

Année : 2021

N° 3729

**Expansion transversale non chirurgicale du
maxillaire**

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par :

Solen DANFLOUS

*Le 10 juin 2021
Devant le jury ci-dessous*

Président : Madame le Professeur Fabienne PEREZ
Assesseur : Monsieur le Docteur Marc-Henri NIVET
Assesseur : Madame le Docteur Mathilde OYALLON

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Stéphane RENAUDIN

Par délibération en date du 6 décembre 1972, le conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur donner aucune approbation, ni improbation.

REMERCIEMENTS

A Madame le Professeur **Fabienne PEREZ**

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Toulouse 3

Habilitée à Diriger les Recherches

Chef du département d'Odontologie Conservatrice - Endodontie

Chef du Service d'Odontologie Conservatrice et Pédiatrique

- NANTES -

Pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury de thèse,

Pour votre disponibilité et votre écoute,

Veillez trouver ici l'assurance de mon profond respect et de ma reconnaissance la plus sincère.

A Monsieur le Docteur **Stéphane RENAUDIN**

Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier des Centres de Soins
d'Enseignement et de Recherche Dentaires
Chef du Département d'Orthopédie-Dento-Faciale

- NANTES -

*Pour m'avoir fait l'honneur de diriger cette thèse,
Je vous en suis sincèrement reconnaissante.
Je tenais à vous remercier pour le temps que vous m'avez accordé,
Votre rigueur ainsi que tous vos précieux conseils en clinique.
Veuillez trouver ici l'expression de mon entière gratitude et de mon profond respect.*

A Monsieur le Docteur **Marc-Henri NIVET**

Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier des Centres de Soins
d'Enseignement et de Recherche Dentaires
Département d'Orthopédie Dento-Faciale

- NANTES -

*Pour avoir accepté de siéger dans mon jury,
Pour votre pédagogie et votre gentillesse.
Veuillez trouver ici l'expression de mon entière gratitude et de mon profond respect.*

A Madame le Docteur **Mathilde OYALLON**

Assistante Hospitalier Universitaire des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche
Dentaires
Département d'Orthopédie Dento-Faciale

- NANTES –

*Pour avoir accepté de siéger dans mon jury,
Pour ta bonne humeur et ta bienveillance lors des vacances cliniques,
Ton engagement et ton implication pour les enseignements théoriques.
Reçois l'expression de mon profond respect.*

Table des matières

| | |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| Liste des abréviations..... | 11 |
| Introduction..... | 12 |
| 1. Rappels d'anatomie et de croissance..... | 14 |
| 1.1 Le maxillaire..... | 14 |
| 1.1.1 Anatomie..... | 14 |
| 1.1.2 Croissance..... | 14 |
| 1.2 La suture palatine médiane..... | 15 |
| 1.2.1 Anatomie..... | 15 |
| 1.2.2 Croissance..... | 15 |
| 2. Expansion maxillaire..... | 16 |
| 2.1 Définition..... | 16 |
| 2.1.1 Expansion alvéolo-dentaire..... | 16 |
| 2.1.2 Expansion basale..... | 16 |
| 2.1.2.1 Expansion maxillaire rapide..... | 16 |
| 2.1.2.2 Expansion maxillaire lente..... | 17 |
| 2.1.2.3 Expansion maxillaire mixte..... | 17 |
| 2.2 Indications de l'expansion maxillaire rapide..... | 17 |
| 2.3 Contre-indications de l'expansion maxillaire rapide..... | 17 |
| 2.4 Age du traitement et facteurs de réussite..... | 18 |
| 2.4.1 Denture temporaire..... | 19 |
| 2.4.2 Denture mixte..... | 19 |
| 2.4.3 Denture adulte..... | 19 |
| 2.5 Dispositifs utilisés et leurs principes..... | 26 |
| 2.5.1 A ancrage dentaire..... | 26 |
| 2.5.2 A ancrage dentaire et tissulaire..... | 36 |
| 2.5.3 A ancrage dentaire et osseux..... | 38 |
| 2.5.4 A ancrage osseux..... | 41 |
| 2.6 Corticotomies..... | 42 |
| 3. Effets de l'expansion maxillaire..... | 44 |
| 3.1 Sur le maxillaire..... | 44 |
| 3.2 Sur les arcades dentaires..... | 46 |
| 3.3 Alvéolo-dentaires et dentaires..... | 46 |
| 3.4 Sur la mandibule..... | 49 |
| 3.5 Sur les sutures péri-maxillaire..... | 50 |
| 3.6 Sur la cavité nasale..... | 51 |
| 3.7 Sur les tissus mous..... | 52 |
| 3.8 Sur les fonctions..... | 52 |
| 3.8.1 Ventilation..... | 52 |
| 3.8.2 Déglutition, posture linguale..... | 53 |
| 3.8.3 Audition..... | 54 |
| 3.9 ATM..... | 55 |
| 3.10 Enurésie nocturne..... | 55 |
| 3.11 Effets indésirables..... | 55 |
| 3.11.1 Parodontaux..... | 55 |
| 3.11.2 Dentaires..... | 57 |
| 4. Récidives et contention..... | 58 |
| Conclusion..... | 59 |
| Bibliographie..... | 60 |
| Liste des figures..... | 70 |
| Liste des tableaux..... | 72 |

Liste des abréviations

ATM = Articulation Temporo-Mandibulaire
CBCT = Cone Beam Computed Tomography
CVM = Cervical Vertebral Maturation
EML = Expansion Maxillaire Lente
EMM = Expansion Maxillaire Mixte
EMR = Expansion Maxillaire Rapide
EMRAC = Expansion Maxillaire Rapide Assistée Chirurgicalement
EMRAP = Expansion Maxillaire Rapide Assistée par Piézocision
EPR = Expansion Palatine Rapide
MARPE = Miniscrew Assisted Rapid Palatal Expander
MSE = Maxillary Skeletal Expander
PAR = Phénomène d'Accélération Régionale
SAOS = Syndrome d'Apnée Obstructive du Sommeil

Introduction

Les insuffisances du sens transversal au maxillaire sont une composante très fréquente des malocclusions. Les étiologies sont diverses et peuvent concerner la dimension squelettique (endognathie) et/ou dento-alvéolaire (endoalvéolie). Elles sont généralement accompagnées d'encombrement à l'arcade supérieure et/ou d'occlusion inversée postérieure uni ou bilatérale.

Chez nos jeunes patients, l'interception de ces anomalies doit être une priorité en orthodontie car elles constituent un verrou de croissance pour la mandibule.

De plus, les anomalies du sens transversal sont souvent associées à des anomalies du sens vertical et sagittal, elles doivent donc être diagnostiquées et traitées précocement afin d'éviter toute répercussion dans les autres dimensions de l'espace¹.

Nous pouvons fréquemment retrouver une anomalie d'origine cinétique (latérodéviations mandibulaire) qui s'ajoute fréquemment aux insuffisances transversales maxillaires. Un diagnostic différentiel entre la latérodéviations et la latérogathie, anomalie d'origine squelettique pouvant faire suite avec la croissance, à une anomalie cinétique devra être fait lors de l'examen clinique. Le traitement de l'insuffisance maxillaire transversale permettra de corriger cette anomalie cinétique qui doit donc être précoce afin de garantir une croissance harmonieuse et d'éviter toute évolution qui pourrait aboutir à une latérogathie.

En outre, les déficits du sens transversal du maxillaire sont souvent associés à des dysfonctions, la ventilation buccale étant une des principales dysfonctions. La rééducation fonctionnelle est donc primordiale et devra faire partie intégrante de nos thérapeutiques afin d'éviter au maximum les récurrences du sens transversal.

Différentes thérapeutiques avec un large choix de dispositifs seront choisies en fonction du type d'anomalie (squelettique ou dento-alvéolaire) et du stade d'ossification de la suture palatine médiane concernant les anomalies squelettiques.

