



HAL
open science

Évaluation du volume osseux palatin chez les patients bénéficiant de distraction orthopédique assistée par minivis

Mehdi Sersab

► **To cite this version:**

Mehdi Sersab. Évaluation du volume osseux palatin chez les patients bénéficiant de distraction orthopédique assistée par minivis. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-03549627

HAL Id: dumas-03549627

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03549627v1>

Submitted on 31 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.



UNIVERSITÉ DE PARIS
FACULTÉ DE SANTÉ
UFR D'ODONTOLOGIE - MONTROUGE

Année 2021

N° M011

THÈSE
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE
Présentée et soutenue publiquement le : 23 février 2021

Par

Mehdi SERSAB

**Évaluation du volume osseux palatin chez les patients bénéficiant
de distraction orthopédique assistée par minivis**

Dirigée par M. le Docteur Pascal Garrec

JURY

Mme le Professeur Élisabeth Dursun

Président

M. le Docteur Pascal Garrec

Assesseur

Mme le Docteur Malika Benhamed

Assesseur

M. le Docteur Justin Oosthoek

Assesseur



Remerciements

À Mme le Professeur Élisabeth Dursun ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Ancien Interne des Hopitaux ; Docteur de l'Université Paris 13 ; Habilitée à Diriger des Recherches ; Professeur des Universités, UFR d'Odontologie – Montouge ; Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hopitaux de Paris

Vous avez été une source d'inspiration par votre gentillesse et votre force de travail, c'est donc un grand honneur pour moi de vous avoir en tant que Présidente de ce jury de soutenance de thèse d'exercice. Par ce travail, veuillez trouver l'expression de ma sincère gratitude et de mon profond respect.

À M. le Docteur Pascal Garrec ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Spécialiste qualifié en Orthopédie dento-faciale ; Maître de Conférences des Universités, UFR d'Odontologie - Garancière ; Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hopitaux de Paris

Pour avoir accepté de diriger ce travail. Je vous remercie pour votre ouverture d'esprit, votre bienveillance et l'humanisme dont vous faites preuve. Veuillez trouver l'expression de toute ma gratitude et de mon profond respect.

À Mme le Docteur Malika Benhamed ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Spécialiste qualifiée en Orthopédie dento-faciale ; Docteur de l'Université de Nantes ; Maître de Conférences des Universités, UFR d'Odontologie - Montrouge ; Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hopitaux de Paris

Pour m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury. Je vous remercie pour vos interventions toujours aussi lumineuses pendant les séminaires inter-facultés ainsi que votre bienveillance. Soyez assurée de ma profonde gratitude et de tout mon respect.

À M. Docteur Justin Oesthoek ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Assistant Hospitalo-Universitaire, UFR d'Odontologie - Montrouge

Je te remercie de m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury. Ta joie de vivre et ton sourire permanent sont à la hauteur de ton parcours exemplaire. Je te prie de trouver l'expression de ma sincère gratitude et amitié.

Résumé et indexation en français et anglais

Résumé :

Les progrès récents de l'imagerie tridimensionnelle (notamment la tomographie volumique à faisceaux coniques ou CBCT) nous permettent d'explorer le degré d'ossification des sutures palatines (en particulier la suture médiane) et de procéder, le cas échéant, à une distraction orthopédique. Assistée par mini-vis, cette thérapeutique nous impose un choix raisonné d'évaluation des conditions anatomiques locales (épaisseur de la corticale palatine, situation du septum nasal...). C'est dans ce cadre que nous nous proposons de discuter des paramètres les plus pertinents de l'examen radiologique pour la pose de mini-vis palatines. Après un bref rappel anatomique de la région palatine, nous proposons une démarche raisonnée de l'évaluation quantitative cette corticale, des sites idéaux d'implantation ainsi que des précautions à considérer pour minimiser le risque d'échec inhérent à la technique.

Discipline ou spécialité :

Orthopédie dento-faciale

Mots clés français (fMeSH et Rameau) :

fMeSH : Ostéogenèse par distraction ; Palais osseux

Rameau : Orthodontie ; Tomographie volumétrique à faisceau conique

Forme ou Genre :

fMeSH : Dissertation universitaire

Rameau : Thèses et écrits académiques

Abstract :

Recent advances in three-dimensional imaging (especially cone-beam volume tomography or CBCT) allow us to explore the degree of ossification of the palatal sutures (especially the midline suture) and to proceed, if necessary, to an orthopedic distraction. Assisted by mini screws, this procedure requires us to make a reasoned choice to assess local anatomical conditions (thickness of the palatal cortical bone, location of the nasal septum, etc). In this context, we propose to discuss the most relevant parameters of the radiological examination for the installation of palatal mini-screws. After a brief anatomical review of the palatal region, we suggest a reasoned approach for the quantitative evaluation of this cortical, ideal implantation sites as well as precautions to be considered to minimize the risk of failure inherent in the technique.

Branches or specialty :

Orthodontics

English keywords (MeSH) :

Osteogenesis, Distraction ; Palate, Hard

Publication type (MeSH) :

Academic Dissertation

Liste des abréviations

- BNI : Bourgeon Nasal Interne
- BNE : Bourgeon Nasal Externe
- MSE : Maxillary Skeletal Expander
- CBCT : Cone Beam Computed Tomography
- RME : Rapid Maxillary Expansion
- UD : Up Dental
- UCLA : University of California, Los Angeles
- MC : Mono-Cortical
- BC : Bi-Cortical
- AJO-DO : American Journal of Orthodontics and Dentofacial orthopedics

Table des matières

Introduction.....	3
1 : Anatomie de la voute palatine	4
1.1 Paroi supérieure.....	4
1.1.1 Le palais osseux	4
1.2 Le palais mou	6
1.2.1 L'isthme du gosier	7
1.2.2 Les muscles du palais et du gosier	7
1.2.3 Innervation	7
2 : Le développement de l'os maxillaire et ses caractéristiques	8
2.1 Embryologie.....	8
2.2 Ossification	8
2.3 Croissance et maturation.....	10
3 : Qualité de l'os palatin	13
3.1 Le ratio tissu dur/tissu total.....	14
3.2 Le ratio tissu sutural/tissu total	14
3.3 Mesures quantitatives sur pieces anatomiques sous microscope optique	16
4 : La distraction à ancrage osseux	18
4.1 La distraction maxillaire rapide : principe.....	18
4.2 Le distracteur maxillaire à ancrage osseux	19
4.3 Etude de faisabilité de la distraction maxillaire selon l'age	19
4.4 Maxillary Skeletal Expander (version 2)	20
4.4.1 Montage au laboratoire du Maxillary Skeletal Expander	21
4.3.2 Pose du MSE (version 2) et adaptation en bouche	22
4.5 Ancrage mono-cortical versus ancrage bi-cortical.....	23
5 : Étude clinique.....	26

5.1 Matériels et méthodes	26
5.2 Résultats.....	28
6 : Discussion	31
6.1 Zone de sureté d'implantation des minivis palatines	32
6.1.1 Le MSE et zones de sureté.....	33
6.2. Conclusion	34
Bibliographie	35
Table des figures.....	39
Table des tableaux.....	40
Annexes.....	41
Madame K, 15 ans	41
Monsieur Eric G. 18 ans	43
Madame Emeline C. 22 ans	45
Monsieur Eka G. 19 ans.....	47
Monsieur Adrien N. 23 ans.....	49

Introduction

Les minivis orthodontiques sont aujourd'hui l'outil le plus utilisé dans les cas d'ancrages temporaires grâce à de nombreux avantages tels que la pose et la dépose chirurgicales simples ainsi qu'un prix modeste.

Cependant, si la stabilité primaire n'est pas parfaitement obtenue, la pérennité de la minivis durant le traitement est compromise.

La région palatine médiane et paramédiane comportent des sites potentiels d'insertion de par l'absence d'éléments nobles (vaisseaux sanguins, trajets nerveux) importants. Par conséquent, ces régions sont relativement sûres pour les traitements orthodontiques nécessitant l'emploi de minivis. Cependant il faut être prudent aux structures anatomiques à proximité comme la cavité nasale ou le canal naso-palatin dans le palais antérieur.

La connaissance précise de la topographie palatine, de son anatomie ainsi que la qualité osseuse permettent de diminuer les risques d'échec d'implantation dans cette région.

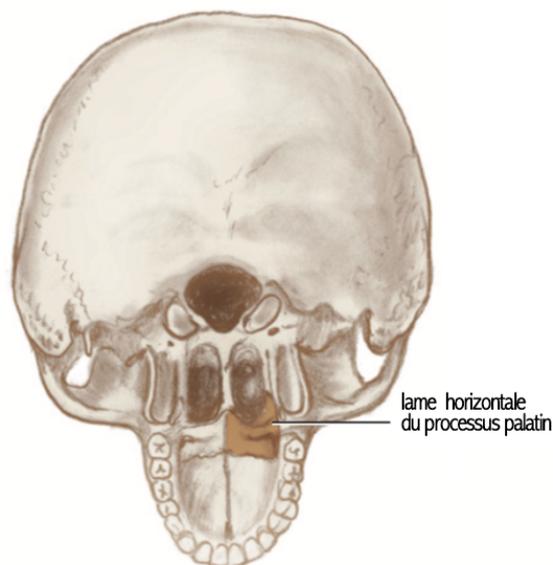
1 : Anatomie de la voute palatine

1.1 Paroi supérieure

Paroi supérieure de la cavité buccale, la voute palatine est constituée du **palais dur**, osseux, qui se prolonge en arrière par le **palais mou**, fibro-musculaire qui se termine par le voile du palais (uvule palatine).

1.1.1 Le palais osseux

Figure 1 : Situation de l'os palatin dans le massif craniofacial



Source : Netter, *Atlas d'anatomie humaine*, 2019.

Il sépare les cavités nasale et buccale. Il est constitué du processus palatin du maxillaire et de la lame horizontale du palatin, recouverts sur sa face supérieure par la muqueuse nasale, et sur la face inférieure, par la muqueuse buccale.

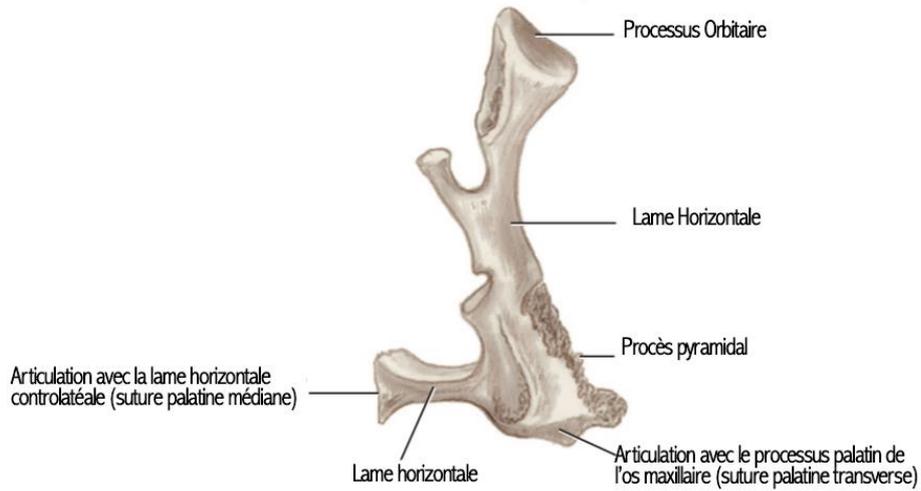
Il présente une saillie médiane longitudinale, le raphé du palais.

Le palais osseux est l'union de deux pièces osseuses :

La lame horizontale de l'os palatin (1/3 postérieur)

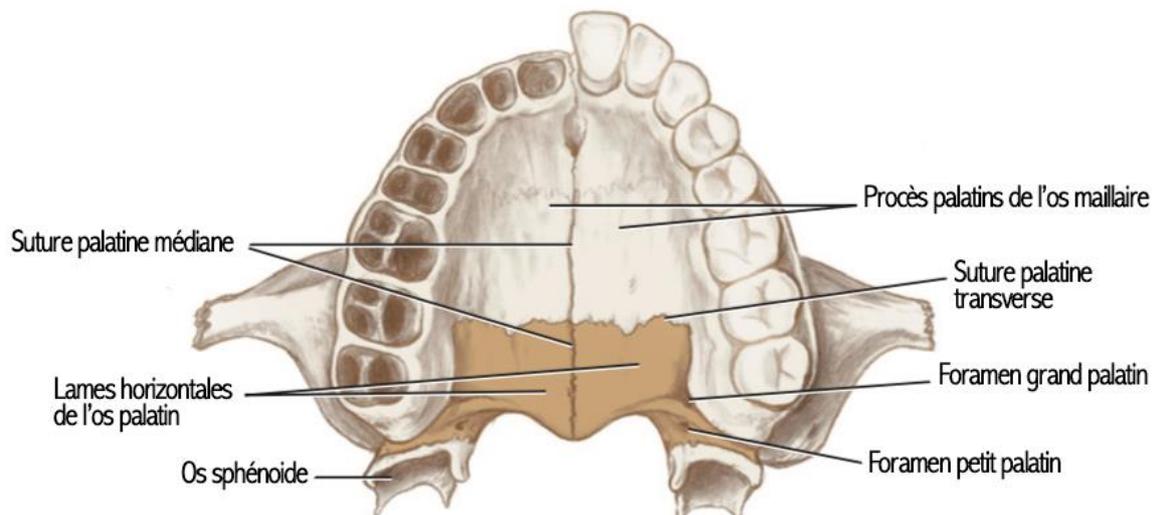
Le processus palatin de l'os maxillaire (2/3 antérieurs)

Figure 2 : Anatomie de l'os palatin



Source : Netter, *Atlas d'anatomie humaine*, 2019.

