteurs est la seule option, la modélisation manuelle de bras aussi robustes étant impossible. C'est pourquoi le logiciel 3DLeoneDesigner a été développé ; il permet la conception de disjoncteurs hybrides et ostéo-articulaires dotés de structures renforcées et d'une vaste bibliothèque virtuelle de vis d'expansion.

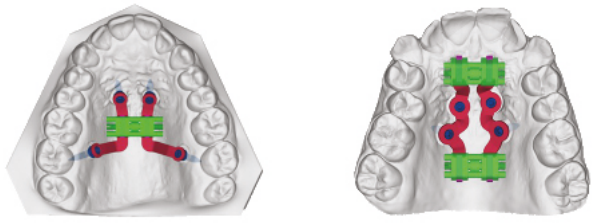


FIG. 4 - Exemple de disjoncteurs sur mini-vis à structures renforcées, conçus avec le logiciel 3DLeone Designer

Deux exemples de conception de mini-disjoncteurs à vis sont présentés sur la figure 4.

La conception correcte d'un disjoncteur à mini-vis ne peut reposer uniquement sur une structure renforcée. En effet, pour éviter la flexion de la vis d'expansion ou la déformation de la clé d'activation, la vis elle-même (et sa clé d'activation) doivent également être renforcées. À cette fin, une gamme de vis « CAD-CAM » est disponible dans le commerce (figures 5 et 6) et présente deux caractéristiques fondamentales :
1) elles sont dépourvues de bras et, à la place, possèdent des fentes qui accueillent précisément la structure prototypée (qui sera ensuite soudée au laser) ;
2) elles sont dotées d' une vis centrale et des guides plus larges pour supporter les charges des disjoncteurs à mini - vis.

Les procédures de conception et de construction décrites ci-dessus (ainsi que celles relatives au positionnement et à l'insertion des mini-vis) sont d'une importance fondamentale pour éviter divers problèmes[16] qui peuvent compromettre le succès du MAPE.



FIG. 5 - Détail de la vis CAD-CAM renforcée pour disjoncteurs à mini-vis avec fentes d'insertion relatives de la structure prototypée



FIG. 6 - Détail de la clé d'activation renforcée et de sa vis CAD-CAM

3. PROTOCOLE OPÉRATIONNEL

3.1. Planification de l'insertion guidée des mini-vis palatines

Une fois le traitement du patient par MAPE décidé, la première étape consiste à planifier la pose des mini-vis palatines. Bien que cette procédure ne soit pas obligatoire, elle est de plus en plus courante en raison de ses avantages évidents : simplicité et sécurité de la pose, possibilité de réaliser l'intervention et le montage du dispositif en une seule séance.

La planification est fortement indiquée dans les cas suivants :
1) Encombrement antérieur ;
2) Dents incluses ;
3) Palais très étroit ;
4) Muqueuse palatine très épaisse ;
5) Os palatin réduit ;
6) Lorsqu'il est nécessaire de réaliser un MAPE chez un adulte nécessitant un disjoncteur sur 4 mini-vis.

3.1.A Procédure de planification Leone

Pour planifier l'intervention avec le système Leone, le clinicien doit établir une ordonnance et y joindre les résultats diagnostiques, en les envoyant au laboratoire de référence ou directement au service numérique Leone (dsleone.it/). Il recevra ensuite le rapport de planification pour approbation ou pour toute modification. Enfin, le gabarit et le modèle correspondant lui seront envoyés. Dans le cas d'un protocole d'insertion en une seule séance, le dispositif sera également envoyé. Le clinicien peut également planifier lui-même l'insertion de la mini-vis à l'aide du logiciel Blue Sky Plan (www.blueskyplan.com).