A l'heure actuelle, une connaissance plus approfondie du stade de maturation de la suture palatine médiane, permise essentiellement par l'imagerie médicale avec notamment la démocratisation du cone-beam CT, repousse l'âge de la thérapeutique non chirurgicale de l'endognathie maxillaire qui n'est plus limitée aux patients en croissance.

Ainsi, pour les enfants, les adolescents et les jeunes adultes une thérapeutique non chirurgicale pourra être mise en œuvre.

Nous aborderons dans un premier temps des rappels d'anatomie et de croissance, nous définirons dans un second temps l'expansion maxillaire non chirurgicale avec ses indications ainsi que les dispositifs les plus couramment utilisés puis nous exposerons les effets de l'expansion maxillaire avant d'évoquer les récurrences et la contention.

1. Rappels d'anatomie et de croissance

1.1 Le maxillaire

1.1.1 Anatomie

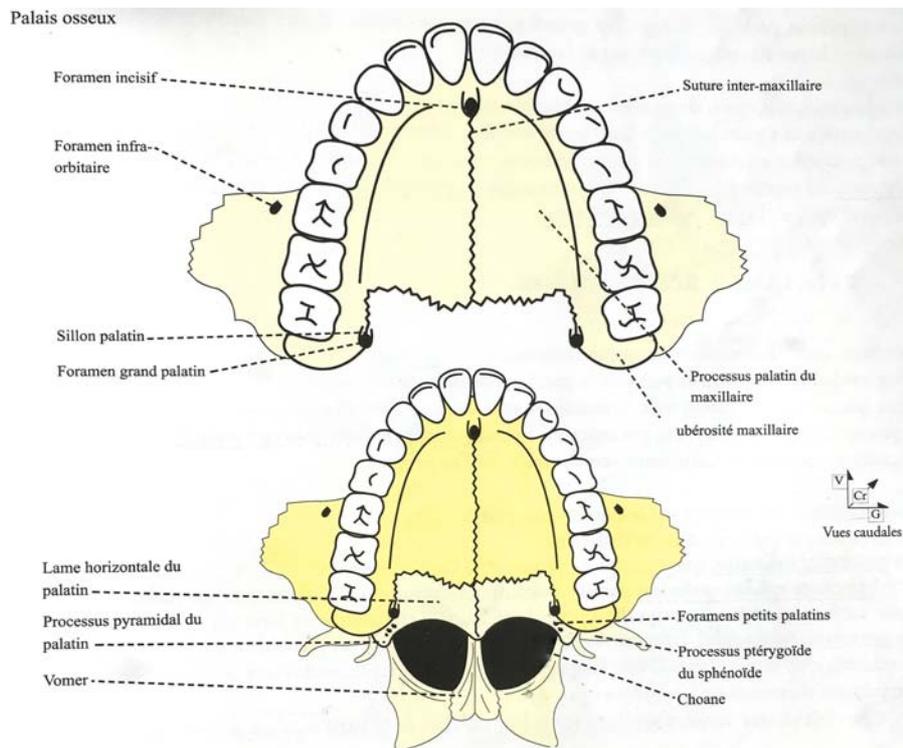


Fig 1. Anatomie du palais osseux

Source : Laurentjoye et al², 2013

Il s'agit de l'os le plus volumineux de la face. Il est situé au centre de l'étage moyen de la face et constitue l'essentiel du massif facial supérieur.

Il est composé dans sa partie inférieure, d'une lame horizontale nommée processus palatin, qui, en s'articulant avec son homologue, forme la partie antérieure du palais osseux (Fig1).

La partie antérieure du palais osseux sépare la cavité nasale de la cavité buccale².

1.1.2 Croissance

La croissance de la face supérieure est principalement suturale et périostée : elle se produit vers le bas et vers l'avant.

La dimension verticale du maxillaire serait influencée par la présence ou l'absence de germes dentaires ainsi que par la croissance du septum nasal.

De plus, les facteurs fonctionnels tels que la ventilation et la mastication exercent un rôle déterminant dans la croissance du maxillaire³.

1.2 La suture palatine médiane

1.2.1 Anatomie

Les 2 processus palatins du maxillaire sont séparés par la suture intermaxillaire.

La lame horizontale de l'os palatin prolonge postérieurement le processus palatin du maxillaire : elle est séparée par la suture interpalatine. Ces deux sutures (intermaxillaire et interpalatine) forment ce qu'on appelle plus communément la suture palatine médiane. De plus, la suture palatine transverse réunit les processus palatins du maxillaire avec la lame horizontale de l'os palatin.

1.2.2 Croissance

Les sutures sont des sites de croissance secondaire (adaptative), répondant aux stimuli externes. D'après Delaire, il s'agit de « merveilleux joints de dilatation à rattrapage automatique et ossification marginale ».

Les thérapeutiques orthopédiques peuvent agir en modifiant la croissance suturale et périostée car elles sont sensibles aux facteurs mécaniques⁴.

L'un des facteurs principaux de stimulation mécanique de la suture intermaxillaire est la fonction linguale.

La suture palatine médiane peut donc répondre aux sollicitations mécaniques mais avant qu'elle ne se synostose⁵. La synostose correspond à l'ossification de la suture qui ne répondra donc plus aux sollicitations mécaniques, par conséquent, la thérapeutique envisagée ne sera plus orthopédique mais chirurgicale.

2. Expansion maxillaire

2.1 Définition

2.1.1 Expansion alvéolo-dentaire

Elle est le traitement de l'endoalvéolie, dont le diagnostic clinique s'appuie sur l'orientation des procès alvéolaires et des axes des dents des secteurs latéraux et postérieurs qui ont une orientation corono-palatine. Le diagnostic peut être complété par une téléradiographie de face.

L'endoalvéolie est le reflet du déséquilibre des muscles buccinateur et de la langue.

Ces anomalies alvéolo-dentaires peuvent compenser une discordance squelettique transversale (exognathie maxillaire ou endognathie mandibulaire) ce qui permet l'obtention d'une occlusion transversale normale ou au contraire, être responsables d'une occlusion inversée si il n'existe pas de compensation ou si elles sont dépassées par le déséquilibre musculaire⁶.

2.1.2 Expansion basale

2.1.2.1 Expansion maxillaire rapide

L'expansion maxillaire rapide (EMR) a été premièrement décrite par Emerson Angell en 1860⁷ et popularisée plus tard par Haas.

Il s'agit d'une technique orthopédique indiquée pour le traitement des endognathies maxillaires ou des dysfonctions (ventilation principalement). L'expansion est réalisée en activant un vérin ce qui engendre une force centripète forte qui, dépassant la résistance de la suture médio-palatine, écarte les maxillaires⁸.

L'expansion consiste généralement à activer deux quarts de tour par jour le vérin ce qui correspond à une expansion de 0,4 à 0,5mm par jour. Les patients sont suivis toutes les semaines⁹.

L'expansion est réalisée en une à trois semaines selon la sévérité de la contraction maxillaire et/ou de l'encombrement dentaire.

2.1.2.2 Expansion maxillaire lente

L'expansion maxillaire lente (EML) permet de réaliser l'expansion du maxillaire grâce à un remodelage dento-alvéolaire avec des forces légères, continues et prédéterminées¹⁰.

Les activations sont généralement de un demi tour par semaine (un quart de tour le jeudi et un quart de tour le vendredi par exemple), correspondant à 0,4mm ou 0,5mm d'expansion par semaine.

2.1.2.3 Expansion maxillaire mixte (EMM)

Les activations du disjoncteur sont réalisées en deux phases, une première phase très rapide et une seconde phase lente. La première phase commence au fauteuil et se déroule en trois étapes avec quatre, deux puis un quart de tour respectivement effectuées lors du même rendez-vous jusqu'à ce que la suture soit ouverte. La diminution de la sensibilité des dents d'ancrage et/ou de la sensibilité autour de la suture peut indiquer la séparation des hémimaxillaires.