Figure 3 : Anatomie de l'os maxillaire (vue caudale) et son rapport avec l'os palatin



Source : Netter, *Atlas d'anatomie humaine*, 2019.

1.2.1 L'isthme du gosier

Ouverture entre la cavité buccale et le pharynx, il est limité par le palais mou, en haut, la fosse tonsillaire, latéralement, et la racine de la langue en bas.

1.2.2 Les muscles du palais et du gosier

Le muscle élévateur du voile du palais (= péristaphylin interne) : de la partie pétreuse du temporal à l'aponévrose palatine.

Le muscle tenseur du voile du palais (= péristaphylin externe) : du sphénoïde à l'aponévrose palatine

Le muscle uvulaire (= azygos de la luette) de l'épine nasale postérieure à l'aponévrose palatine

Le muscle palato-glosse (= glosso-staphylin) de l'aponévrose palatine à la langue

Le muscle palato-pharyngien (= staphylo-pharyngien) de l'aponévrose palatine à l'hamulus ptérygoïdien et au cartilage de la trompe auditive.

1.2.3 Innervation

A l'exception du muscle tenseur du voile du palais, innervé par le nerf mandibulaire, tous les muscles du palais sont innervés par le nerf vague.

2 : Le développement de l'os maxillaire et ses caractéristiques

Le développement transversal du maxillaire est décrit par plusieurs théories physiologiques et embryologiques. Nous allons tenter de déterminer les principaux facteurs déterminant cette croissance, nous donnant ainsi les clés nécessaires pour agir efficacement à travers nos thérapeutiques.

2.1 Embryologie

L'extrémité céphalique présente vers le 25ème jour in-utero un bourgeon naso-frontal sous lequel se situe une large fente, l'ouverture du stomodeum. Ce bourgeon formera trois bourgeons : l'un médian, le bourgeon nasal interne (BNI) et, latéralement, deux bourgeons nasaux externes (BNE). Le plancher du stomodeum est formé par la partie supérieure du premier arc branchial. De chaque côté et en regard du bourgeon naso-frontal émerge un bourgeon maxillaire. ¹

Jusqu'à ce moment le stomodeum est une cavité bucco-nasale unique. Par un phénomène de bourgeonnement mésodermique, les BNE droit et gauche prolifèrent et se rapprochent du BNI formant ainsi le bourgeon nasal primaire.

Secondairement les BNE prolifèrent de chaque côté et émettent un prolongement, les processus palatins, qui vont s'accoler sur la ligne médiane et se souder pour former le palais secondaire. Celui-ci sépare la cavité nasale de la cavité buccale. Ce palais est terminé vers la 10ème semaine.

2.2 Ossification

Le maxillaire est un os membraneux qui va s'édifier en dehors et au contact du chondrocrâne cartilagineux. Deux points d'ossification apparaissent dans chaque maxillaire droit et gauche :

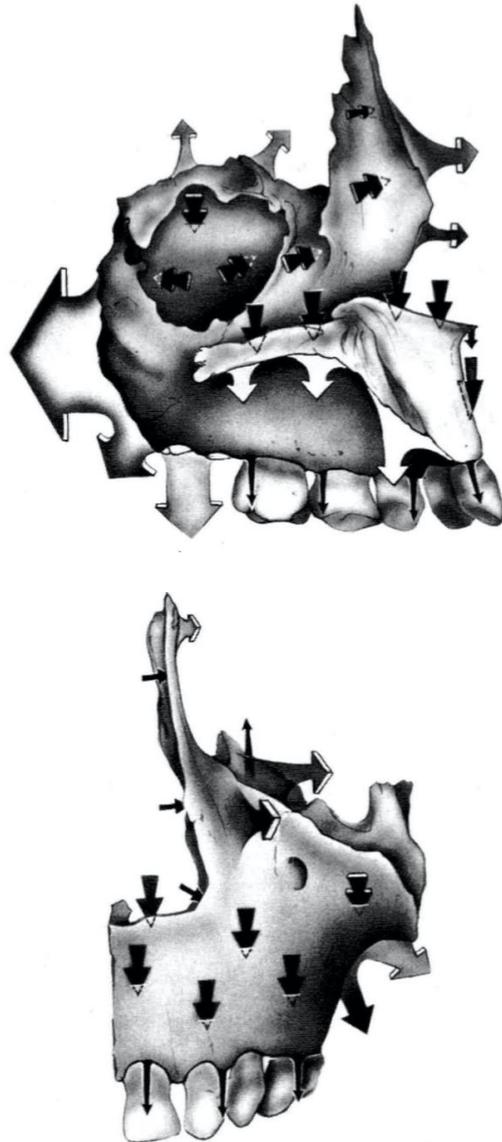
- Un point antérieur ou incisif, au-dessous de l'orifice nasal,
- Un point postérieur, postmaxillaire, situé au-dessous de l'orbite, mais en dehors de la capsule cartilagineuse.

Ces deux points d'ossification fusionnent ensuite, mais bien qu'ils forment une lame continue, il persiste une zone de soudure visible, la suture incisivo-canine qui laisse aux deux zones une certaine indépendance de croissance. Le centre prémaxillaire s'étend vers le bas pour former la zone incisive,

¹ Enlow, *Facial growth*.

en avant pour former l'épine nasale antérieure et vers le haut pour former la partie antérieure du processus ascendant.

Figure 5 : Points et directions d'ossification de l'os maxillaire

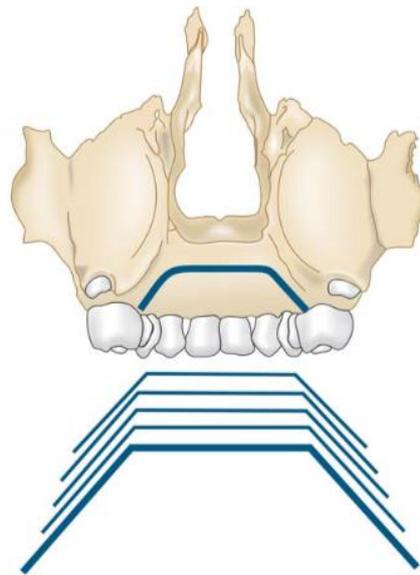


Source : Enlow, The human face : an account of the postnatal growth on development of the craniofacial skeleton, 1968.

Le centre post-maxillaire s'étend vers le bas pour former la lame alvéolaire externe de la région canine et prémolo-molaire. Vers la partie supérieure, deux processus forment la partie postérieure du processus ascendant et en arrière une partie inférieure du plancher orbitaire.

En profondeur, l'ossification encadre les follicules dentaires ; vers le 3ème mois, une petite fossette située sur la face interne s'invaginera progressivement pour former le sinus. Le maxillaire est donc empli de follicules dentaires, et pneumatisé par la formation de la fosse nasale et par le sinus.

Figure 6 : Croissance et expansion du palais en forme de V



Source : Sridhar Premkumar, *Textbook of craniofacial growth*, 2011.

2.3 Croissance et maturation

La dérive du palais est extensive, c'est-à-dire partant d'un territoire précis et dans une multitude de directions. Le palais est peu profond du nouveau-né contrairement à l'adulte. La croissance change avec la taille et la forme du palais. La bouche du nouveau-né est peu profonde et l'arcade dentaire en fer à cheval a la même longueur et la même largeur. Au fur et à mesure que l'âge avance, le palais croit plus au niveau de son toit. ²

Le plancher nasal se résorbe, le toit de la fosse nasal s'épaissit. La longueur du plancher nasal est augmentée. En parallèle à la résorption du plancher nasal, le toit palatal reçoit un dépôt osseux.

² Premkumar et Nasser, *Textbook of craniofacial growth*.

La croissance palatine peut être schématisée par un V en expansion, le dépôt sur la face interne du V (toit palatin) et la résorption sur la face externe (plancher nasal) élargit le V dans le sens de l'ouverture. L'éruption des dents augmente la hauteur verticale de l'os alvéolaire et la profondeur du palais, elle augmente la largeur de l'os latéralement selon le principe V ; La bouche croît en hauteur et en largeur, la surface principale vers la croissance subissant un dépôt. Cette augmentation de largeur maxillaire due au « principe V » est évidente. L'augmentation de la largeur reçoit également une contribution par apposition à la suture intermaxillaire. Selon Enlow, la suture palatine médiane ne représente qu'une maigre augmentation de la largeur ; ainsi, en théorie, l'expansion dento-alvéolaire lente devrait fournir le même niveau de stabilité que la distraction palatine rapide et une expansion lente peut en fait augmenter la largeur de la voûte plantaire. Il n'y a pas besoin de scission suturale.

Pendant la vie fœtale et au moment de la naissance, le système sutural est le siège d'une croissance active et prend une part importante dans la croissance en largeur du squelette cranio-facial. Cette croissance ne serait qu'un phénomène passif dépendant d'une part de la croissance interstitielle et périphérique des cartilages du septum nasal ³, et d'autre part des tissus mous ⁴ et de la matrice fonctionnelle ⁵.

En 1975 une étude histologique définit trois stades d'évolution de la suture intermaxillaire : ⁶

- La période infantile pendant laquelle la suture forme un Y joignant le vomer pour former deux apophyses palatines.
- La période juvénile pendant laquelle la hauteur de l'union entre ces trois os augmente pour former un T avec une partie verticale sinueuse.
- A partir de l'adolescence la suture présente des inter-digitations constituant un système de blocage de type queue d'aronde. Toute tentative d'expansion se traduirait soit par un échec soit par des micro fractures des inter-digitations.

Pour Precious et Delaire les maxillaires sont d'origine membraneuse et n'obéissent qu'aux lois qui régissent la croissance des os de cette origine. Elle n'obéit donc selon lui qu'aux influences musculaires normales ou anormales de la langue, des forces masticatrices et des mouvements des joues et des lèvres. ⁷

Cependant il a été découvert que l'hormone somatotrope joue un rôle dans la stimulation de la suture médio maxillaire tout comme il existe un effet morphogénétique des masses latérales de l'ethmoïde. ⁸

³ Scott, « Muscle growth and function in relation to skeletal morphology ».

⁴ Enlow, *Facial growth*.

⁵ Moss et Salentijn, « The primary role of functional matrices in facial growth ».

⁶ Melsen, « Palatal growth studied on human autopsy material ».

⁷ Precious et Delaire, « Balanced facial growth : a schematic interpretation ».

⁸ Petrovic et Stutzmann, « Hormone somatotrope : modalités d'action sur la croissance des diverses variétés de cartilage ».

La plupart des auteurs préconisent d'intervenir avant ou pendant la période adolescente afin de s'assurer d'avoir une action avant la fermeture de la suture.⁹

Cependant Melsen explique que l'action des forces orthopédiques sur la suture médio-palatine peut être effective jusqu'à l'âge de 16 ans chez la fille et de 18 ans chez le garçon.¹⁰

La suture palatine médiane présente un pic d'activité pré pubertaire et ne se synostose pas avant 25 ans.¹¹ Celle-ci peut donc être « réactivée » orthopédiquement jusqu'à 15 ans environ.^{12 13}

⁹ Morselli, « Surgical maxillary expansion : a new minimally invasive technique ».

¹⁰ Williams et Melsen, « The interplay between sagittal and vertical growth factors : an implant study of activator treatment ».

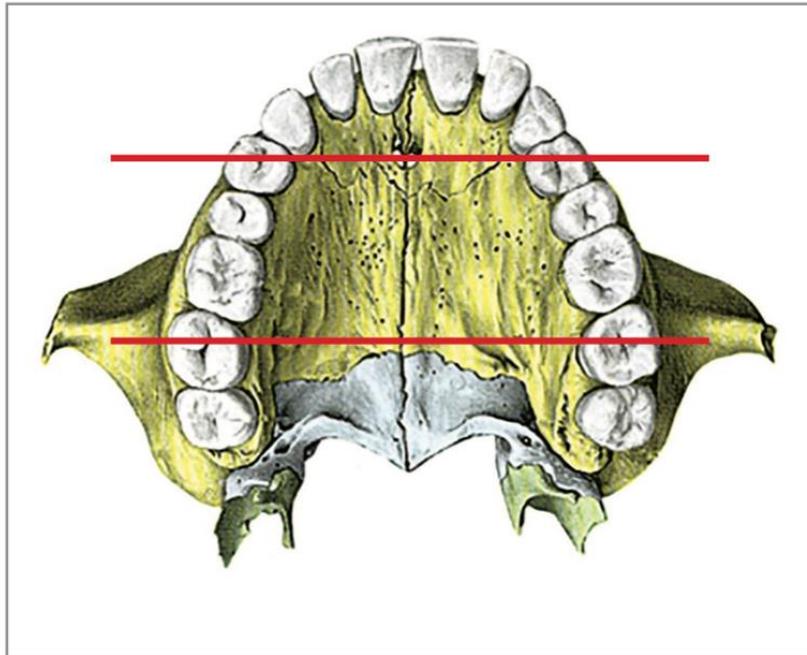
¹¹ Moon et Kim, « Psychological considerations in orthognathic surgery and orthodontics ».