3.1.B Dossier diagnostique et ordonnance

Les examens diagnostiques comprennent une tomographie volumique à faisceau conique (CBCT) du maxillaire et une numérisation du modèle maxillaire (qui peut également être obtenue à partir d'une empreinte physique sur demande auprès du laboratoire de référence). Le choix des examens diagnostiques à transmettre pour la planification (et de tout dispositif) dépend du nombre de minivis et d'autres spécificités liées au patient ou au traitement, comme indiqué dans le tableau ci-dessous. Enfin, la prescription doit inclure :
A) Âge du patient ;
B) Type de disjoncteur (2 ou 4 mini-vis, hybride ou à ancrage osseux) ;
C) Protocole en 1 ou 2 visites ;
D) Préférences de positionnement, si possible en fonction de l'anatomie des os de la mâchoire ;
E) Besoins spécifiques du traitement ou du patient.

3.1.C À quoi devrait ressembler l'empreinte ou le scan de l'arcade (Fig. 7)

Les empreintes peuvent être réalisées physiquement ou numériquement. Pour les empreintes physiques, l'utilisation de matériaux en silicone est recommandée ; il est important de vérifier l'absence d'étirements ou de bulles visibles. Pour les empreintes numériques, il est conseillé de sécher les surfaces dentaires, car la salive peut provoquer des bulles dans le négatif, susceptibles d'apparaître comme des artefacts sur le scan.
Quelle que soit la méthode d'empreinte, celle-ci doit englober la totalité du palais (les empreintes en forme d'arcade ne conviennent pas). L'expansion postérieure doit atteindre au moins les premières molaires si l'on prévoit la pose de deux mini-vis, et les deuxièmes molaires si l'on prévoit la pose de quatre mini-vis (ou une corticopuncture). Bien que l'arcade antagoniste en occlusion ne soit pas indispensable, elle peut s'avérer très utile pour vérifier tout pré-contact du disjoncteur lors de la fermeture. Par conséquent, elle reste fortement recommandée dans les protocoles en une seule séance ou comme seconde empreinte dans les protocoles en deux séances.

3.1.D À quoi devrait ressembler le CBCT (Fig. 8)

Le CBCT doit être au format DICOM. La création de fichiers DICOM nécessite une procédure d'exportation spécifique depuis le logiciel d'acquisition radiographique. Si les fichiers sont simplement enregistrés (sans exportation), ils sont généralement au format natif (c'est-à-dire un format spécifique lisible uniquement par le logiciel qui les a générés). Le CBCT doit inclure la totalité du palais et, dans le plan sagittal, s'étendre jusqu'au plancher nasal afin de visualiser l'épaisseur osseuse complète disponible pour l'insertion des mini-vis.

Si l'examen est tronqué en haut, il ne sera pas possible de déterminer la bicorticalité des mini-vis (voir paragraphe suivant). Concernant la résolution, une valeur de voxel d'au moins 0,3 mm^3 par dimension est préférable, bien que des valeurs de 0,40 mm^3 restent acceptables.

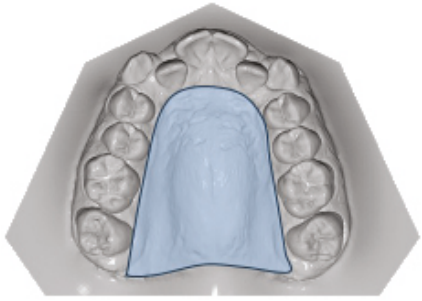


FIG. 7 - Exemple de scan de l'arcade supérieure pour la planification de l'insertion de mini-vis palatines

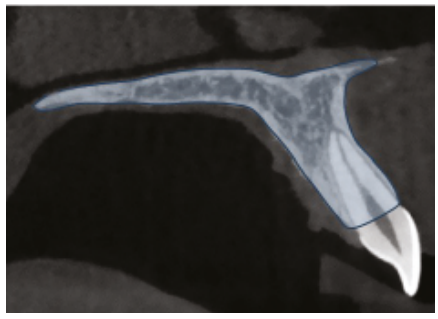


FIG. 8 - Exemple de CBCT de l'arcade supérieure pour la planification de l'insertion de mini-vis palatines

3.1.E Raisons pour lesquelles il est préférable d'utiliser une CBCT plutôt qu'une téléradiographie crânienne

Bien qu'elle réduise l'irradiation absorbée, l'utilisation de la téléradiographie crânienne en incidence latéro-latérale (Télé-LL) présente des limitations importantes lors de la planification d'une MAPE.