Une radiographie occlusale confirme le succès de la disjonction avant et après expansion maxillaire. Dans le cas de résistance augmentée de la suture palatine, une quatrième étape avec deux quarts de tour additionnels peut être appliquée.

Après ouverture de la suture, la seconde phase d'expansion commence, les parents continuent les activations avec un quart de tour tous les trois jours. Les patients sont suivis toutes les deux semaines^{9,11}.

L'expansion est effectuée entre quatre et six mois, en fonction de la sévérité de la constriction maxillaire et/ou de l'encombrement dentaire.

2.2 Indications de l'expansion maxillaire rapide

L'expansion du maxillaire est principalement utilisée pour la correction des constrictions maxillaires dont le diagnostic peut être un maxillaire étroit ou une mandibule large ainsi que des crossbite postérieurs uni ou bilatéraux.

Elle est également indiquée pour la correction d'une déviation de la mandibule d'origine cinétique, très importante à corriger précocement car elle peut entraîner une asymétrie faciale squelettique ainsi que des dysfonctions temporo-mandibulaires¹².

Elle peut être le traitement permettant d'augmenter la longueur d'arcade pour des patients ayant un encombrement antérieur modéré ou ayant un risque de canines incluses.

Pour les malocclusions de classe III, l'EMR est employée en combinaison avec un masque facial orthopédique pour produire à la fois des effets squelettiques et dento-alvéolaires¹³.

L'expansion du maxillaire est également nécessaire pour les patients atteints de fentes labiale et palatine, le maxillaire pouvant être sévèrement atrésié.

Elle pourra être nécessaire dans le cadre de la rééducation fonctionnelle pour des patients atteints de troubles de la ventilation.

2.3 Contre-indications de l'expansion maxillaire rapide

L'expansion maxillaire rapide sera à éviter chez les patients non coopérants, lorsqu'une seule dent est en occlusion inversée, pour les patients ayant une béance antérieure, un angle du plan mandibulaire élevé ainsi qu'un profil convexe.

2.4 Age du traitement et facteurs de réussite

Plusieurs troubles du métabolisme sont associés avec des synostoses des sutures comme l'hyperthyroïdie, le rachitisme hypophosphatémique vitamine D résistant, les mucopolysaccharidoses et les mucopolipidoses. Ces pathologies sont étroitement liées avec le métabolisme osseux. L'expansion maxillaire peut être non réalisable chez des patients jeunes qui souffrent de l'une de ces pathologies¹².

Selon Melsen, une action orthopédique peut être réalisée sur la suture palatine médiane jusqu'à 16 ans pour les filles et 18 ans pour les garçons¹⁴.

L'action des différents appareils dépend de l'intensité des forces employées ainsi que du stade de maturation de la suture médio-palatine.

2.4.1 Denture temporaire

Les dispositifs peuvent être amovibles comme la plaque à vérin ou fixes comme le quad-hélix sur gouttières ou sur bagues⁸ ainsi que le disjoncteur Hyrax scellé sur gouttières au niveau les dents postérieures¹⁵.

2.4.2 Denture mixte

Le quad-hélix est indiqué dans les cas d'insuffisance et de constriction maxillaire, pour la dérotation des premières molaires permanentes maxillaires.

Il peut avoir une action alvéolaire (dans les cas d'endoalvéolie) et basale (dans les cas d'endognathie), cela dépend de l'âge du patient et de la quantité d'expansion donnée. En effet, une action squelettique peut être obtenue en denture temporaire ou mixte.

Lorsque l'activation est plus faible, les effets dento-alvéolaires sont présents, il n'y a pas de disjonction de la suture intermaxillaire.

Le disjoncteur pourra également être utilisé en présence d'endognathie maxillaire.

2.4.3 Denture adulte

Les dispositifs cités précédemment peuvent également être utilisés chez l'adulte. Ainsi, le quad-hélix permet la correction d'endoalvéolies et le disjoncteur la correction d'endognathies. La disjonction orthopédique est permise en fonction du stade de maturation de la suture palatine médiane.

Bien que la suture palatine médiane puisse être fermée lorsqu'elle est évaluée radiographiquement, elle n'est pas nécessairement unifiée. Ainsi, l'expansion palatine rapide (EPR) non chirurgicale est une procédure réalisable pour les jeunes adultes de vingt ans¹⁶.

L'évaluation individuelle de la maturation de la suture palatine médiane sur des images CBCT peut-être une indication prometteuse pour une EMR conventionnelle ou chirurgicale, évitant une chirurgie non nécessaire¹⁷.

Durant le processus de maturation, les interdigitations de la suture palatine médiane augmentent^{14,18} ; la fusion se produit postérieurement puis progresse antérieurement de l'os palatin à l'os maxillaire^{18,19}.

Les études portant sur la fusion de la suture palatine médiane montrent de très grandes variabilités selon l'âge et le sexe.

En effet, selon deux études descriptives : Persson et Thilander ont observé une fusion de la suture palatine médiane chez une femme de 15 ans et un homme de 21 ans, mais d'autre part, aucune fusion de la suture palatine médiane n'a été observée chez des patients âgés de 27 à 32 ans¹⁹ ou encore 54 ans¹⁸.

Dans des études descriptives et des essais contrôlés, plusieurs auteurs ont décrit des traitements par EMR ayant fonctionné, avec succès chez des patients adultes^{20,21,22}. Ainsi, pour ces patients, une évaluation clinique individualisée de la maturation de la suture palatine médiane est recommandée avant EMR, afin d'opter pour une EMR conventionnelle ou une expansion maxillaire rapide assistée chirurgicalement (EMRAC).

Revelo et Fishman²³ ont proposé une évaluation individuelle de la morphologie de la suture palatine médiane avec des radiographies occlusales avant traitement par EMR. Cependant, les radiographies occlusales ne sont pas fiables pour analyser la morphologie de la suture palatine médiane car le vomer et les structures externes du nez se superposent à la région palatine médiane et cela pourrait donc conduire à des interprétations radiographiques faussées de la fusion de la suture médio-palatine.

Angelieri et al²⁴ ont introduit une nouvelle méthode de classification pour l'évaluation individuelle de la maturation de la suture palatine médiane (Fig 1) à partir de Cone-Beam computed tomography (CBCT) issus de 140 patients âgés de 5 à 58 ans.

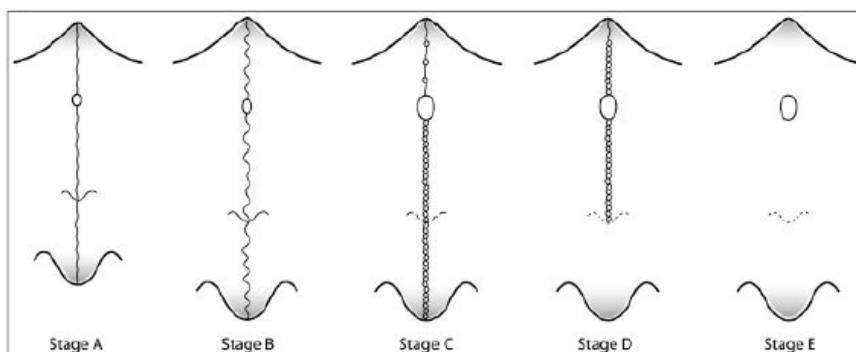


Fig 2. Schéma simplifié des différents stades de maturation de la suture palatine médiane

Source : Angelieri et al²⁴, 2013.

Elle se compose de 5 stades :

Stade A : la suture palatine médiane est représentée par une ligne presque droite à haute densité avec aucune ou de faibles interdigitations (Fig 2).

Stade B : la suture palatine médiane adopte une forme irrégulière et apparaît comme une ligne en dents de scie (Fig 3 A). Les patients au stade B peuvent aussi avoir certaines petites zones avec 2 lignes parallèles, en dents de scie de haute densité très près l'une de l'autre et séparée par de petits espaces de faible densité (Fig 3 B).