¹² Bassigny et Canal, *Manuel d'orthopédie dento-faciale*.

¹³ Marchetti et al., « Surgically assisted rapid palatal expansion vs. segmental le fort i osteotomy : transverse stability over a 2-year period ».

3 : Qualité de l'os palatin

Figure 7 : Délimitations des régions antérieure, moyenne et postérieure



Source: Wehrbein, « Bone quality in the midpalate for temporary anchorage devices », 2009.

La région palatine est considérée comme la meilleure région pour l'implantation de minivis et mini implants de part sa qualité et sa composition.

Le critère clinique principal pour considérer cet effet qualitatif est la stabilité primaire de la minivis nouvellement implantée.

Les travaux de Triaca ¹⁴ et Wehrbein ¹⁵ ont démontré l'intérêt déjà croissant pour cette région en termes d'implantation de minivis à visée orthodontique.

¹⁴ Triaca, Minoretti, et Merz, « Treatment of mandibular retrusion by distraction osteogenesis : a new technique ».

¹⁵ Wehrbein, « Bone quality in the midpalate for temporary anchorage devices ».

3.1 Le ratio tissu dur/tissu total

D'un point de vue implantaire, le ratio tissu dur/tissu total tend à être le facteur le décisif dans la stabilité primaire.¹⁶ Il n'y a pour l'instant pas assez d'études histologiques probantes concernant l'importance de ce ratio dans la stabilité primaire.

Indépendamment de la localisation, le rapport tissu dur/tissu est élevé (supérieur à 68%), ces conditions sont favorables à l'utilisation de minivis courtes (ne répondant pas aux mêmes principes de stabilité primaires qu'en implantologie prothétique).

Le rapport tissu dur/tissu total étudié dans différentes études sur l'os de la région palatine correspond à la classe I / II de la classification de Lekholm et Zarb établie en 1985¹⁷ sur des arcades dentaires édentées.

Ces conditions idéales d'implantation des minivis semblent se retrouver aussi bien dans les régions antérieures, moyenne et postérieure.¹⁸

3.2 Le ratio tissu sutural/tissu total

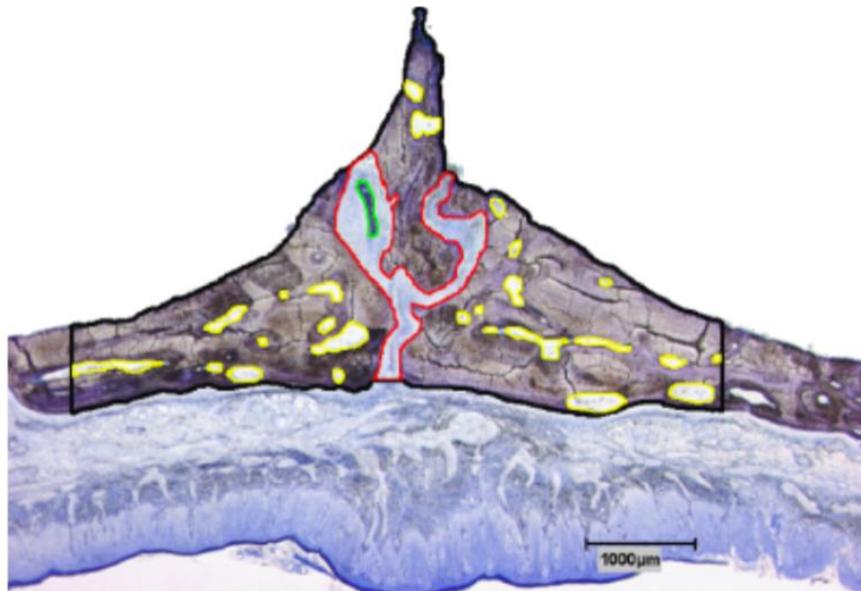
Un autre ratio peut être considéré dans la prédictibilité de la stabilité primaire, celui du rapport tissu sutural / tissu total, il concerne exclusivement la région suturale. Ce ratio permet d'affiner l'analyse de la qualité osseuse en prenant en compte divers éléments anatomiques (présence de moelle osseuse et micro-vaisseaux sanguins).

¹⁶ Mallick et al., « Mapping of palatal bone thickness using computed tomography for placement of mini screws: a comparative study between genders, adolescents and adults ».

¹⁷ Brånemark, Zarb, et Albrektsson, *Tissue-integrated prostheses : osseointegration in clinical dentistry*.

¹⁸ Han, Kim, et Park, « Three-dimensional finite element analysis of stress distribution and displacement of the maxilla following surgically assisted rapid maxillary expansion ».

Figure 8 : Mesure du volume osseux total (noir), de la moelle osseuse (jaune) et de la fraction suturale (rouge)



Source: Wehrbein, « Bone quality in the midpalate for temporary anchorage devices », 2009.

Nous prendrons en compte la topographie de cette suture (plate ou présentant un torus) ainsi que sa largeur (200 microns à 400 microns).

Au niveau de la suture palatine médiane (en rouge), nous observons la répartition suivante :

- Dans la région centrale (qui ne dépasse pas 4 % du volume total) un tissu sutural, qui représente l'ossification de cette région.
- Sur les régions paramédianes de cette suture, nous observons la présence de moelle osseuse, qui représente un ratio de 20% (moelle/tissu total).

Ces constatations nous indiquent que la stabilité primaire sera meilleure dans la région centrale de la suture palatine que sur ses parties latérales.¹⁹

La géométrie des minivis disponibles pour la région de la suture palatine sont :

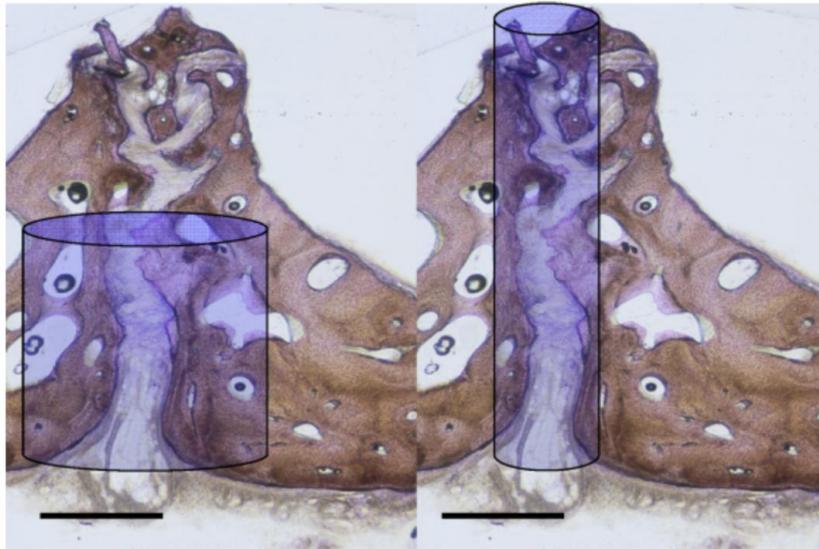
- Court et large (4 mm de diamètre x 4 mm de longueur), comme l'Orthosystem de Straumann
- Long et fin (1,6-2 mm de diamètre x 7-20 mm de long).

Il est évident que le rapport entre le contact du tissu sutural primaire et la surface de l'implant est inférieur dans les implants palatins larges et courts (donc, le contact avec le tissu dur primaire plus

¹⁹ Bourassa et al., « In-vitro comparison of different palatal sites for orthodontic miniscrew insertion : effect of bone quality and quantity on primary stability ».

élevé) que dans les minivis placées au niveau de la suture palatine. Ces conditions peuvent influencer sur le taux de réussite des types de minivis utilisés.

Figure 9 : Section transversale dun os palatin chez une jeune femme de 22 ans. Implant de gauche : court et étroit, implant de droite : fin et long. L'implant court et étroit a un plus grand ancrage à la fraction dure de l'os palatin, comparativement à l'implant long et fin



Source: Werbhein, « Bone quality in the midpalate for temporary anchorage devices », 2009.

3.3 Mesures quantitatives sur pieces anatomiques sous microscope optique

Tableau 1 : Fraction du tissu dur par rapport au tissu osseux total selon la localisation (en pourcentage)

Tissu dur / Tissu total	Résultat moyen	Minimum	Maximum
Partie antérieure	68,57	43,58	81
Partie moyenne	68,34	47,51	82,4
Partie postérieure	69,56	52,74	82,6

Source : Auteur, d'après Ryu. « Palatal bone thickness compared with cone-beam computed tomography in adolescents and adults for mini-implant placement », 2019.

Tableau 2 : Fraction du tissu dur par rapport au tissu osseux total selon l'âge

Tissu dur/Tissu total	Résultat moyen	Minimum	Maximum
Patient jeune	68,88	76,6	80
Patient adulte	68,59	43,58	82,6

Source : Auteur, d'après Ryu « Palatal bone thickness compared with cone-beam computed tomography in adolescents and adults for mini-implant placement », 2019.

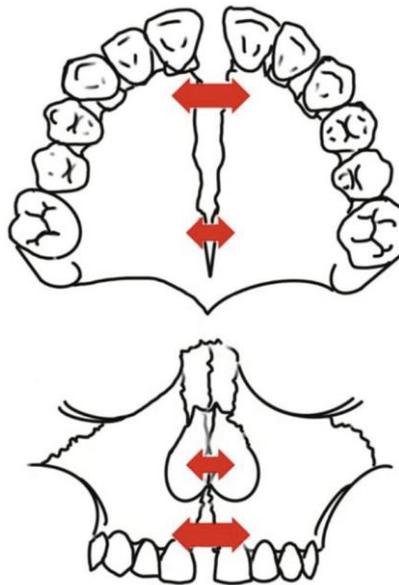
4 : La distraction à ancrage osseux

4.1 La distraction maxillaire rapide : principe

La distraction maxillaire rapide est une thérapeutique orthopédique d'augmentation de la dimension transversale du maxillaire suite à un diagnostic d'endognathie. Un dispositif scellé sur 2 ou 4 bagues (assisté par un ancrage osseux ou non) exerce une force centripète qui provoque l'écartement des deux hémi maxillaires.

Cette expansion se fait plus amplement en région antérieure car les forces appliquées sont antérieures et inférieures aux résistances suturales maxillaires.²⁰

Figure 10 : Représentation schématique d'une distaction osseuse maxillaire en forme de V



Source : Spillane et McNamara, « Maxillary adaptation to expansion in the mixed dentition », 1995.

²⁰ Baumgaertel, « Quantitative investigation of palatal bone depth and cortical bone thickness for mini-implant placement in adults ».

4.2 Le distracteur maxillaire à ancrage osseux

Regroupés dans la littérature sous l'acronyme de MARPE (Mini implant Assisted Rapid Palatal Expander), ils peuvent être à appui purement osseux ou à appui mixte (Dentaire/muqueux/osseux).

Les MARPE permettent d'éviter la version molaire.²¹

Le MSE (Maxillary Skeletal Expander) est un disjoncteur type Hyrax transfixé par 4 minivis bi-corticales ainsi que 2 bras en acier souple reliés à des bagues sur les premières molaires.²²

Selon une étude de Krebs, en 1964²³, l'expansion orthopédiques :

- Chez l'enfant est à 50 % squelettique, 50 % alvéolaire
- Chez l'adolescent est à 35 % squelettique, 65 % alvéolaire.

4.3 Etude de faisabilité de la distraction maxillaire selon l'âge

Selon Angelieri²⁴, le critère discriminant pour l'indication d'une distraction maxillaire rapide est le degré de fusion de la suture palatine médiane et non l'âge. En effet, une distraction maxillaire rapide implique l'ouverture des sutures maxillaire et palatine médianes. La fusion de ces sutures peut impliquer l'échec de la distraction.

Ainsi, pour évaluer le degré de fusion des sutures maxillaire et palatine médiane, une évaluation par imagerie tridimensionnelle de type CBCT a été proposée. Elle détermine cinq stades de maturation :

- Stade A : Suture sous forme d'une ligne droite à haute densité, avec pas ou peu d'interdigitations
- Stade B : Suture festonnée avec ligne droite à haute densité
- Stade C : Suture sous forme de deux lignes parallèles, festonnée, à haute densité, se rejoignant par endroit et séparées par des zones de basse densité
- Stade D : Fusion de l'os palatin avec peu d'indices sur la présence d'une suture
- Stade E : Fusion complète des berges de la suture avec une extension vers les os maxillaires.