Il est bien établi que la Télé-LL présente plusieurs limitations, notamment :
A) L'incertitude quant à l'insertion de la bicorticalité des mini-vis (environ 40 % des mini-vis restant monocorticales) ;
B) Incertitude quant à la détermination de la position du canal rétro-incisif (environ 25% des mini-vis le traversant) ;
C) Impossibilité de localiser précisément les dents incluses ;
D) Impossibilité de poser des mini-vis postérieures lorsque cela est nécessaire.[17]

Lorsque la réduction de l'irradiation impose un examen téléradiologique (Tele-LL) plutôt qu'une tomographie volumique à faisceau conique (CBCT), il est conseillé de réaliser une évaluation préliminaire afin de déterminer la nécessité réelle d'une CBCT. Si celle-ci s'avère nécessaire, elle peut être effectuée à faible dose, avec une résolution spatiale allant jusqu'à 0,5 mm^3 et un champ de vision réduit.

3.2 Indications pour le choix de la configuration du disjoncteur à mini-vis en fonction de l'âge du patient et d'autres considérations anatomiques

3.2.A Choix entre 2 et 4 mini-vis

Bien qu'il n'existe actuellement aucune recommandation spécifique, il est courant et bien documenté que chez les adolescents (jusqu'à environ 17 ans), les disjoncteurs hybrides à deux mini-vis soient suffisants pour la phase d'expansion active et la phase de contention. Par conséquent, chez les patients jusqu'à environ 17 ans, le disjoncteur hybride de choix est celui à deux mini-vis. À partir de 18 ans, les disjoncteurs à ancrage osseux ou les disjoncteurs hybrides à quatre mini-vis (pour les patients de plus de 30 ans environ) sont préférables.

3.2.B Site d'insertion et stabilité

Bien que le palais soit considéré comme une zone riche en os et dépourvue de structures vasculaires ou nerveuses importantes (à l'exception de l'artère naso-palatine)[18-21], l'ensemble du palais n'est pas adapté à l'insertion de mini-vis. À ce jour, plusieurs études ont été menées sur la zone optimale d'insertion de mini-vis, allant de données initiales issues d'un nombre limité de cas[20] à des études plus complètes[18,19,22,23,] tant sur le plan de l'anamnèse que de la méthodologie. Toutes ces études s'accordent à dire que la région antérieure du palais, correspondant au troisième repli palatin, est la zone la plus appropriée pour l'insertion de mini-vis, en raison de la quantité d'os et de la faible épaisseur de la muqueuse (environ 3 mm[20]) (Fig. 9).

Une revue de la littérature plus récente[2] s'est intéressée au taux de survie des mini-vis en fonction du site d'insertion. Cette étude[2], portant sur un total de 13 articles, a démontré que seul un faible pourcentage de mini-vis échoue, allant de 1,3% (pour la ligne médiane) à 5,5% (pour la zone entre la prémolaire et la molaire ; Fig. 10). D'après la littérature actuelle, la zone paramédiane antérieure (à environ 4-5 mm de la ligne médiane) constitue la première option optimale pour l'insertion de mini-vis palatines, et la zone postérieure entre la deuxième prémolaire et la première molaire (au niveau interradiculaire) la seconde.