Stade C : la suture palatine médiane se présente comme 2 lignes parallèles en dents de scie et de haute densité qui sont très proches l'une de l'autre, séparées par des petits espaces de faible densité dans les os maxillaire et palatin (entre le foramen incisif et la suture maxillo-palatine et derrière la suture maxillo-palatine). La suture peut être organisée comme une structure rectiligne ou irrégulière (Fig 4 A et B).

Stade D : la fusion de la suture palatine médiane se produit dans l'os palatin, avec une maturation progressive de la partie postérieure vers la partie antérieure. Dans l'os palatin, la suture palatine médiane ne peut pas être visualisée à cette étape, et la densité osseuse adjacente à la suture augmente (os de densité élevée) par comparaison avec la densité de l'os maxillaire adjacente à la suture. Dans la portion maxillaire de la suture, la fusion ne s'est pas encore produite, et la suture est toujours visible comme 2 lignes de haute densité séparées par des petits espaces de faible densité (Fig 5).

Stade E : La fusion de la suture palatine médiane se produit au maxillaire. La suture actuelle n'est pas visible au moins dans une partie du maxillaire. La densité osseuse est la même que dans les autres régions du palais (Fig 6).

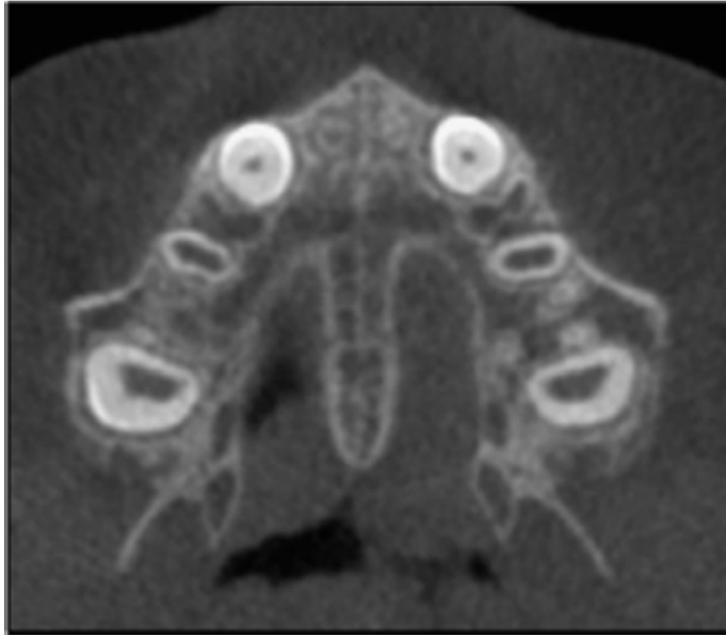


Fig 3. Stade A : la suture palatine médiane correspond à une ligne relativement droite de haute densité

Source : Angelieri et al²⁴, 2013.

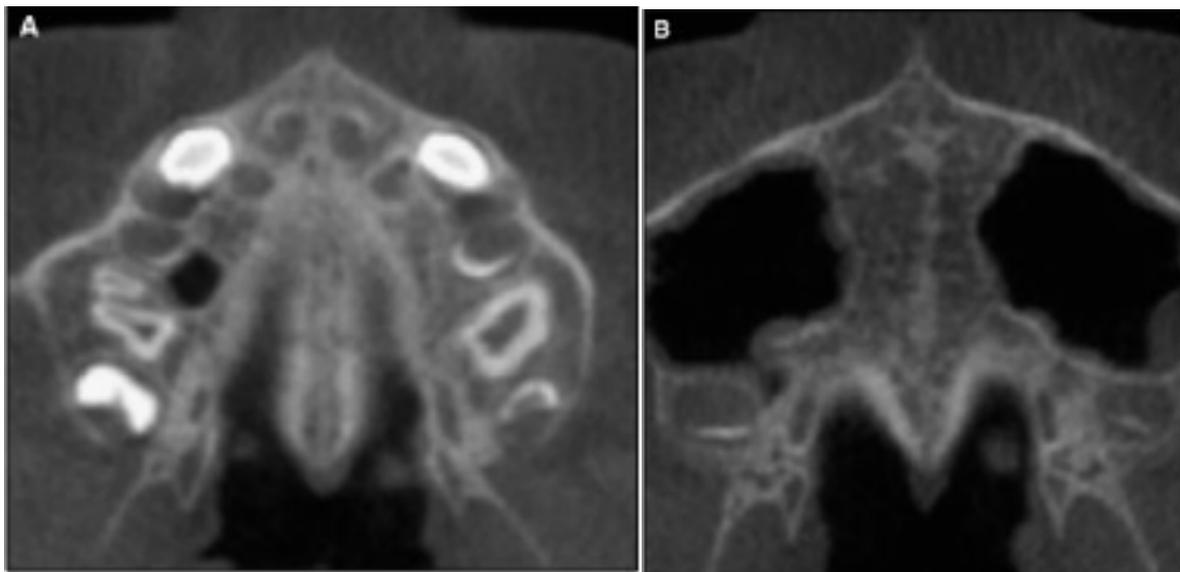


Fig 4. Stade B

A. La ligne médiane est en dents de scie et de haute densité

B. La ligne médiane est en dents de scie et de haute densité dans certaines zones et, dans les autres zones, 2 lignes parallèles en dents de scie de haute densité très proches l'une de l'autre et séparées par de petits espaces de faible densité

Source : Angelieri et al²⁴, 2013.

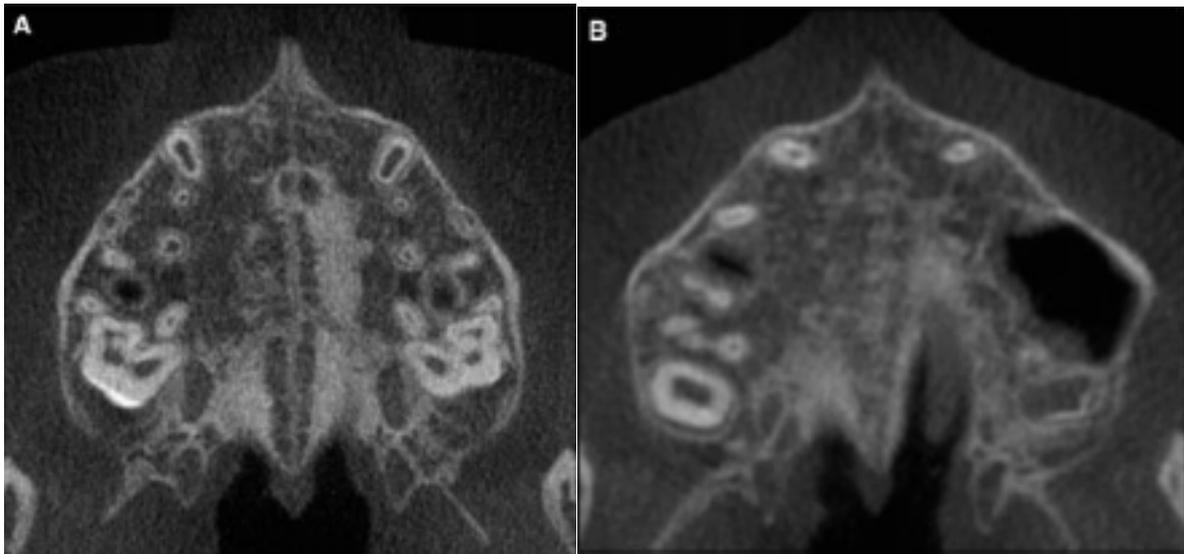


Fig 5. Stade C : 2 lignes parallèles, en dents de scie et de haute densité très proches l'une de l'autre et séparées dans certains endroits par des petits espaces de faible densité. La suture peut être organisée comme une structure rectiligne **A.** ou irrégulière **B.**

Source : Angelieri et al²⁴, 2013.