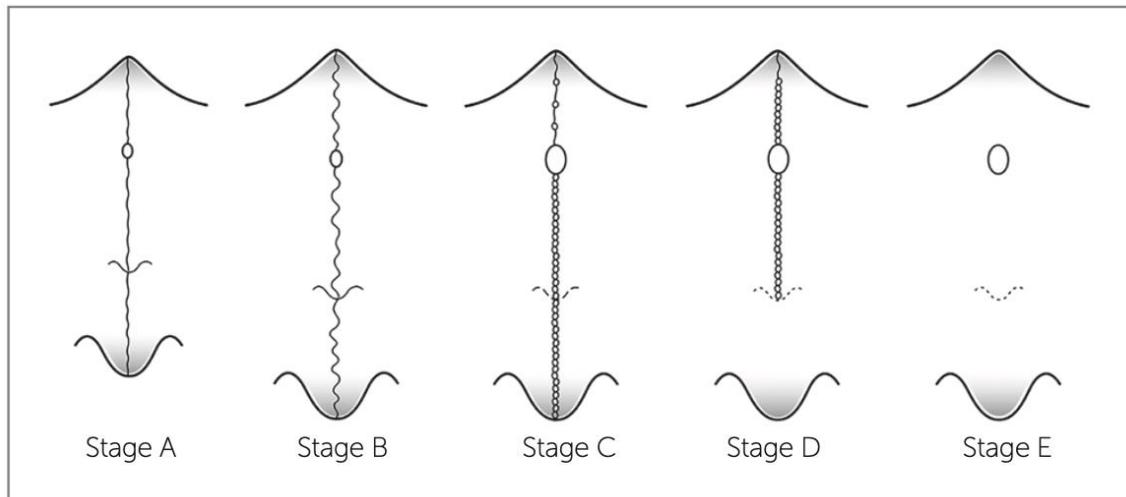
²¹ Tausche et al., « Three-dimensional evaluation of surgically assisted implant bone-borne rapid maxillary expansion : a pilot study ».

²² Suzuki et al., « Miniscrew-assisted rapid palatal expander (MARPE) : the quest for pure orthopedic movement ».

²³ Krebs, « Midpalatal suture expansion studies by the implant method over a seven-year period ».

²⁴ Angelieri et al., « Prediction of rapid maxillary expansion by assessing the maturation of the midpalatal suture on cone beam ct ».

Figure 11 : Représentation schématique (d'après Jung C.) des stades de maturation de la suture palatine médiane



Source : Angelieri, « Prediction of rapid maxillary expansion by assessing the maturation of the midpalatal suture on cone beam CT », 2016.

4.4 Maxillary Skeletal Expander (version 2)

Figure 12 : Kit de montage du maxillary skeletal expander avec vérin hyrax



Source : Laboratoire Up dental, 2020.

Usiné par Bimaterial Korea et distribué en France exclusivement par le laboratoire Up Dental, le Maxillary Skeletal Expander est livré avec un vérin type hyrax de différentes tailles (6mm, 8 mm, 10

mm et 12 mm), transfixé sur ses 4 coins par 4 futs de 2 mm de diamètre destinés à recevoir les minivis (11 mm de longueur sur 2 mm de largeur).

Le vérin est connecté à des bagues ajustées sur les premières molaires maxillaires via 2 bras en acier. Ces bagues sur molaires ont pour but de stabiliser le MSE lors de sa pose clinique puis d'empêcher le vérin de basculer dans le sens horizontal lors des activations.

Les vis sont livrées en conditionnement stérile et individuel.

Sur le modèle MSE II, la clé d'activation est épaissie, s'adaptant de manière plus intime au vérin d'activation, évitant ainsi la torsion de la clé et sa fracture.²⁵

L'insertion des vis de 11 x 1,9 mm est réalisée grâce à une clé dynamométrique, surmontée de vérins de différentes tailles pour s'adapter aux différentes profondeurs du palais.²⁶

4.4.1 Montage au laboratoire du Maxillary Skeletal Expander

Une empreinte du maxillaire en alginate (en préférence de classe II) est envoyée au laboratoire, nous prendrons soin de respecter l'anatomie de toute la voute palatine.

Un modèle en plâtre est coulé, des marques à la mine sont effectuées pour délimiter la partie postérieure du palais osseux et voile du palais (il est conseillé de joindre un CBCT maxillaire au laboratoire pour l'aider à objectiver cette limite). Le technicien repère également la ligne médiane du palais, concordant avec la suture palatine médiane.

Là encore le CBCT maxillaire pourra objectiver des aberrations anatomiques telles qu'une cloison nasale déviées ou un trajet de suture palatine inhabituel.

Un vérin est adapté sur la voute palatine, avec un espacement de 1 à 2 mm, cet espacement a pour fonction d'éviter l'inflammation de la gencive palatine, malgré sa forte kératinisation.²⁷

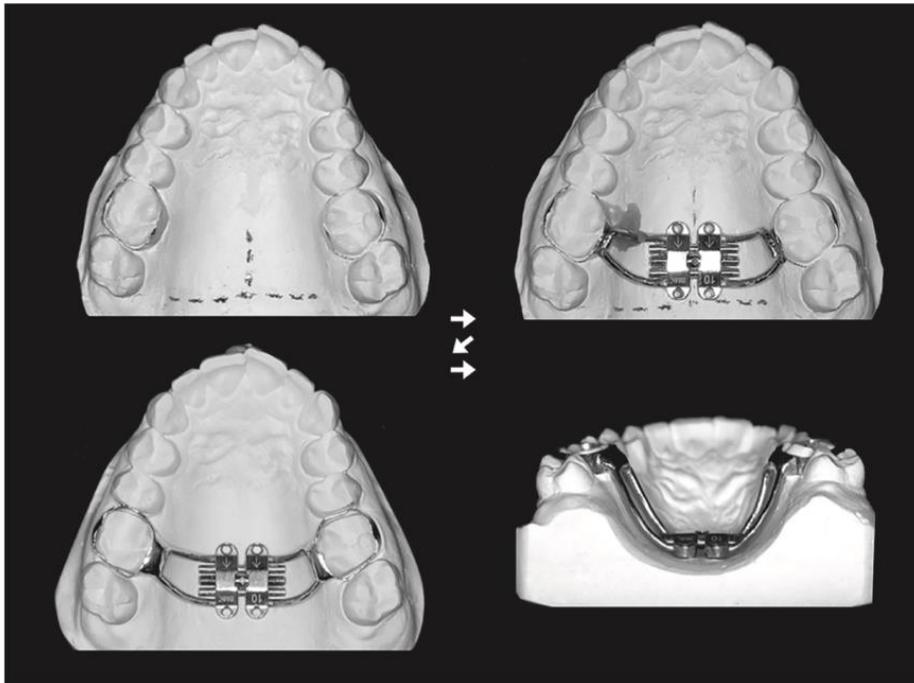
On prendra soin de sélectionner le vérin le plus ample possible (ici 10 mm) pour potentialiser notre expansion et ne pas avoir à changer de vérin si possible.

²⁵ Verstraaten et al., « A systematic review of the effects of bone-borne surgical assisted rapid maxillary expansion ».

²⁶ Misch, « Short dental implants : a literature review and rationale for use ».

²⁷ Seeberger et al., « Long term effects of surgically assisted rapid maxillary expansion without performing osteotomy of the pterygoid plates ».

Figure 13 : Étapes de fabrication du MSE au laboratoire Up dental

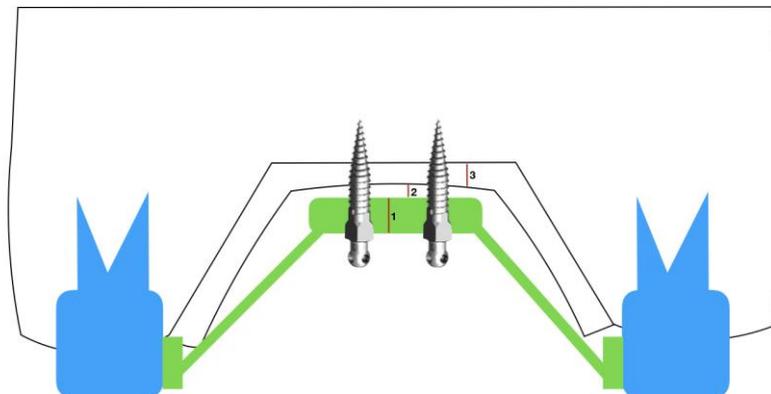


Source : Laboratoire Up dental, 2020.

Des bagues molaires sont ajustées sur 16 et 26 puis soudées aux doubles bras en acier (souples), les reliant au vérin.

4.3.2 Pose du MSE (version 2) et adaptation en bouche

Figure 14 : Positionnement intra-oral du MSE et engagement inféro-supérieur par rapport à la voûte palatine



Source : Auteur, 2019.

Après essayage du MSE en bouche et vérification de la stabilité et adaptation par rapport à la muqueuse palatine, nous réalisons une infiltration de cette muqueuse à l'articaine adélinée (1/200 000).

Le MSE est adapté sur les molaires supports de bagues, nous commençons l'insertion des minivis, nous prévenons le patient de la possibilité de sentir une gêne de type « pression ».

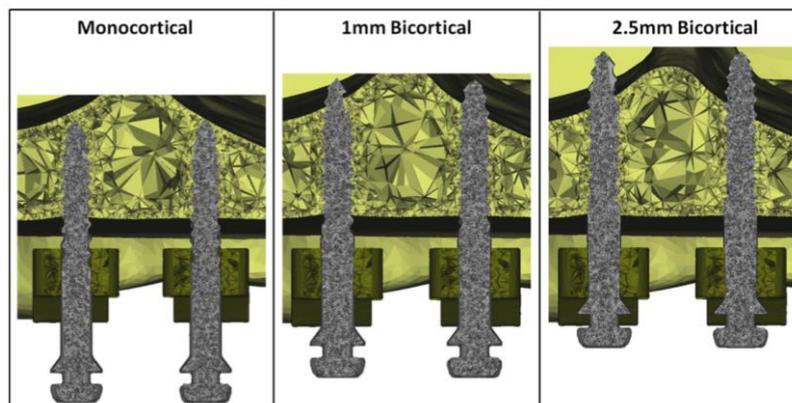
L'adaptation palatine du MSE, à travers l'engagement des 4 minivis palatines, dans le sens inféro-supérieur est la suivante :

- 2 mm engagées dans les futs d'introduction des minivis
- 1 à 2 mm de « vide » entre la base du vérin et le sommet de la muqueuse palatine
- 2 mm en moyenne, à travers l'épaisseur de la muqueuse palatine
- 5 à 6 mm d'engagement à travers l'épaisseur du palais osseux

4.5 Ancrage mono-cortical versus ancrage bi-cortical

Robert J. Lee et Won Moon ²⁸ ont démontré que l'ancrage bi-cortical des minivis permet d'améliorer leur stabilité, de réduire la déformation liée aux contraintes ainsi que les fractures. En outre, il permet une expansion parallèle dans le plan coronal et une augmentation de l'amplitude de l'expansion. ²⁹ Cependant, la différence de profondeur d'ancrage des minivis bicorticales (1 mm versus 2,5 mm) n'était pas significative. ³⁰

Figure 15 : Représentation schématique de l'ancrage mono-cortical et bi-cortical (1 mm et 2,5 mm)



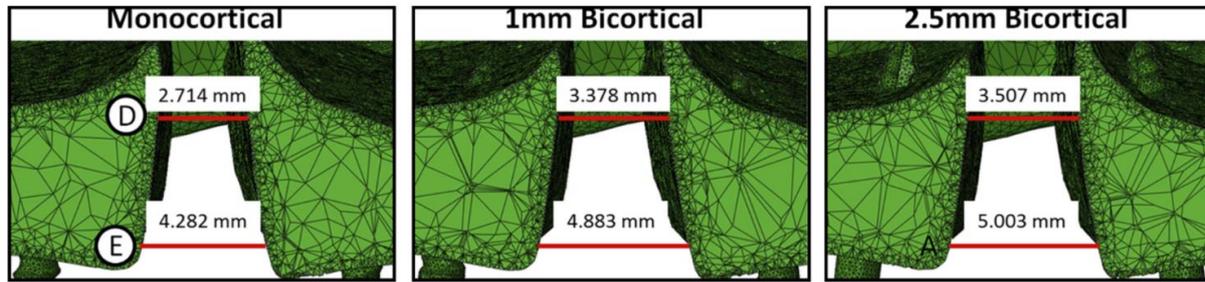
Source : Lee, Moon, et Hong, « Effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on bone-borne palatal expansion using finite element analysis », 2017.

²⁸ Lee, Moon, et Hong, « Effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on bone-borne palatal expansion using finite element analysis ».