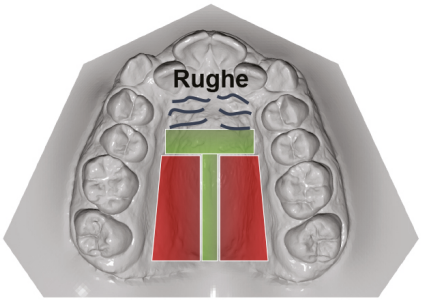


FIG. 9 - Sites d'insertion des mini-vis palatines. Les zones optimales sont représentées en vert, les zones non optimales dues à une insuffisance osseuse en rouge. (Modifié d'après Wilmes et al. 2016)[21]

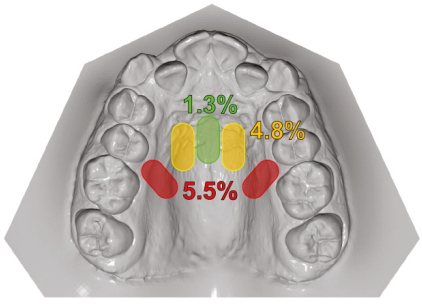


FIG. 10 - Taux d'échec des mini-vis palatines en fonction du site d'insertion (modifié d'après Mohammed et al.24)

Dans la partie postérieure du palais, la zone située entre la prémolaire et la molaire, bien que réputée pour sa faible densité osseuse, peut être considérée comme utilisable. Il convient de noter que, dans cette zone, les mini-vis doivent parfois être placées au plus près des racines dentaires (voire interradiculaires) en raison de la finesse de l'os palatin postérieur (Fig. 11).

Les mêmes études[18,22,23] indiquent cependant qu'il existe une grande variabilité anatomique individuelle et que, par conséquent, les règles générales de référence anatomique (par exemple, les troisièmes plis palatins) ne peuvent pas être valides dans tous les cas. Cette variabilité individuelle pourrait expliquer les taux d'échec rapportés pour les mini-vis implantées à différents endroits du palais.[24]

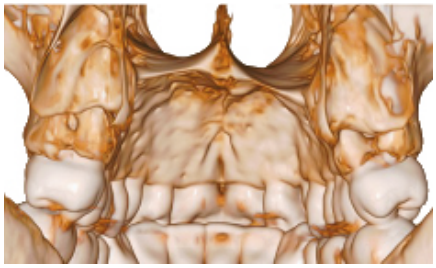


FIG. 11 - Exemple de réduction de l'épaisseur osseuse dans la région postérieure du palais

3.2.C « Pilotage par appareil » et « Pilotage par anatomie » : 2 visions opposées du placement des mini-vis

Actuellement, deux concepts opposés existent pour la mise en place de mini-vis dans le cadre d'une expansion palatine mini-invasive (MAPE) (Fig. 12). Dans le premier cas, un disjoncteur hybride identique pour tous les patients est utilisé.[25] Le disjoncteur lui-même, une fois cimenté, sert de guide pour l'insertion de quatre mini-vis paramédianes dans le palais postérieur (généralement dans la région prémolaire et molaire). Ainsi, la position des mini-vis est guidée par le dispositif (Eng. “Appliance-driven”) et ne peut être adapté à chaque patient. De plus, sa taille ne peut être modifiée ni repositionnée, même en cas de palais étroit et profond.

Dans le second cas, l'insertion des mini-vis précède l'assemblage du dispositif. Lors de la planification, le positionnement des mini-vis est déterminé en fonction de l'anatomie spécifique du patient (approche «anatomique»), selon les règles décrites cidessous. Le disjoncteur est ensuite conçu pour s'adapter au positionnement des mini-vis et à l'anatomie palatine. Par exemple, pour les palais étroits et profonds, les vis d'expansion peuvent être placées en avant et/ou en arrière des mini-vis. Cette procédure permet une individualisation précise du traitement en insérant les mini-vis dans les zones de plus grande fiabilité et donc de plus grande stabilité. Le concept basé sur un appareil est certes plus simple à mettre en oeuvre, mais il est limité par la standardisation de la procédure et par la nécessité d'insérer des mini-vis dans la partie postérieure du palais.
Comme indiqué précédemment, cette zone est généralement celle où la quantité d'os disponible est la plus faible (Fig. 9) et n'est pas recommandée comme site d'insertion (Fig. 12).[20,21]

Comme le montre la figure 12, l’approche anatomique peut être adaptée à toutes les situations. La nécessité d’une approche individualisée s’explique par la grande variabilité anatomique du maxillaire[18,22,23], notamment de sa partie postérieure. Une série de cas cliniques, présentés dans la figure 13, illustre clairement la variabilité anatomique de cette région : une planification MAPE a été réalisée sur quatre mini-vis.