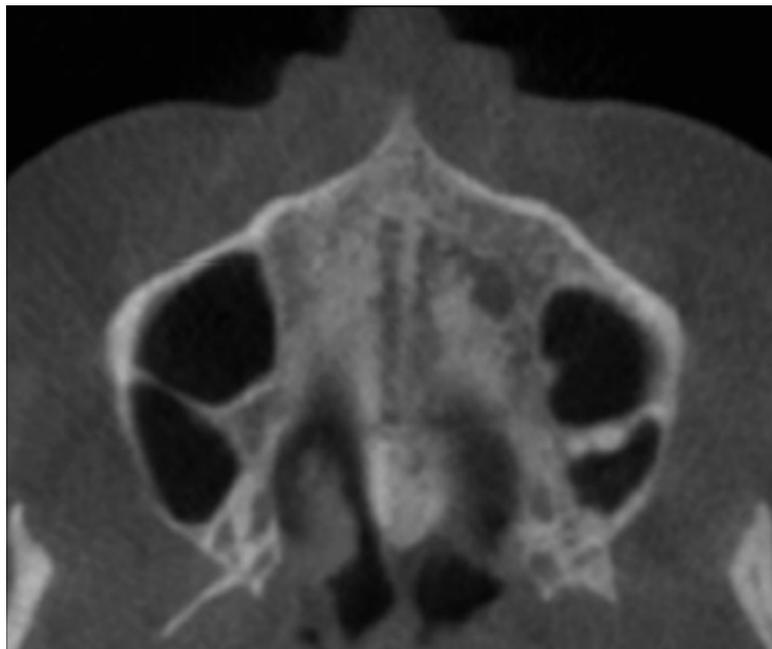


Fig 6. Stade D : 2 lignes en dent de scie, de haute densité au milieu de la portion maxillaire du palais. La suture palatine ne peut pas être visualisée dans l'os palatin et la densité de l'os palatin jouxtant la suture est plus élevée comparé à celle de l'os maxillaire.

Source : Angelieri et al²⁴, 2013.



Fig 7. Stade E : la fusion de la suture se produit au maxillaire. La suture palatine médiane ne peut pas être identifiée, et la densité osseuse adjacente à la suture est la même que pour les autres régions du palais.

Source : Angelieri et al²⁴, 2013.

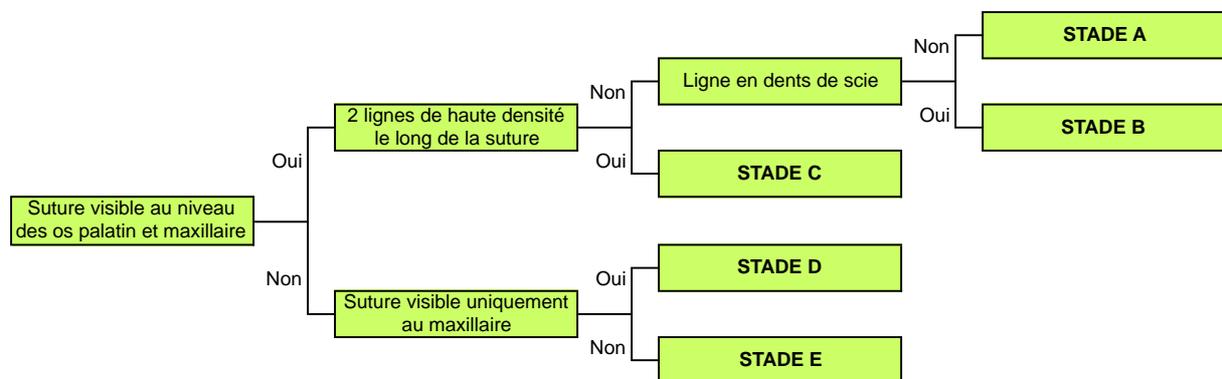


Fig 8. Schéma simplifié pour déterminer le stade de maturation de la suture palatine médiane

Angelieri et al²⁴ ont relié l'âge des patients (âgés de 5 à 58 ans) avec leur stade de maturation de la suture palatine médiane. Ils ont observé que le stade A est retrouvé chez les enfants entre 5 et 11 ans. Le stade B est présent principalement jusqu'à 13 ans mais peut aller jusqu'à 18 ans. Le stade C est observé principalement entre 11 et 18 ans mais peut être également observé en deçà et au delà de cet intervalle. Les stades D et E sont principalement retrouvés à l'âge adulte ainsi que chez les filles âgées de 14 à 18 ans.

Angelier et al²⁵ ont démontré à partir de 142 CBCT de sujets âgés de 5 à 58 ans, que le stade de maturation de la suture palatine médiane est lié à la croissance squelettique, car un fort coefficient de corrélation a été mis en évidence entre la maturation des vertèbres cervicales selon la méthode CVM de Bacetti²⁶ (Fig 8) et les stades de maturation de la suture palatine médiane (Fig 1).

Ainsi, les stades prépubères (stade cervical CS1 et CS2) sont des indicateurs fiables pour les stades A et B de la maturation de la suture palatine médiane. Dans le stade pubertaire (CS3), le patient est probablement au stade C de la maturation de la suture palatine médiane. Dans les stades post-pubères (CS4 et CS5) cela peut correspondre au stade C (72% des patients au stade CS4 et 13,5% des patients au stade CS5) ou aux stades D et E.

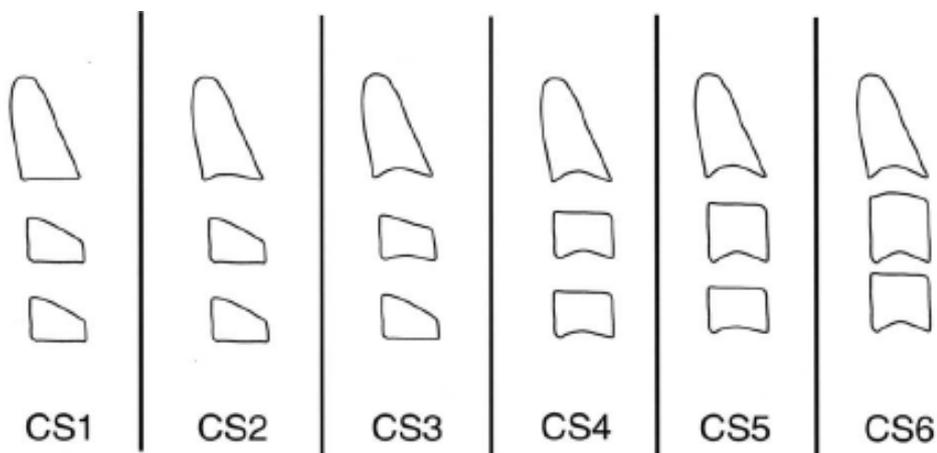


Fig 9. Schéma représentant les stades de maturation des vertèbres cervicales

Source : Bacetti et al,²⁶ 2005

Il convient donc d'évaluer individuellement la suture palatine médiane avec un CBCT avant de choisir entre une EMR conventionnelle (si stade C) ou une EMR assistée chirurgicalement (si stade D ou E).

Lorsque le stade CVM ne peut pas être évalué, l'âge peut être une alternative acceptable pour prédire le stade de maturation de la suture palatine médiane, particulièrement dans les stades précoces.