²⁹ Moon, « Class III treatment by combining facemask (FM) and maxillary skeletal expander (MSE) ».

³⁰ Ryu et al., « Palatal bone thickness compared with cone-beam computed tomography in adolescents and adults for mini-implant placement ».

Figure 16 : Amplitude de l'ancrage dans le cas d'un ancrage mono-cortical versus ancrage bi-cortical à 1 mm et 2,5 mm



Source : Lee, Moon, et Hong, « Effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on bone-borne palatal expansion using finite element analysis », 2017.

Cette étude menée avec la méthode des éléments finis représentant un modèle de crâne. Des mesures ont été saisies avant et après ouverture de la suture palatine médiane. Trois situations cliniques de différentes profondeurs d'insertion de minivis ont été utilisées pour les deux modèles de crâne :

- Modèle monocortical
- Un modèle bicortical de 1 mm
- Un modèle bicortical de 2,5 mm.

Dans les 3 situations cliniques, le vérin était dans la même position, et seule la profondeur des minivis variait (position verticale). Ces trois situations étaient observées chez les patients traités par distraction sur minivis dans le service d'orthopédie dento-faciale de l'University of California, Los Angeles (UCLA). L'expérience de l'opérateur peut jouer un rôle dans la profondeur d'implantation.

Un autre paramètre fut pris en compte dans cette étude, celui du stress induit sur le collet des minivis transfixant le vérin du disjoncteur. Il a été en effet démontré que les minivis implantées en position bicorticale diminuent significativement le stress (ainsi que la fracture) sur la zone du collet de la minivis. Le modèle monocortical présentait une valeur de contrainte maximale accrue par rapport aux modèles bicorticaux. Une valeur de contrainte élevée, comme dans le modèle monocortical, peut placer le remodelage osseux dans la « fenêtre de surcharge pathologique » dans laquelle se produisent des fractures de contrainte et une résorption osseuse, pouvant conduire à la perte de la minivis.

De plus, le modèle monocortical présente une expansion transversale moins importante en raison de sa flexion accrue. Cette augmentation de la flexion a créé une bascule plus importante entre l'orientation de la minivis et la ligne de force appliquée. Il a été démontré que toute divergence entre l'orientation de la minivis et la ligne de force appliquée diminuait l'uniformité de la répartition de la

charge, ce qui conduirait à une répartition de la charge disproportionnée à l'interface os-minivis, susceptible de réduire le déplacement transversal. Ces résultats démontrent donc que l'ancrage bicortical apporte un réel bénéfice dans l'amplitude d'expansion par rapport à l'ancrage monocortical.

5 : Étude clinique

5.1 Matériels et méthodes

L'objectif de cette étude est d'évaluer le plus précisément possible l'épaisseur du palais osseux (os maxillaire et os palatin), selon le sexe, dans le sens transversal et sagittal, chez les patients bénéficiant d'une distraction orthopédique assistée par minivis palatines, selon le protocole Maxillary Skeletal Expander (MSE) de Won Moon.

L'étude clinique est rétrospective, observationnelle, monocentrique, en service d'orthopédie dento-faciale de l'hôpital Pitié-Salpêtrière à Paris.

- 15 patients ont été sélectionnés, entre 12 ans et 35 ans (âge moyen 19 ans)
- 9 patients de sexe féminin et 6 patients de sexe masculin
- Tous traités dans le service d'orthopédie dento-faciale de l'Hôpital Pitié-Salpêtrière.
- Les critères d'exclusion était une inclusion dentaire dans la région d'intérêt (voute palatine), une ou deux molaires maxillaires manquantes ou un antécédent de traumatisme cranio-facial.

Dans la mesure du possible une série d'enregistrements a été réalisée : photographies intra-buccales, clichés radiographiques CBCT et modèles d'étude.

Concernant la radioprotection, les patients ont bénéficié d'un CBCT soit pour des raisons dentaires (canine incluse, traitement endodontique etc...) soit le CBCT a été prescrit en première intention par le chirurgien maxillo-facial.

Nous avons prescrit des CBCT maxillaires et/ou tête et cou, selon le besoin de notre plan de traitement et de la thérapeutique choisie (chirurgie maxillo-faciale associée, exploration d'asymétries faciales). Les données d'imagerie sont sous format DICOM et traitées dans les logiciels Osirix® et Carestream CS 3D Imaging®.

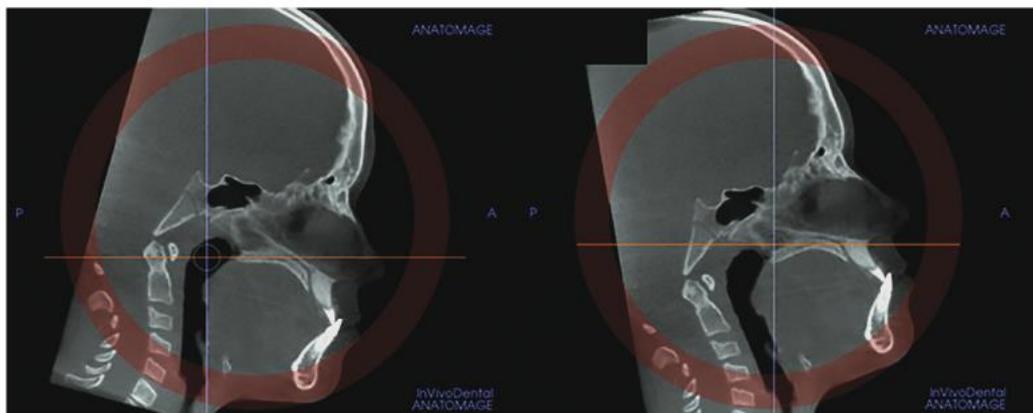
Les reconstructions sont orientées et standardisées avant l'enregistrement des mesures. Nous avons repéré radiologiquement le foramen rétro-incisif et l'épine nasale postérieure dans le plan transversal. Une ligne horizontale est tracée en vue sagittale entre le foramen rétro-incisif et l'épine nasale postérieure. Toutes les mesures sont faites perpendiculairement à cette ligne.

Figure 16 : Représentation supéro-inférieure des points de mesure de l'épaisseur palatine chez un patient bénéficiant de distraction maxillaire



Source : Auteur, 2019.

Figure 17 : Orientation du procès palatin selon deux axes en cas de courbure du plateau palatin



Source : Auteur, 2019.

L'épaisseur de l'os palatin a été mesurée à 20 endroits unilatéraux par rapport à la suture médiane et postérieurement au foramen incisif :

Sens transversal

- Suture
- 3 mm à droite
- 6 mm à droite

- 3 mm à gauche
- 6 mm à gauche

Sens sagittal (en distal du foramen incisif)

- 4 mm
- 8 mm
- 16 mm
- 24 mm

La largeur de la voute palatine a été mesurée depuis la jonction amélo-cémentaire de la première molaire maxillaire à son homologue contro-latérale.

5.2 Résultats

Dans la plupart des sites d'implantation des minivis, l'épaisseur osseuse palatine est supérieure chez les patients masculins ³¹. Cependant cette différence a été statistiquement significative seulement dans les sites à 0mm, 4mm et 8 mm postérieurement au foramen incisif. ³²

L'épaisseur osseuse le long de la suture palatine médiane était suffisante chez les patients masculins (7,03 à 9,11 mm) et féminins (6,31 à 9,03 mm). Rappelons que dans le cas du MSE, une épaisseur minimale de 5 à 6 mm est nécessaire pour un ancrage primaire bi cortical suffisant à la stabilité du dispositif.

Nous avons également constaté que l'épaisseur osseuse palatine diminuait en direction postérieure. ³³ Les mesures les plus faibles ont été constatées sur les points situés à 24 mm en distal du foramen incisif (3,47 mm en moyenne chez les patients masculins et 3,31 mm en moyenne chez les patients féminins). ³⁴

Les mesures maximales ont été observées à une distance de 8 mm en distal du foramen incisif (7,11 mm en moyenne chez les patient masculins et 6,95 mm en moyenne chez les patients féminins).

Épaisseur de l'os palatin, considérée selon le sexe et la distance par rapport au foramen incisif, le long de la suture palatine médiane.

³¹ Carlson et al., « Microimplant-assisted rapid palatal expansion appliance to orthopedically correct transverse maxillary deficiency in an adult ».

³² Ngan et Moon, « Evolution of class III treatment in orthodontics ».

³³ Cheung et al., « Ability of mini-implant-facilitated micro-osteoperforations to accelerate tooth movement in rats ».

³⁴ Cantarella, « Skeletal effects induced by maxillary skeletal expander (MSE) and hyrax appliance in the midface ».

Tableau 3 : Épaisseur de l'os palatin, considérée selon le sexe et la distance par rapport au foramen incisif, le long de la suture palatine

	Sexe	Moyenne	Déviati standard
4 mm	F	6,22	1,22
	M	6,43	1,03
8 mm	F	6,95	1,11
	M	7,11	0,99
16 mm	F	4,23	1,09
	M	4,64	1,22
24 mm	F	3,31	1,40
	M	3,47	1,56

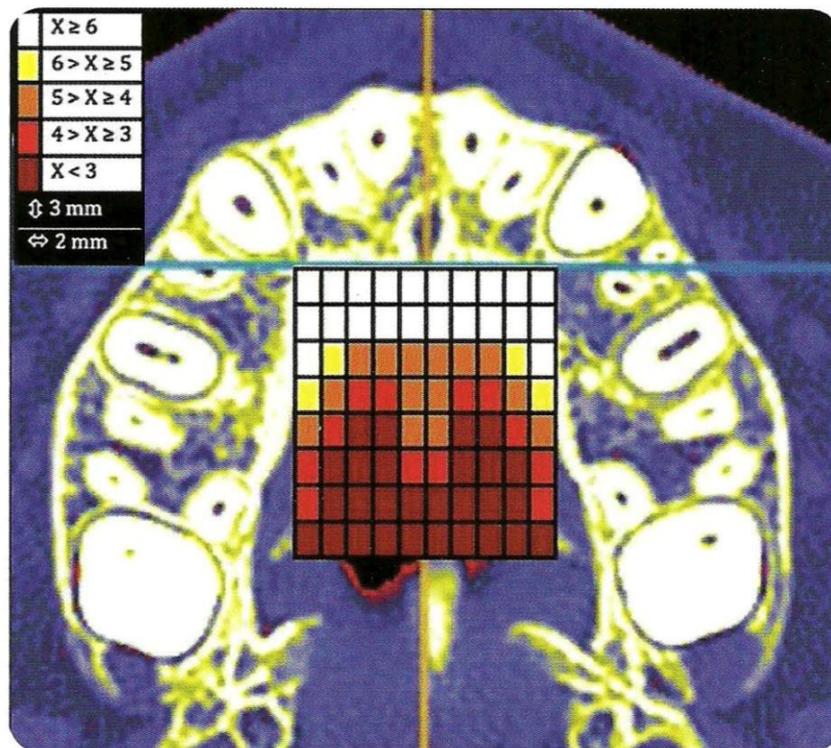
Source : Auteur, 2019.

Tableau 4 : Épaisseur de l'os palatin (en mm), considérée selon le sexe et la distance par rapport au foramen incisif, le long de la suture palatine

	Sexe	Suture	3 mm	6 mm
4 mm	F	6,22	6,02	6,02
	M	6,43	6,10	6,10
8 mm	F	6,95	5,34	5,34
	M	7,11	6,84	6,84
16 mm	F	4,23	3,45	3,45
	M	4,64	4,23	4,23
24 mm	F	3,31	2,97	2,54
	M	3,47	3,19	3,19

Source : Auteur, 2019.

Figure 17 : Cartographie de l'épaisseur osseuse au niveau du palais chez l'adolescent à partir de coupes tomographiques



Source : Ellouze et Darqué, *Mini-implants, l'orthodontie de demain*, 2012.

6 : Discussion

Dans cette étude rétrospective, 15 acquisitions radiographiques CBCT ont été évaluées. Nous avons mesuré les épaisseurs corticales le long de la suture palatine médiane, et dans la région paramédiane. Des différences d'épaisseur significatives ont été observées entre les deux sexes, aussi bien dans le sens transversal que dans le sens sagittal.

Les résultats présentés dans cette étude montrent que l'épaisseur maximale de la corticale palatine a été enregistrée à 8mm en distal du foramen retro-incisif (6,88 +/- 0,99 mm chez l'homme et 6,55 +/- 1,11 mm chez la femme). L'épaisseur minimale a été observée à 24 mm en distal du foramen rétro-incisif (3,47 +/- 1,56 mm chez l'homme et 3,31 +/- 1,40 mm chez la femme). Ces résultats confirment les résultats obtenus dans de précédentes études cliniques rétrospectives.^{35 36}

Toutes les études prospectives et rétrospectives analysées démontrent une épaisseur maximale de la corticale palatine dans les régions canines et prémolaires.^{37 38 39}

Dans le sens transversal, l'épaisseur maximale de la corticale palatine est enregistrée à 3 mm de part et d'autre de la suture palatine médiane, ces résultats concordent avec les résultats d'études rétrospectives.^{40 41}

Les différences d'épaisseurs entre la région médiane, paramédiane est plus accentuée dans la région antérieure, en comparaison à la région moyenne et postérieure.