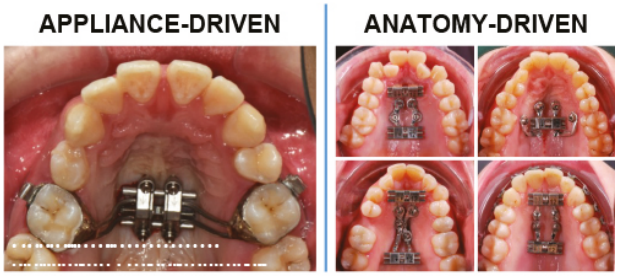


FIG. 12 - Représentation comparative du MAPE avec les approches basées sur l’appareil et sur l’anatomie



FIG. 13 - Exemples de planification pour 4 mini-vis bicorticales de longueur maximale. On observe une variabilité interindividuelle importante, tant au niveau du positionnement des mini-vis que de leur longueur (de 7 à 13 mm, selon les couleurs).

Comme on peut le constater, alors que les mini-vis antérieures ont des positions similaires d'un cas à l'autre, on ne peut pas en dire autant, des vis postérieures qui ont des positions et des longueurs différentes (représentées par les différentes couleurs des mini-vis).

3.2.D Positionnement et sélection des mini-vis

Les mini-vis peuvent être insérées de façon monocorticale ou bicorticale. L'insertion bicorticale signifie que l'extrémité de la mini-vis entre en contact avec la seconde corticale (le plancher de la cavité nasale ou le plancher du sinus maxillaire). Les mini-vis bicorticales sont actuellement considérées comme plus fiables que les monocorticales.

Une étude par éléments finis[2] a démontré qu'une mini-vis bicorticale résiste bien mieux à la charge qu'une mini-vis monocorticale, tandis que la perforation de la seconde corticale ou un dépassement de 2 mm n'apporterait aucune résistance supplémentaire et, par conséquent, aucun avantage[2]. Ayant établi qu'une bicorticalité minimale correspond à une mini-vis traversant une corticale pour entrer en contact avec l'autre, il est évident qu'une telle condition exige une planification minutieuse de l'insertion à l'aide d'une CBCT.

À notre connaissance, il n'existe actuellement qu'une seule étude[27] sur des patients qui a évalué le degré d'expansion maxillaire obtenu par des disjoncteurs ancrés sur des mini-vis bicorticales par rapport aux mini-vis monocorticales. Cette étude[2] a démontré qu'une expansion plus importante était obtenue avec au moins deux mini-vis bicorticales (sur quatre insérées).

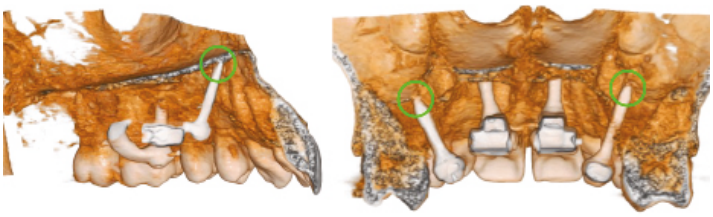


FIG. 14 - Exemple de positionnement optimal, selon un protocole anatomique, des dispositifs d'ancrage temporaire antérieurs et postérieurs pour un protocole MAPE.
Remarquez la bicorticalité des dispositifs d'ancrage temporaire.

Ce résultat confirme l'opinion largement répandue selon laquelle le placement bicortical est fortement préférable dans les cas d'expansion palatine (en particulier chez l'adulte) où les forces exercées par les mini-vis sont significatives.
Une note spécifique concerne les études[28,29] dans lesquelles un protocole basé sur un appareil a été appliqué, impliquant l'insertion de mini-vis palatines paramédianes postérieures dans une zone d'os maxillaire très réduit.
En définitive, au stade actuel, la bicorticalité est certainement recommandée pour le MAPE.
Un exemple d'insertion optimale de mini-vis pour un MAPE est présenté sur la figure 14.