2.5 Dispositifs utilisés et leurs principes

2.5.1 A ancrage dentaire

Quad-hélix

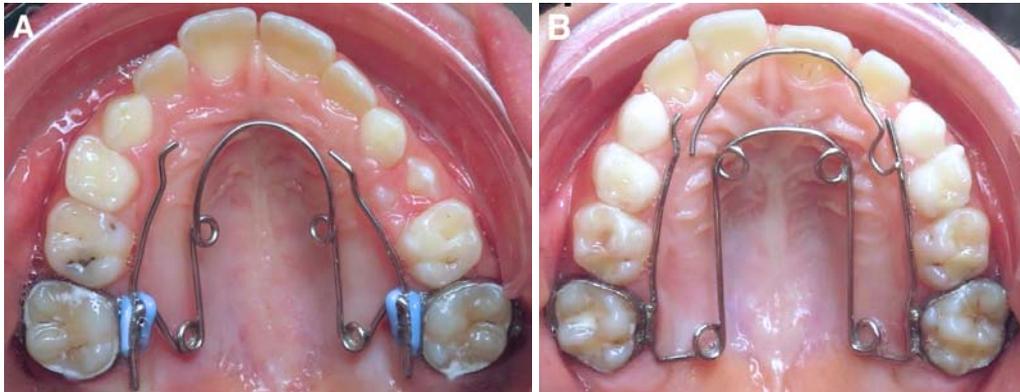


Fig 10. Quad-hélix amovible **A.** ou soudé sur bagues **B.**

Source : Auteur

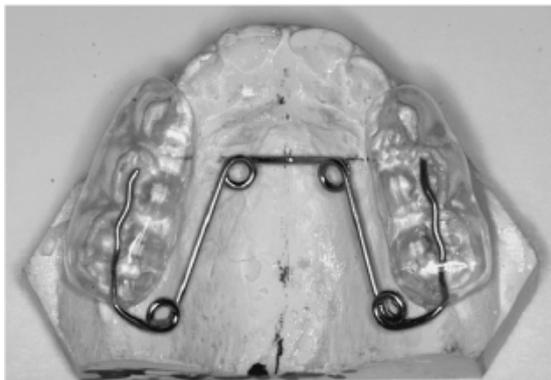


Fig 11. Quad-hélix scellé sur gouttières

Source : Le Gall et al²⁷, 2009

Il peut être amovible en s'insérant dans les fourreaux palatins des bagues des molaires maxillaires (Fig 9A) ou soudé sur les bagues des molaires maxillaires (Fig 9B).

En denture temporaire, il sera de préférence scellé sur gouttières²⁷ (Fig 10).

Il est conçu en Elgiloy bleu .036 et il se compose :

- d'une anse antérieure adaptée à la partie antérieure du palais, elle doit se situer 2mm en arrière de la papille rétro-incisive
- de 2 hélix antérieurs qui doivent se situer au niveau de la première prémolaire sans dépasser sa face mésiale ou entre la première prémolaire et la 2ème prémolaire

- de 2 hélix postérieurs situés au niveau de la première molaire maxillaire, ils sont inclinés pour ne pas blesser la langue
- de 2 bras latéraux contigus aux faces palatines des prémolaires avec un offset pour la canine

Il est activé sur une charte à partir de la forme d'arcade souhaitée. Il pourra être réactivé tous les 2 mois, cette activation se fera en extra-oral afin de contrôler l'intensité des activations effectuées.

Effets :

- **Squelettiques** : il pourrait avoir des effets comparables à la disjonction lorsqu'il est utilisé en denture temporaire ou en denture mixte. Pour cela, les forces doivent être suffisantes pour dépasser les capacités de résistance de la suture, ainsi la première activation doit être de 6mm minimum⁶. Il s'agit d'une EML.
- **Alvéolaires** : lorsque les forces exercées sont plus faibles.
- **Dérotation des molaires** : participe au déverrouillage de l'arcade mandibulaire, permet la correction des classes II molaire et d'obtenir plus d'espace sur l'arcade.
- **Sur les fonctions** : principalement la ventilation. Une grille anti-langue ou une perle de Tucat sur l'anse antérieure peuvent être ajoutées contribuant à la rééducation linguale et à l'arrêt d'une succion digitale.

Hyrax expander



Fig 12. Disjoncteur Hyrax scellé sur bagues

Source : Auteur



Fig 13. Disjoncteur Hyrax scellé sur gouttières

Source : Abdul-Aziz et al²⁸, 2019

Il peut être scellé sur 2 bagues au niveau des premières molaires maxillaires (Fig 11) ou 4 bagues sur les premières molaires et les premières prémolaires maxillaires ou sur gouttières (Fig 12).

A partir d'une empreinte à l'alginat, bagues en bouche, le laboratoire individualise la vis Hyrax pour qu'elle soit adaptée à l'anatomie du palais du patient, la vis est ensuite soudée aux bagues.

Idéalement, la vis doit avoir une position haute et postérieure (profondeur maximale palatine au niveau des premières molaires permanentes) afin de contrôler les effets secondaires dentaires et parodontaux d'après une étude descriptive²⁹.

Les activations engendrent des forces centripètes dépassant les capacités de résistance de la suture palatine médiane ce qui déclenche une disjonction de cette suture et donc un écartement des maxillaires.

La première semaine après la pose de l'appareil, le disjoncteur n'est pas activé pour laisser le temps au patient de s'y habituer.

Le rendez-vous programmé après une semaine est destiné à l'explication des activations aux parents ou au patient s'il s'agit d'un adulte. Une activation d'un quart de tour 2 fois par jour ou 2 quarts de tour une fois par jour doit être réalisée selon la préférence du patient. Chaque activation correspond à une expansion de la suture de 0,2mm ou 0,25mm selon le vérin.

Au bout de quelques jours d'activation, un diastème inter-incisif apparaît, il correspond à un signe positif de séparation de la suture. Le diastème se fermera en quelques semaines.

Chaque semaine le patient sera vu afin de contrôler l'expansion et éventuellement réadapter la fréquence des activations à 1 quart de tour 1 fois par jour selon la quantité d'expansion restante souhaitée.

Généralement, les activations sont réalisées durant 2 à 3 semaines. Le disjoncteur est ensuite laissé en place durant 4 à 6 mois pour la contention.

Disjoncteur en éventail

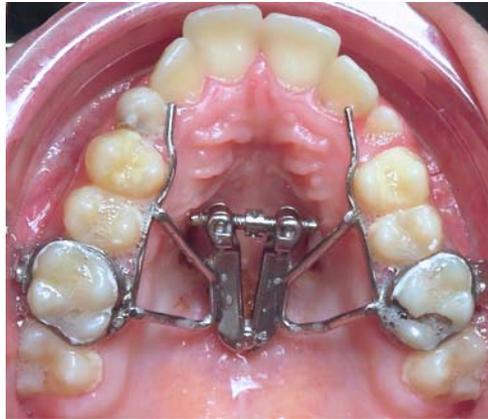


Fig 14. Disjoncteur en éventail

Source : Auteur

Il est choisi lorsqu'une expansion de la partie antérieure du maxillaire est souhaitée et est donc utilisé pour corriger les constrictions maxillaires antérieures (Fig 13).

La fréquence des activations est similaire au disjoncteur Hyrax.

Isaacson expander

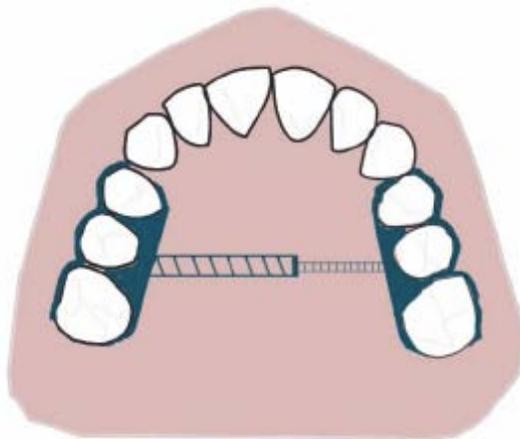


Fig 15. Isaacson expander schématisé

Source : Pavithra et al³⁰, 2017

Les premières molaires et prémolaires sont solidarisées dans une armature métallique. Il se compose d'un ressort hélicoïdal possédant un écrou qui peut comprimer le ressort. Il est activé par fermeture de l'écrou ce qui comprime le ressort et entraîne l'expansion lorsqu'il se désactive³⁰ (Fig 14).