³⁶ Rezende Barbosa et al., « Comparison of median and paramedian regions for planning palatal mini-implants : a study in vivo using cone beam computed tomography ».

³⁷ Machado et al., « Spontaneous improvement of gingival recession after correction of tooth positioning ».

³⁸ Poon et al., « Palatal bone thickness and associated factors in adult miniscrew placements : a cone-beam computed tomography study ».

³⁹ Zandi, Miresmaeili, et Heidari, « Short-term skeletal and dental changes following bone-borne versus tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion : a randomized clinical trial study ».

⁴⁰ Ryu et al., « Palatal bone thickness compared with cone-beam computed tomography in adolescents and adults for mini-implant placement ».

⁴¹ Ngan et Moon, « Evolution of class III treatment in orthodontics ».

Nous avons constaté que la différence d'épaisseur palatine constatée entre les femmes et les hommes se retrouvait dans les études consultées lors de notre travail, d'autres paramètres peuvent être étudiés tels que :

- L'âge
- La forme et la profondeur du palais.
- L'origine ethnique
- La position linguale.

6.1 Zone de sûreté d'implantation des minivis palatines

De cette étude clinique et des différents articles consultés, nous pourrions définir une cartographie de la voûte palatine dite de « sûreté », dans laquelle la pose d'un disjoncteur sur minivis peut être entreprise dans les meilleures conditions anatomiques.^{42 43}

Cette zone répond principalement à des critères de qualité osseuse et d'épaisseur de la corticale palatine. Elle est définie comme suit :

- Le long de la suture palatine médiane (en distal du foramen rétro incisif, jusqu'à 16 mm en distal)
- Les zones paramédianes et antérieures de la voûte palatine

Cette schématisation est à évaluer au cas par cas, après l'enregistrement et l'étude du CBCT du patient, et ne doit pas être prise comme valeur absolue.⁴⁴

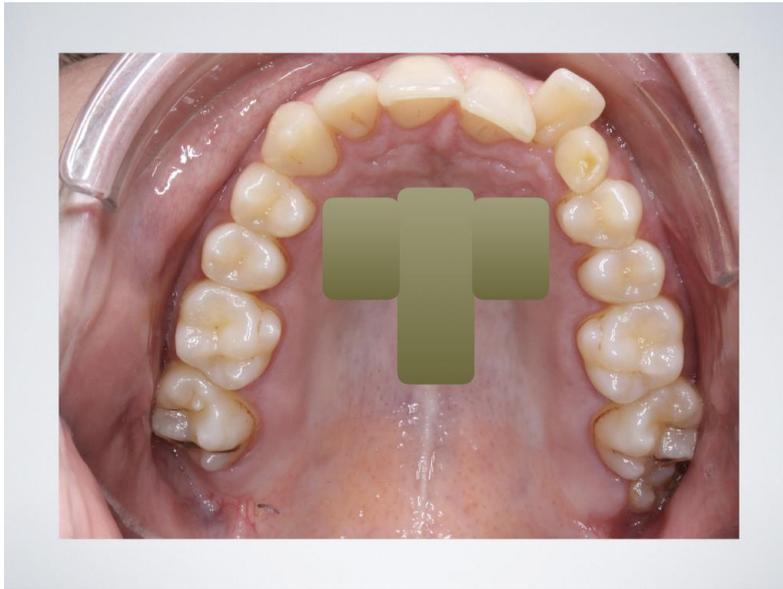
Schématiquement, nous pouvons représenter cette zone de sûreté par une lettre « T », comme suit :

⁴² Bonangi et al., « Utility of cbct for the measurement of palatal bone thickness ».

⁴³ Brunetto et al., « Non-surgical treatment of transverse deficiency in adults using microimplant-assisted rapid palatal expansion (MARPE) ».

⁴⁴ Gracco et al., « Quantitative cone-beam computed tomography evaluation of palatal bone thickness for orthodontic miniscrew placement ».

Figure 18 : Zone de sûreté pour l'implantation des minivis palatines, vue palatine



Source : Auteur, 2019.

6.1.1 Le MSE et zones de sûreté

Le maxillary palatal expander (MSE), dans ses versions 6, 8, 10 et 12 mm est compatible avec cette zone de sécurité si son implantation se fait au maximum à 8mm en distal du foramen rétro incisif.⁴⁵

En effet, nous avons évoqué qu'un engagement bi-cortical des minivis était souhaitable, cet engagement nécessite environ 5 à 6mm d'épaisseur osseuse. La zone de sécurité offre ces conditions anatomiques (qualitativement et quantitativement).⁴⁶

Si l'on prend la décision de réaliser une implantation plus distale, l'épaisseur osseuse palatine diminue et les conditions anatomiques pour obtenir un ancrage bicortical ne peuvent plus être assurées, compromettant ainsi la stabilité du dispositif.⁴⁷

⁴⁵ Lee et al., « Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism ».

⁴⁶ Wilmes, Nienkemper, et Drescher, « Application and effectiveness of a mini-implant- and tooth-borne rapid palatal expansion device : the hybrid hyrax ».

⁴⁷ Mohammed et al., « Role of anatomical sites and correlated risk factors on the survival of orthodontic miniscrew implants : a systematic review and meta-analysis ».

6.2. Conclusion

L'étude a montré que :

- L'épaisseur moyenne de la corticale palatine était la plus grande à 8 mm en distal du foramen rétro incisif (7,11 +/- 0,99 mm chez l'homme et 6,95 +/- 1,11 mm chez la femme).
- L'épaisseur corticale est en moyenne plus importante chez les hommes. Ces derniers montrent une épaisseur plus significative de la corticale à 8 mm en distal du foramen rétro incisif.
- Le Maxillary palatal expander (MSE) est compatible avec l'épaisseur osseuse moyenne de la voute palatine, chez l'homme et chez la femme, à condition de respecter une zone dite de « sécurité » de la voute palatine.⁴⁸
- L'ancrage bi-cortical à 2,5 mm des minivis a pu être assuré chez tous les patients inclus dans l'étude.

⁴⁸ Lee et al., « Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism ».

Bibliographie

- Angelieri, F., L. Franchi, L. H. S. Cevidanes, B. Bueno-Silva, et J. A. McNamara. « Prediction of rapid maxillary expansion by assessing the maturation of the midpalatal suture on cone beam ct ». *Dental press journal of orthodontics* 21, n° 6 (2016): 115-25. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.21.6.115-125.sar>.
- Bassigny, F., et P. Canal. *Manuel d'orthopédie dento-faciale*. 2e édition. Paris : Masson, 1991.
- Baumgaertel, S. « Quantitative investigation of palatal bone depth and cortical bone thickness for mini-implant placement in adults ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 136, n° 1 (2009): 104-8. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2008.11.020>.
- Bonangi, R., G. Kamath, H.S. Srivathsa, et M. Babshet. « Utility of cbct for the measurement of palatal bone thickness ». *Journal of stomatology, oral and maxillofacial surgery* 119, n° 3 (2018): 196-98. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2018.02.009>.
- Bourassa, C., Y. K. Hosein, S. I. Pollmann, K. Galil, R. N. Bohay, D. Holdsworth, et A. Tassi. « In-vitro comparison of different palatal sites for orthodontic miniscrew insertion : effect of bone quality and quantity on primary stability ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 154, n° 6 (2018): 809-19. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2018.02.010>.
- Brånemark, P. I., G. A. Zarb, et T. Albrektsson, éd. *Tissue-integrated prostheses : osseointegration in clinical dentistry*. Chicago : Quintessence Publishing Co. Inc., 1985.
- Brunetto, D. P., E. F. Sant'Anna, A. W. Machado, et W. Moon. « Non-surgical treatment of transverse deficiency in adults using microimplant-assisted rapid palatal expansion (MARPE) ». *Dental press journal of orthodontics* 22, n° 1 (2017): 110-25. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.22.1.110-125.sar>.
- Cantarella, D. « Skeletal effects induced by maxillary skeletal expander (MSE) and hyrax appliance in the midface ». Academic Dissertation, University of California, Los Angeles, 2017. <https://escholarship.org/uc/item/54w974nd>.
- Carlson, Chuck, Jay Sung, Ryan W. McComb, Andre Wilson Machado, et Won Moon. « Microimplant-assisted rapid palatal expansion appliance to orthopedically correct transverse maxillary deficiency in an adult ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 149, n° 5 (2016): 716-28. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.04.043>.
- Cheung, T., J. Park, D. Lee, C. Kim, J. Olson, S. Javadi, G. Lawson, et al. « Ability of mini-implant-facilitated micro-osteoperforations to accelerate tooth movement in rats ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 150, n° 6 (2016): 958-67. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.04.030>.
- Enlow, D. H. *Facial growth*. 3rd edition. Philadelphia : Saunders, 1990.

Gracco, A., L. Lombardo, M. Cozzani, et G. Siciliani. « Quantitative cone-beam computed tomography evaluation of palatal bone thickness for orthodontic miniscrew placement ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 134, n° 3 (2008): 361-69.
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.01.027>.

Han, U. A., Y. Kim, et J. K. Park. « Three-dimensional finite element analysis of stress distribution and displacement of the maxilla following surgically assisted rapid maxillary expansion ». *Journal of cranio-maxillofacial surgery* 37, n° 3 (2009): 145-54. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2008.10.002>.

Krebs, A. « Midpalatal suture expansion studies by the implant method over a seven-year period ». In *Report of the congress. European orthodontic society*, 40:131-42, 1964.

Lee, K.-J., Y.-C. Park, J.-Y. Park, et W.-S. Hwang. « Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 137, n° 6 (2010): 830-39.
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.10.065>.

Lee, R. J., W. Moon, et C. Hong. « Effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on bone-borne palatal expansion using finite element analysis ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 151, n° 5 (2017): 887-97. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.10.025>.

Machado, A. W., M. MacGinnis, L. Damis, et W. Moon. « Spontaneous improvement of gingival recession after correction of tooth positioning ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 145, n° 6 (2014): 828-35. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2013.05.012>.

Mallick, S., P. S. Murali, M. N. Kuttappa, A. Shetty, M. S. Ravi, et K. Nayak. « Mapping of palatal bone thickness using computed tomography for placement of mini screws: a comparative study between genders, adolescents and adults ». *Orthodontic waves* 78, n° 1 (2019): 18-25.
<https://doi.org/10.1016/j.odw.2018.11.001>.

Marchetti, C., M. Pironi, A. Bianchi, et A. Musci. « Surgically assisted rapid palatal expansion vs. segmental le fort i osteotomy: transverse stability over a 2-year period ». *Journal of cranio-maxillofacial surgery* 37, n° 2 (2009): 74-78. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2008.08.006>.

Melsen, B. « Palatal growth studied on human autopsy material ». *American journal of orthodontics* 68, n° 1 (1975): 42-54. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(75\)90158-X](https://doi.org/10.1016/0002-9416(75)90158-X).

Misch, C. E. « Short dental implants : a literature review and rationale for use ». *Dentistry today* 24, n° 8 (2005): 64-66, 68.

Mohammed, H., K. Wafaie, M. Rizk, M. Almuzian, R. Sosly, et D. Bearn. « Role of anatomical sites and correlated risk factors on the survival of orthodontic miniscrew implants : a systematic review and meta-analysis ». *Progress in orthodontics* 19, n° 1 (2018): 36. <https://doi.org/10.1186/s40510-018-0225-1>.

Moon, W. « Class III treatment by combining facemask (FM) and maxillary skeletal expander (MSE) ». *Seminars in orthodontics* 24, n° 1 (2018): 95-107. <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2018.01.009>.

Moon, W., et J. Kim. « Psychological considerations in orthognathic surgery and orthodontics ». *Seminars in orthodontics* 22, n° 1 (mars 2016): 12-17. <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2015.10.003>.

Morselli, P.G. « Surgical maxillary expansion : a new minimally invasive technique ». *Journal of cranio-maxillofacial surgery* 25, n° 2 (1997): 80-84. [https://doi.org/10.1016/S1010-5182\(97\)80049-2](https://doi.org/10.1016/S1010-5182(97)80049-2).

Moss, M. L., et L. Salentijn. « The primary role of functional matrices in facial growth ». *American journal of orthodontics* 55, n° 6 (1969): 566-77. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(69\)90034-7](https://doi.org/10.1016/0002-9416(69)90034-7).

Ngan, P., et W. Moon. « Evolution of class III treatment in orthodontics ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 148, n° 1 (2015): 22-36. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.04.012>.

Petrovic, A., et J. Stutzmann. « Hormone somatotrope : modalités d'action sur la croissance des diverses variétés de cartilage ». *Pathologie-biologie* 28, n° 1 (1980): 43-58.