Des données récentes ont montré que deux autres facteurs liés au choix des dispositifs d'ancrage temporaire (TAD) peuvent influencer leur stabilité. L'un d'eux est la longueur des TAD ; en effet, il a été rapporté que les TAD plus longs offrent une expansion occlusale maximale (EOM) plus efficace (avec des effets squelettiques plus importants) que la même thérapie réalisée avec des TAD plus courts.[30] Une autre étude intéressante,[31] bien qu'in vitro et portant sur des TAD vestibulaires, a démontré que plus le diamètre est grand, plus la résistance aux contraintes mécaniques est importante. C'est pourquoi les TAD palatins devraient avoir un diamètre d'au moins 2 mm (contre moins pour les TAD vestibulaires).



FIG. 15 - Exemple d'identification du sillon ptérygo-palatin sur CBCT. Notez la taille importante du sillon au niveau des deuxièmes molaires.

Au vu de ces éléments, on peut conclure que, lors de la planification d'une EOM, il est préférable d'utiliser des TAD bicorticaux, mais également ceux présentant le diamètre le plus long et le plus large possible.

Enfin, lors de la planification de la pose de mini-implants postérieurs, il est nécessaire de prendre en compte des structures anatomiques importantes telles que les racines dentaires (dans le cas de mini-implants interfaciales entre prémolaires et molaires) ou l'artère et le nerf grand palatins (dans le cas de mini-implants non interdiculaires). Une insertion sûre requiert une localisation individualisée du sillon ptérygo-palatin où cheminent l'artère et le nerf[32], ce qui est possible grâce à l'analyse de la CBCT. Ce sillon est particulièrement

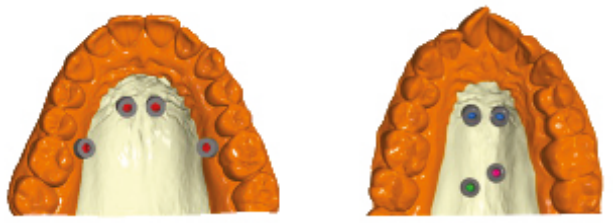


FIG. 16 - Schéma de positionnement des mini-vis postérieures pour éviter tout contact avec l'artère et le nerf grand palatin

large au niveau des deuxièmes molaires (Fig. 15) et devient moins marqué dans les secteurs antérieurs.
Les dispositifs d'ancrage temporaire postérieurs (TAD) placés entre la deuxième prémolaire et la première molaire, près des apex radiculaires, ainsi que les TAD situés sur la voûte palatine, n'impliquent généralement pas l'artère palatine ni le nerf grand palatin ; ces positions sont donc à privilégier. Par conséquent, les TAD postérieurs peuvent être placés en toute sécurité entre la deuxième prémolaire et la première molaire au niveau interradiculaire, ou en position paramédiane (à environ 3-4 mm du raphé médian) (Fig. 16). Des exceptions à cette règle ne peuvent être faites qu'après une planification avec CBCT où le sillon ptérygopalatin est clairement visible.

3.2.E Liste des variables clés à prendre en compte pour l'approbation du plan

Compte tenu de ce qui précède, lors de l'évaluation d'un plan d'insertion de mini-vis palatines nécessaires à une expansion orthopédique, les variables énumérées ci-dessous doivent être prises en compte :