Bonded rapid palatal expander



Fig 16. Bonded rapid palatal expander

Source : Agarwal et al³¹, 2010

Il est constitué de gouttières en acryliques scellées au niveau des secteurs latéraux et postérieurs (Fig 15). L'activation se fait au niveau du vérin médian.

IPC rapid palatal expander

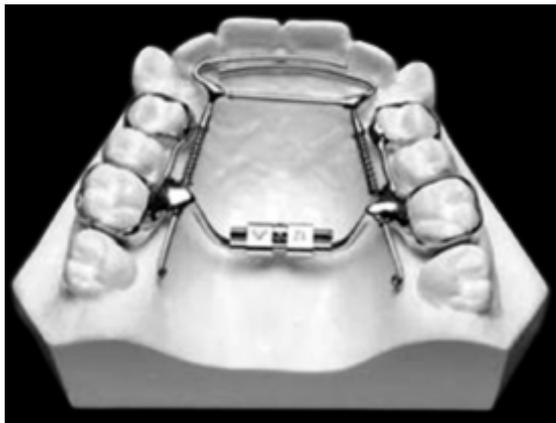


Fig 17. IPC rapid palatal expander

Source : Agarwal et al³¹, 2010

Il est conçu pour de l'expansion orthopédique avec conjointement un alignement des incisives. Lorsque l'expansion se produit, l'IPC contrôle la force d'ouverture du ressort hélicoïdal en NiTi appliquée sur les faces palatines des incisives. Le fil près de la face distale des incisives latérales limite le diastème entre les incisives centrales³¹ (Fig 16).

Leaf Expander

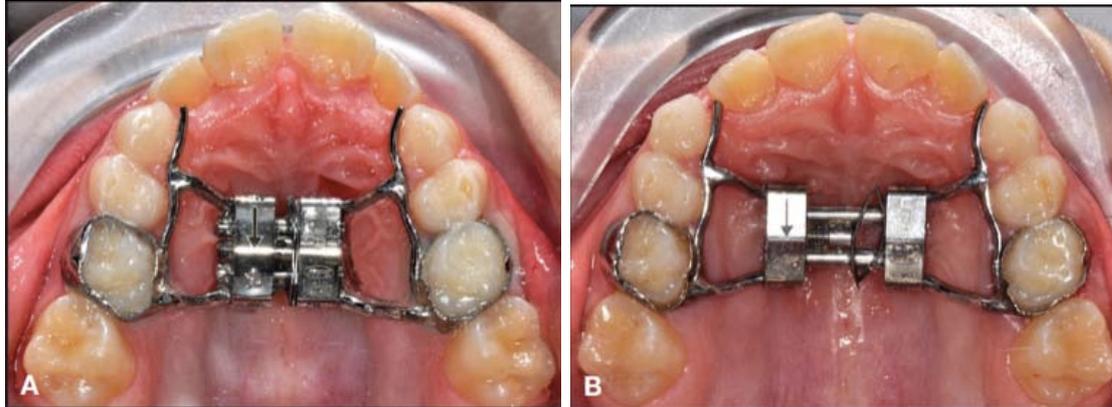


Fig 18. Leaf Expander en place **A.** et 6 mois après activation **B.**

Source : Lanteri et al³², 2016

Il se compose d'un ressort à lame en nickel titane double qui récupère sa forme initiale durant la désactivation, induisant une expansion de l'arcade maxillaire (Fig 17).

Il est généralement ancré sur les dents temporaires, laissant les premières molaires permanentes se développer spontanément.

Il délivre une expansion maximale de 6mm par activation (compression) du ressort, ce qui génère une force faible et constante de 450g³².

Les lames sont préactivées pour 3mm d'expansion par le laboratoire, puis la vis est bloquée avec des ligatures en métal ou une attache spéciale, qui seront enlevées après scellement en bouche (Fig 18).

La réactivation se réalise au cabinet par 10 quarts de tour par mois jusqu'à l'expansion souhaitée. 1 quart de tour correspond à 0,1mm d'expansion donc 10 quarts de tour produisent 1mm d'expansion. Le nombre maximum d'activations est de 30 (correspondant aux 6mm en ajoutant les 3mm d'expansion activés au laboratoire).

Habituellement, la durée totale d'expansion active est de 6 mois. L'appareil passif est ensuite laissé en place 3 mois en contention.

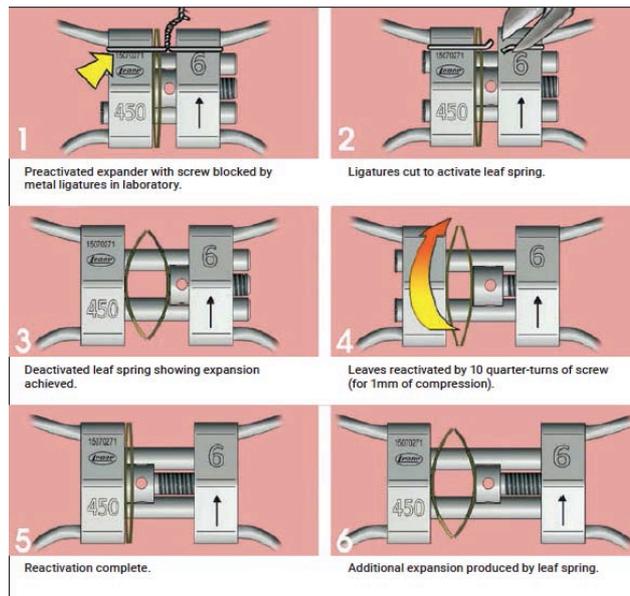


Fig 19. Protocole d'activation du Leaf Expanser

Source : Lanteri et al³², 2016

Les avantages de cet appareil sont qu'il ne nécessite pas de coopération du patient et des parents, les activations étant réalisées par le praticien et non par les parents. Il délivre des forces légères et continues³³. Il peut donc être une alternative intéressante à l'EMR pour les patients peu coopérants.

W-arch



Fig 20. W-arch

Source : Source : Agarwal et al³¹ 2010

Initialement utilisé par Ricketts et ses collègues pour traiter les patients ayant une fente palatine. C'est un appareil fixe en fil d'acier soudé sur bagues (Fig19).

Il est activé par l'ouverture des extrémités du W-arch et il est ajusté pour fournir plus d'expansion antérieure que postérieure ou inversement. Il délivre un niveau de forces correct lorsqu'il est ouvert de 3-4mm plus large que la largeur passive.

L'expansion devrait se poursuivre au rythme de 2mm par mois jusqu'à l'expansion souhaitée³¹. Il s'agit d'une EML.

Spring Jet



Fig 21. Spring Jet

Source : Agarwal et al³¹, 2010

Les composants actifs du Spring jet sont soudés ou attachés aux bagues molaires (Fig 20). L'unité télescopique est placée jusqu'à 5mm à partir du centre des tubes molaires de sorte que les forces passent près du centre de résistance des dents maxillaires, mais il doit être 1,5mm à distance du tissu palatin. L'activation est faite en déplaçant la vis de verrouillage horizontalement le long du tube télescopique. Une butée sur le fil transpalatin permet la compression du ressort³¹. Il s'agit d'une EML.

Niti Expander



Fig 22. Niti Expander

Source : Nagrik et al³⁴, 2014

La partie centrale est faite en alliage NiTi activé par la chaleur, le reste de l'appareil est en acier inoxydable (Fig 21). A température ambiante, il est trop rigide pour le plier pour l'insertion mais en le refroidissant, il s'assouplit permettant une manipulation facile de la partie centrale. Une fois placé, il se rigidifie et commence à retourner à sa forme initiale³¹. Il s'agit d'une EML, indiquée quand de l'expansion dento-alvéolaire est nécessaire³⁵.

Multiattaches



Fig 23. Appareil multiattaches maxillaire

Source : Auteur

Les arcs à forces légères comme les alliages en Niti permettent d'initier l'harmonisation de la forme d'arcade. Les arcs de section rectangulaire permettent la correction des secteurs latéraux palatoversés (Fig 22).