Poon, Y. C., H. P. Chang, Y. C Tseng, S. T. Chou, J. H. Cheng, P. H. Liu, et C. Y. Pan. « Palatal bone thickness and associated factors in adult miniscrew placements : a cone-beam computed tomography study ». *The kaohsiung journal of medical sciences* 31, n° 5 (2015): 265-70. <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2015.02.002>.

Precious, D., et J. Delaire. « Balanced facial growth : a schematic interpretation ». *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology* 63, n° 6 (1987): 637-44. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(87\)90360-4](https://doi.org/10.1016/0030-4220(87)90360-4).

Premkumar, S, et K. Nasser. *Textbook of craniofacial growth*. New Delhi : Jaypee Brothers Medical Publishers, 2011.

Rezende Barbosa, G. L. d., L. R. Ramírez-Sotelo, D. M. Távora, et S. M. Almeida. « Comparison of median and paramedian regions for planning palatal mini-implants : a study in vivo using cone beam computed tomography ». *International journal of oral and maxillofacial surgery* 43, n° 10 (2014): 1265-68. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2014.04.010>.

Ryu, J., J. Park, T. Vu Thi Thu, M. Bayome, Y. Kim, et Y. Kook. « Palatal bone thickness compared with cone-beam computed tomography in adolescents and adults for mini-implant placement ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 142, n° 2 (2012): 207-12. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.03.027>.

Scott, J. H. « Muscle growth and function in relation to skeletal morphology ». *American journal of physical anthropology* 15, n° 2 (1957): 197-234. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330150210>.

Seeberger, R., W. Kater, R. Davids, et O. Thiele. « Long term effects of surgically assisted rapid maxillary expansion without performing osteotomy of the pterygoid plates ». *Journal of cranio-maxillofacial surgery* 38, n° 3 (2010): 175-78. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2009.07.003>.

Suzuki, Hideo, W. Moon, L. H. Previdente, S. S. Suzuki, A. S. Garcez, et A. Consolaro. « Miniscrew-assisted rapid palatal expander (MARPE) : the quest for pure orthopedic movement ». *Dental press journal of orthodontics* 21, n° 4 (2016): 17-23. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.21.4.017-023.oin>.

Tausche, E., L. Hansen, V. Hietschold, M. O. Lagravère, et W. Harzer. « Three-dimensional evaluation of surgically assisted implant bone-borne rapid maxillary expansion : a pilot study ». *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 131, n° 4 Suppl. (2007): S92-99.
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.07.021>.

Triaca, A., R. Minoretti, et B. Merz. « Treatment of mandibular retrusion by distraction osteogenesis : a new technique ». *The British journal of oral & maxillofacial surgery* 42, n° 2 (2004): 89-95.
[https://doi.org/10.1016/S0266-4356\(03\)00262-6](https://doi.org/10.1016/S0266-4356(03)00262-6).

Verstraaten, J., A. M. Kuijpers-Jagtman, M. Y. Mommaerts, S. J. Bergé, R. M. Nada, et J. Schols. « A systematic review of the effects of bone-borne surgical assisted rapid maxillary expansion ». *Journal of maxillofacial surgery* 38, n° 3 (2010): 166-74. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2009.06.006>.

Wehrbein, H. « Bone quality in the midpalate for temporary anchorage devices ». *Clinical oral implants research* 20, n° 1 (2009): 45-49. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2008.01600.x>.

Williams, S., et B. Melsen. « The interplay between sagittal and vertical growth factors : an implant study of activator treatment ». *American journal of orthodontics* 81, n° 4 (1982): 327-32.
[https://doi.org/10.1016/0002-9416\(82\)90221-4](https://doi.org/10.1016/0002-9416(82)90221-4).

Wilmes, B., M. Nienkemper, et D. Drescher. « Application and effectiveness of a mini-implant- and tooth-borne rapid palatal expansion device : the hybrid hyrax ». *World journal of orthodontics* 11, n° 4 (2010): 323-30.

Zandi, M., A. Miresmaeili, et A. Heidari. « Short-term skeletal and dental changes following bone-borne versus tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion : a randomized clinical trial study ». *Journal of cranio-maxillofacial surgery* 42, n° 7 (2014): 1190-95.
<https://doi.org/10.1016/j.jcms.2014.02.007>.

Table des figures

Figure 1 : Situation de l'os palatin dans le massif craniofacial.....	4
Figure 2 : Anatomie de l'os palatin.....	5
Figure 3 : Anatomie de l'os maxillaire (vue caudale) et son rapport avec l'os palatin	5
Figure 5 : Points et directions d'ossification de l'os maxillaire	9
Figure 6 : Croissance et expansion du palais en forme de V.....	10
Figure 7 : Délimitations des régions antérieure, moyenne et postérieure	13
Figure 8 : Mesure du volume osseux total (noir), de la moelle osseuse (jaune) et de la fraction suturale (rouge).....	15
Figure 9 : Section transversale dun os palatin chez une jeune femme de 22 ans. Implant de gauche : court et étroit, implant de droite : fin et long. L'implant court et étroit a un plus grand ancrage à la fraction dure de l'os palatin, comparativement à l'implant long et fin	16
Figure 10 : Représentation schématique d'une distaction osseuse maxillaire en forme de V.....	18
Figure 11 : Représentation schématique (d'après Jung C.) des stades de maturation de la suture palatine médiane.....	20
Figure 12 : Kit de montage du maxillary skeletal expander avec vérin hyrax.....	20
Figure 13 : Étapes de fabrication du MSE au laboratoire Up dental.....	22
Figure 14 : Positionnement intra-oral du MSE et engagement inféro-supérieur par rapport à la voute palatine.....	22
Figure 15 : Représentation schématique de l'ancrage mono-cortical et bi-cortical (1 mm et 2,5 mm).....	23
Figure 16 : Amplitude de l'ancrage dans le cas d'un ancrage mono-cortical versus ancrage bi-cortical à 1 mm et 2,5 mm	24
Figure 16 : Représentation supéro-inférieure des points de mesure de l'épaisseur palatine chez un patient bénéficiant de distraction maxillaire	27
Figure 17 : Orientation du procès palatin selon deux axes en cas de courbure du plateau palatin.....	27
Figure 17 : Cartographie de l'épaisseur osseuse au niveau du palais chez l'adolescent à partir de coupes tomographiques.....	30
Figure 18 : Zone de sûreté pour l'implantation des minivis palatines, vue palatine	33

Table des tableaux

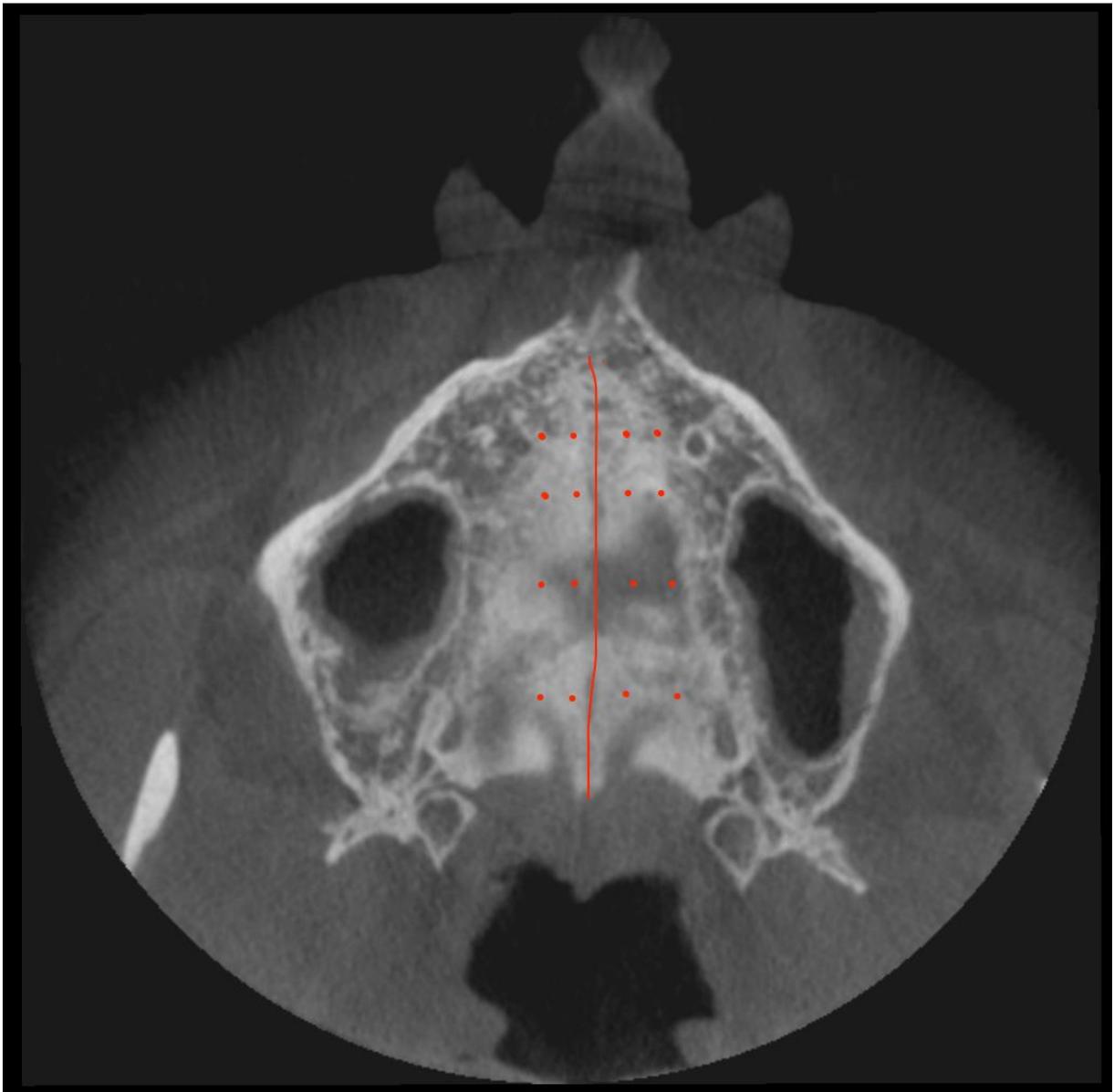
Tableau 1 : Fraction du tissu dur par rapport au tissu osseux total selon la localisation (en pourcentage)	16
Tableau 2 : Fraction du tissu dur par rapport au tissu osseux total selon l'age.....	17
Tableau 3 : Épaisseur de l'os palatin, considérée selon le sexe et la distance par rapport au foramen incisif, le long de la suture palatine.....	29
Tableau 4 : Épaisseur de l'os palatin (en mm), considérée selon le sexe et la distance par rapport au foramen incisif, le long de la suture palatine.....	29

Annexes

Madame K, 15 ans

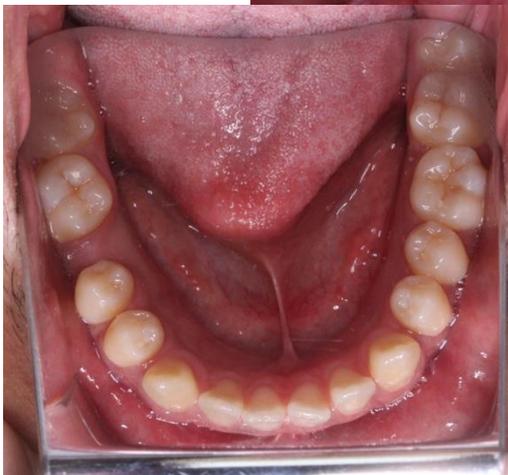
Patiente de 15 ans avec un déficit du sens transversal et une béance squelettique, il a été décidé de réaliser une distraction orthopédique sur minivis et un contrôle de la dimension verticale par des ancrages osseux (miniplaque) pour une ingression molaire maxillaire, associée à un traitement multi-attache.