a. Disponibilité de mini-vis de différentes longueurs
b. Quantité d'os disponible et épaisseur de la muqueuse
c. Monocorticalité ou bicorticalité (cette dernière étant préférable)
d. Espace requis dans le palais pour la construction du dispositif
e. Possibilité d'accès de la pièce à main à la cavité buccale en fonction de l'inclinaison et de la longueur des mini-vis (moins les mini-vis sont inclinées par rapport au plan d'occlusion et/ou plus leur longueur est grande, plus l'ouverture requise par le patient est importante)
f. Concernant les mini-vis antérieures : emplacement et taille du foramen rétro-incisif
g. Concernant les mini-vis interradiculaires postérieures : distance des racines et tout mouvement de ces dents pendant la phase d'ancrage palatin
h. Concernant les mini-vis postérieures non interradiculaires :
A) Nerf et artère grand palatins (situés au niveau du sillon grand palatin) ;
B) Profondeur du palais et possibilité relative d'insertion adéquate de la pièce à main.

(SUITE DANS LA SECONDE PARTIE)

BIBLIOGRAPHIE

1. *Perinetti G, Cordella C, Pellegrini F, Esposito P. The prevalence of malocclusal traits and their correlations in mixed dentition children: results from the Italian OHSAR Survey. Oral Health Prev Dent 2008;6:119-29.*
2. *Franchi L, Baccetti T, McNamara JA. Postpubertal assessment of treatment timing for maxillary expansion and protraction therapy followed by fixed appliances. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2004;126:555-68.*
3. *Perinetti G, Contardo L. Radiographic growth indicators: The issue of diagnostic reliability and clinical feasibility. South Eur J Orthod Dentofac Res 2017;4:48-49.*
4. *Jensen T, Johannesen LH, Rodrigo-Domingo M. Periodontal changes after surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME). Oral Maxillofac Surg 2015;19:381-6.*
5. *Lee KJ, Park YC, Park JY, Hwang WS. Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2010;137:830-9.*
6. *Winsauer H, Walter A, Katsaros C, Ploder O. Success and complication rate of miniscrew assisted non-surgical palatal expansion in adults - a consecutive study using a novel force-controlled polycyclic activation protocol. Head Face Med 2021;17:50.*
7. *Kapetanovic A, Theodorou CI, Berge SJ, Schols J, Xi T. Efficacy of Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE) in late adolescents and adults: a systematic review and meta-analysis. Eur J Orthod 2021;43:313-23.*
8. *Zeng W, Yan S, Yi Y, Chen H, Sun T, Zhang Y, et al. Long-term efficacy and stability of miniscrew-assisted rapid palatal expansion in mid to late adolescents and adults: a systematic review and meta-analysis. BMC Oral Health 2023;23:829.*
9. *Meirelles CM, Ferreira RM, Suzuki H, Oliveira CB, Souza de Jesus A, Garcez AS, et al. Analysis of factors associated with the success of microimplant-assisted rapid palatal expansion. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2023;164:67-77.*
10. *Perinetti G, Sbardella V, Contardo L. Diagnostic reliability of the third finger middle phalanx maturation (MPM) method in the identification of the mandibular growth peak. Eur J Orthod 2017;39:194-201.*
11. *Perinetti G, Favaretto N, Villani B, Di Mauro E, Contardo L. Un semplice metodo di valutazione della maturazione scheletrica secondo la Scuola di Specializzazione di Trieste. Bollettino di Informazione Leone 2015;95:12-15.*
12. *Perinetti G, Franchi L, Contardo D. Determination of timing of functional and interceptive orthodontic treatment: A critical approach to growth indicators. J World Fed Orthod 2017;6:93-97.*
13. *Bocklet M, Ahmadi F, Tremont T, Ross L, Yao H, Andrade I, Jr. Comparison of 3D-printed and laboratory-fabricated Hyrax on stress distribution and displacement of the maxillary complex: a 3D finite element study. Prog Orthod 2024;25:11.*
14. *Ludwig B, Baumgaertel S, Zorkun B, Bonitz L, Glasl B, Wilmes B, et al. Application of a new viscoelastic finite element method model and analysis of miniscrew-supported hybrid hyrax treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2013;143:426-35.*
15. *Canan S, Senisik NE. Comparison of the treatment effects of different rapid maxillary expansion devices on the maxilla and the mandible. Part 1: Evaluation of dentoalveolar changes. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2017;151:1125-38.*
16. *Ludwig B, Biondi G, Iodice G, Aghazada H, Perrotta S. Boneborne maxillary expansion: A clinical report of potential challenges. J Clin Orthod 2024;58:22-28.*
17. *Perinetti G, Primozic J. Reliability and safety of miniscrew insertion planning with the use of lateral cephalograms assessed on corresponding cone-beam computer tomography images. Eur J Orthod 2024;46.*
18. *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;156:345-54.*
19. *Holm M, Jost-Brinkmann PG, Mah J, Bumann A. Bone thickness of the anterior palate for orthodontic miniscrews. Angle Orthod 2016;86:826-31.*
20. *Ludwig B, Glasl B, Bowman SJ, Wilmes B, Kinzinger GS, Lisson JA. Anatomical guidelines for miniscrew insertion: palatal sites. J Clin Orthod 2011;45:433-41.*
21. *Wilmes B, Ludwig B, Vasudavan S, Nienkemper M, Drescher D. The T-Zone: Median vs. Paramedian Insertion of Palatal Mini-Implants. J Clin Orthod 2016;50:543-51.*
22. *Bourassa C, Hosein YK, Pollmann SI, Galil K, Bohay RN, Holdsworth DW, et al. In-vitro comparison of different palatal sites for orthodontic miniscrew insertion: Effect of bone quality and quantity on primary stability. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2018;154:809-19.*
23. *Poorsattar-Bejeh Mir A, Haghanifar S, Poorsattar-Bejeh Mir M, Rahmati-Kamel M. Individual scoring and mapping of hard and soft tissues of the anterior hard palate for orthodontic miniscrew insertion. J Investig Clin Dent 2017;8.*
24. *Mohammed H, Wafaie K, Rizk MZ, Almuzian M, Sosly R, Bearn DR. Role of anatomical sites and correlated risk factors on the survival of orthodontic miniscrew implants: a systematic review and meta-analysis. Prog Orthod 2018;19:36.*
25. *Carlson C, Sung J, McComb RW, Machado AW, Moon W. Microimplant-assisted rapid palatal expansion appliance to orthopedically correct transverse maxillary deficiency in an adult. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2016;149:716-28.*
26. *Lee RJ, Moon W, Hong C. Effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on bone-borne palatal expansion using finite element analysis. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2017;151:887-97.*
27. *Li N, Sun W, Li Q, Dong W, Martin D, Guo J. Skeletal effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on maxillary expansion using cone-beam computed tomography in young adults. Am J Orthod Dentofacial Orthop*

2020;157:651-61.
28. *Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Mallya SM, Moschik C, Pan HC, Miller J, et al. Changes in the midpalatal and pterygopalatine sutures induced by micro-implant-supported skeletal expander, analyzed with a novel 3D method based on CBCT imaging. Prog Orthod 2017;18:34.*
29. *Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Moschik C, Sfogliano L, Elkenawy I, Pan HC, et al. Zygomaticomaxillary modifications in the horizontal plane induced by micro-implant-supported skeletal expander, analyzed with CBCT images. Prog Orthod 2018;19:41.*
30. *Choi EA, Lee KJ, Choi SH, Jung HD, Ahn HJ, Deguchi T, et al. Skeletal and dentoalveolar effects of miniscrew-assisted rapid palatal expansion based on the length of the miniscrew: a randomized clinical trial. Angle Orthod 2023;93:390-97.*
31. *Morarend C, Qian F, Marshall SD, Southard KA, Grosland NM, Morgan TA, et al. Effect of screw diameter on orthodontic skeletal anchorage. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2009;136:224-9.*
32. *Tavelli L, Barootchi S, Ravida A, Oh TJ, Wang HL. What Is the Safety Zone for Palatal Soft Tissue Graft Harvesting Based on the Locations of the Greater Palatine Artery and Foramen? A Systematic Review. J Oral Maxillofac Surg 2019;77:271 e1-71 e9.*