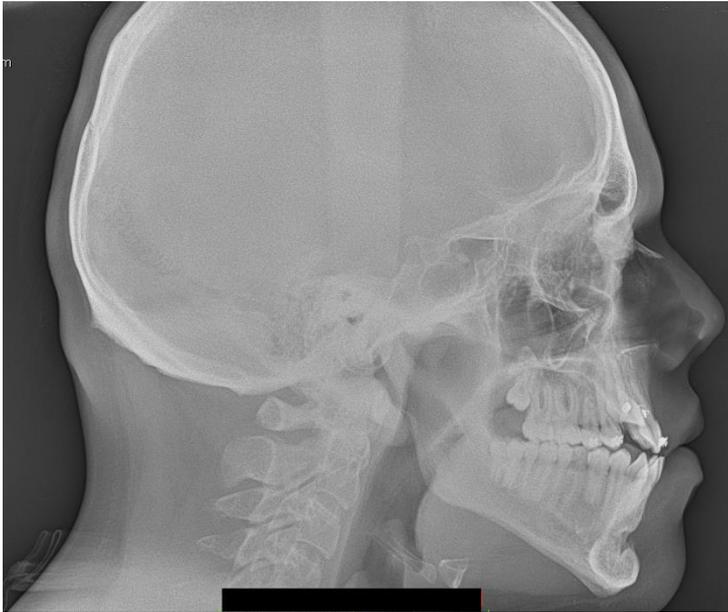




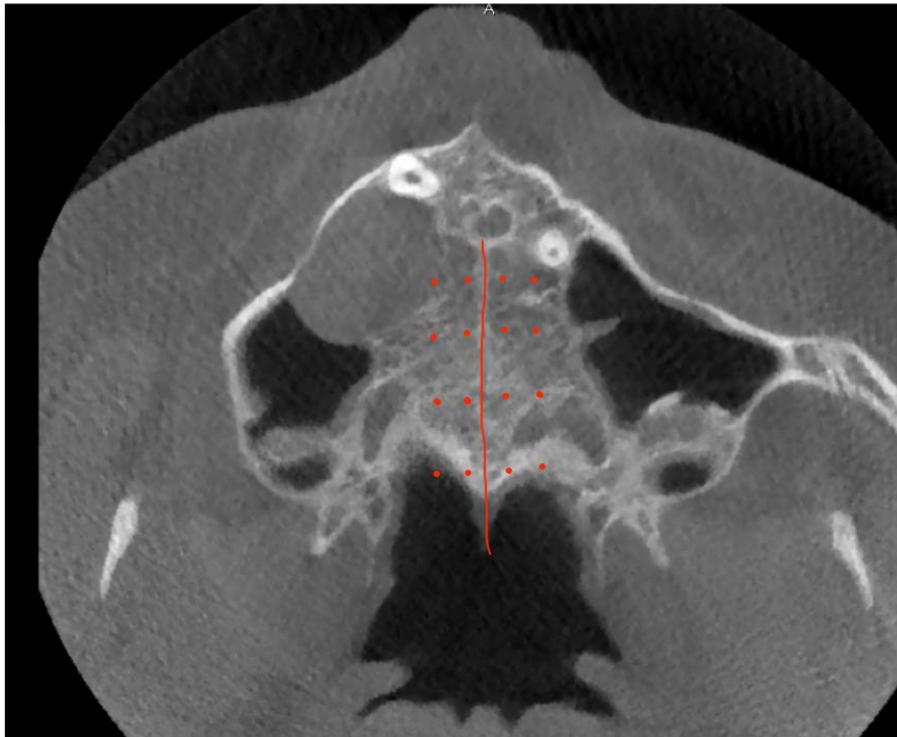
Monsieur E. 18 ans

Patient de 18 ans, en classe III squelettique avec bécance antérieure, il a été décidé de réaliser une distraction orthopédique sur minivis associée à un masque de protraction de Petit (car la perméabilité de la suture ptérygo-maxillaire nous autorisait une orthopédie de classe III malgré l'âge du patient).



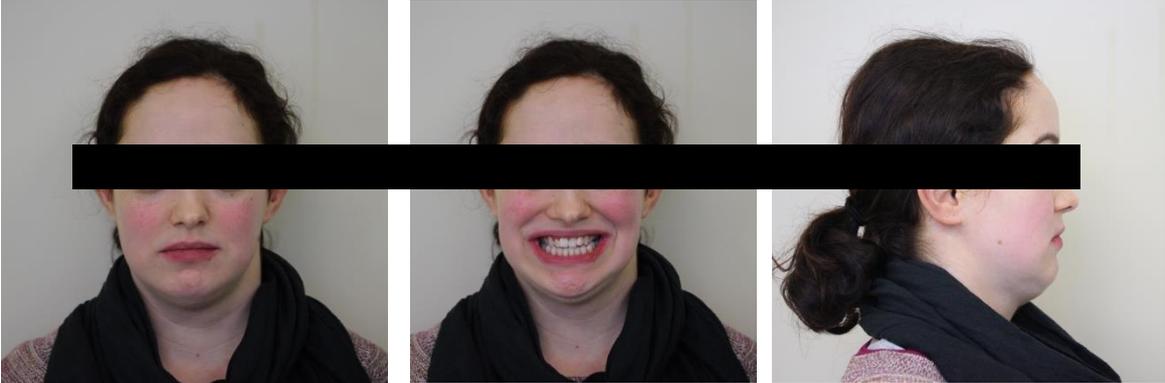


Céphalométrie	Objectifs	Patient	Interprétation
FMA (°)	68±3	60	
FMA (°)	25±3	26	
IMPA (°)	87±3	94	
SNA (°)	82±2	87	
SNB (°)	80±2	81	
ANB (°)	2±2	6	Classe II Ballard
Ao-Bo (mm)	2±2	1,5	
Plan d'Occ. (°)	10±2	16	
Angle Z (°)	75±5		
Upper Lip (mm)		15	
Total Chin (mm)		15	
Ht Faciale Post (mm)	45		
Ht Faciale Ant (mm)	65		
Index Post/Ant	0,70±0,05		
Axe Incisive maxillaire	107		



Madame C. 22 ans

Patiente de 22 ans, il a été décidé de corriger le déficit transversal par une distraction orthopédique sur minivis.



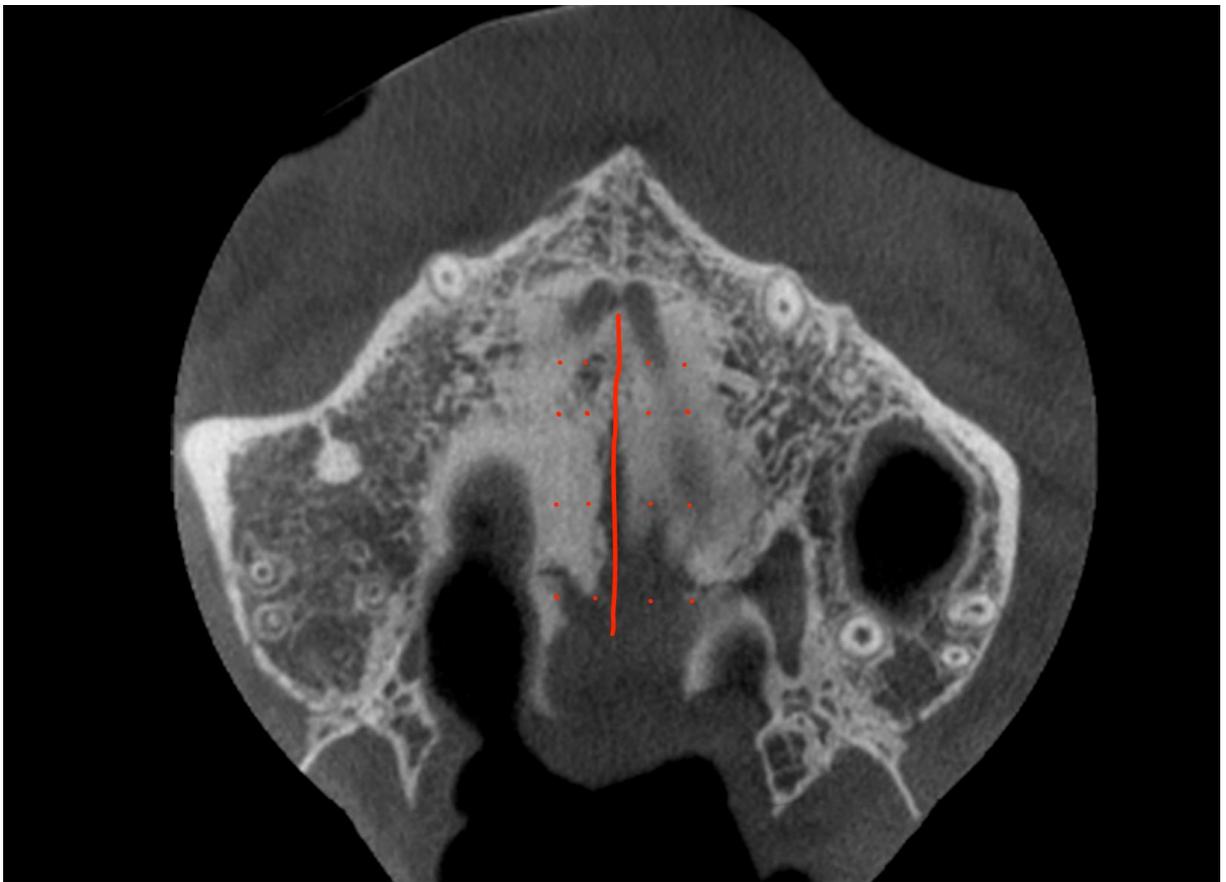
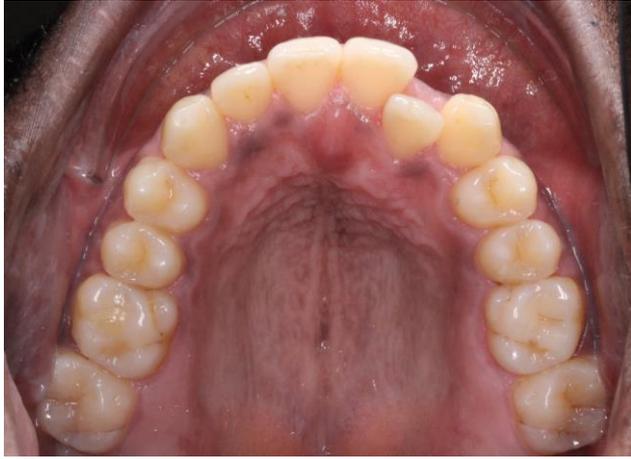


Céphalométrie	Objectifs	Patient	Interprétation
FMA(°)	68±3	65	
FMA (°)	25±3	20	Hyperdivergente
MPA (°)	87±3	95	Vestibuloversion
SNA (°)	82±2	75	Rétromaxille
SNB (°)	80±2	74	Rétromandibule
ANB (°)	2±2	1	Classe I Ballard
Ao-Bo (mm)	2±2	0	
Plan d'Occ. (°)	10±2	2	
Angle Z (°)	75±5	75	
Upper Lip (mm)		12	
Total Chin (mm)		11	
Ht Faciale Post (mm)	45	47	
Ht Faciale Ant (mm)	65	63	
Index Post/Ant	0,70±0,05	0,76	
Axe Incisive maxillaire	107	117	

Monsieur G. 19 ans

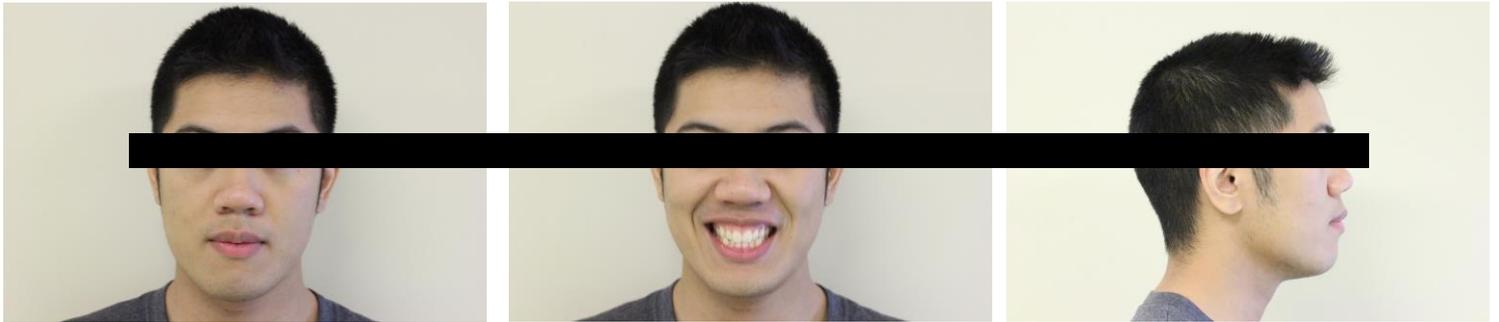
Patient de 19 ans, en reprise de traitement, se plaint de son encombrement antérieur maxillaire. Il a été décidé de corriger le déficit transversal par une distraction maxillaire sur minivis (type MSE) associé à un traitement multi-attache.





Monsieur N. 23 ans

Ce patient se plaint de son encombrement antérieur mandibulaire, en classe I squelettique et classe III dentaire, il a été décidé de réaliser une distraction orthopédique sur minivis associée à un recul mandibulaire sur ancrage osseux (après extraction des dents de sagesse).





Vu, le Directeur de thèse

Vu, le Doyen de l'UFR d'Odontologie

Docteur Pascal GARREC

Professeur Louis MAMAN

Vu, le Président d'Université de Paris

Professeur Christine CLERICI

Pour le Président et par délégation,

Le Doyen Louis MAMAN

Évaluation du volume osseux palatin chez les patients bénéficiant de distraction orthopédique assistée par minivis

Mehdi Sersab. Évaluation du volume osseux palatin chez les patients bénéficiant de distraction orthopédique assistée par minivis. 2021. 50 p. : ill., tabl. Réf. bibliographiques p. 35-38.

Sous la direction de M. le Docteur Pascal Garrec

Université de Paris
UFR d'Odontologie - Montrouge
1, rue Maurice Arnoux - 92120 Montrouge