Les brackets autoligaturants permettent l'expansion des arcades³⁶.

Des élastiques de crossbite insérés de la face palatine des dents maxillaires à la face vestibulaire des dents mandibulaires pour corriger des occlusions inversées mais ils sont contre-indiqués pour les typologies hyperdivergentes car ils ont une composante verticale d'égression.

Aligneurs



Fig 24. Aligneurs

Source : Auteur

Ils sont capables de redresser les dents palatoversées. Des études ont observé que l'expansion molaire de 2mm avec des aligneurs est un mouvement prévisible. Cependant, les aligneurs ne peuvent pas réaliser d'expansion squelettique. Si une expansion squelettique est souhaitée elle sera réalisée avec un appareil d'expansion maxillaire rapide avant le traitement par aligneurs³⁷. Après contention de 3 mois par le disjoncteur, une empreinte numérique ou en silicone est prise pour la confection d'aligneurs. Une gouttière thermoformée sera portée par le patient quotidiennement dans l'attente des aligneurs.

2.5.2 A ancrage dentaire et tissulaire

Plaque palatine à vérin



Fig 25. Plaque palatine à vérin médian

Source : Auteur

La plaque palatine à vérin (Fig 24) est utilisée principalement en denture temporaire ou mixte.

Elle se compose :

- d'un vérin médian
- de crochets d'Adams au niveau de la deuxième molaire temporaire ou de la première molaire permanente (des crochets boules peuvent aussi être utilisés au niveau des secteurs postérieurs)
- d'une plaque en résine recouvrant le palais et s'appuyant sur les faces palatines des dents
- d'accessoires (facultatifs) : bandeau vestibulaire, ressorts palatins antérieurs pour vestibuler les incisives, un plan de surélévation incisif (surépaisseur de résine derrière les incisives supérieures en cas de supraclusion), des plans de surélévation latéraux (la résine recouvre les molaires temporaires et permanentes) si présence d'une latérodéviations afin de faciliter et stabiliser le recentrage de la mandibule après l'expansion⁶.

Son action essentiellement orthopédique car elle entraîne une disjonction lente du maxillaire.

Selon les travaux d'Erdic rapportés par Raberin³⁸, l'expansion serait deux fois plus lente qu'un appareillage fixe mais elle engendrerait moins de versions molaires parasites.

La plaque doit être portée quotidiennement en permanence afin d'obtenir un résultat satisfaisant. L'activation se réalise une fois par semaine par activation du vérin médian (ce qui correspond à 0,25mm d'expansion). Une fois l'expansion souhaitée obtenue, la plaque est portée passivement pour la stabilisation puis le port pourra être nocturne pour la contention⁸.

Haas type



Fig 26. Haas type expander après activations

Source : Weissheimer et al³⁹, 2011

Il a été conçu et popularisé par Andrew Haas en 1961³⁹.

Il est composé : (Fig 25)

- D'un vérin médian
- De quatre bagues (sur les premières molaires permanentes et les premières prémolaires permanentes ou les premières molaires temporaires) reliées par une armature métallique
- De deux renforts latéraux palatin en résine pour renforcer l'ancrage et obtenir une meilleure répartition des forces pendant l'expansion

Il peut également être utilisé au début de la denture mixte, il est alors ancré sur les canines (extrémités des bras collées sur la face palatine) et les secondes molaires temporaires (bagues scellées)⁴⁰.

Les activations suivent le même principe que pour le disjoncteur Hyrax soit un quart de tour 2 fois par jour indispensable pour obtenir une expansion squelettique. En effet une étude a démontré que si les activations étaient de deux quarts de tour une fois par semaine alors l'effet squelettique ne serait pas obtenu, il y aurait seulement une expansion au niveau dento-alvéolaire⁴¹.

Son effet est donc squelettique et l'efficacité de l'expansion est similaire au disjoncteur Hyrax^{42,43}.

Derichsweiler type

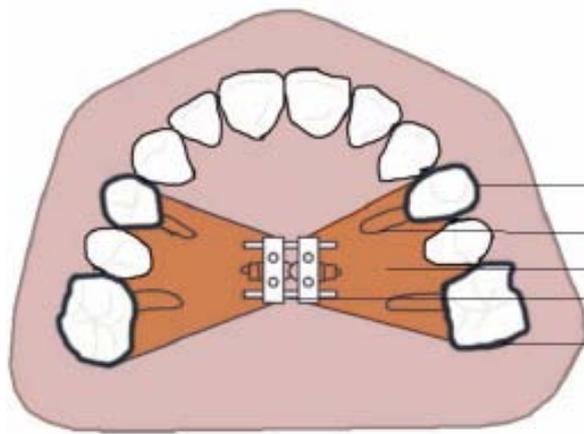


Fig 27. Derichsweiler type

Source : Pavithra et al,³⁰ 2017

Il est constitué de : (Fig 26)

- deux bagues scellées sur les premières prémolaires et deux bagues sur les premières molaires
- Une vis d'expansion médiane
- D'une plaque palatine en résine dans la région postérieure incluant des parties métalliques en palatin des premières prémolaires et molaires

2.5.3 A ancrage dentaire et osseux

Des dispositifs d'expansion maxillaire à appui dento-osseux sont apparus récemment afin de pallier les effets indésirables de l'EMR principalement chez l'adulte et pouvant éviter une chirurgie⁴⁴. De nombreux dispositifs existent avec de nombreux protocoles d'activation différents.

Disjoncteur Hyrax hybride



Fig 28. Disjoncteur Hyrax hybride

Source : Wilmes et al⁴⁵, 2010

Présenté par Wilmes et al⁴⁵ en 2010, il est ancré sur deux bagues molaires ainsi que sur deux mini-vis palatines antérieures de 1,8 à 2mm de diamètre et de 7 à 8mm de longueur, insérées à 2-4 mm de la suture palatine médiane avec 5-6mm d'ancrage intra-osseux (Fig 27).

En raison des forces orthopédiques administrées sur les mini-vis, un délai de mise en charge de 4 à 6 semaines est recommandé après scellement du disjoncteur⁴⁶. Ce délai est essentiel pour la formation d'une matrice osseuse plus organisée autour des mini-vis.

Les activations sont de 2 quarts de tour par jour généralement soit 0,4 à 0,5mm d'expansion par jour. L'expansion obtenue est plus importante en postérieur qu'en antérieur⁴⁷.

Maxillary skeletal expander (MSE)

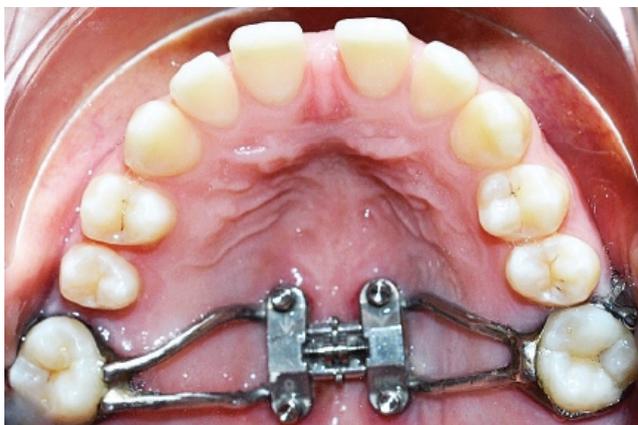


Fig 29. Appareil MSE

Source : Suzuki et al⁴⁸, 2016

Développé par Won Moon et al en 2013, il se compose de quatre minivis placées de part et d'autre et parallèlement à la suture intermaxillaire, d'un vérin médian, de quatre bras en acier reliant le vérin médian aux bagues scellées sur les premières molaires maxillaires (Fig 28).

Le MSE doit être placé entre les premières et deuxièmes molaires au niveau postérieur du palais et en avant du palais mou.

Le vérin doit être positionné à 2mm maximum du palais, et les bras à 2mm minimum.

L'insertion des minivis doit être bicorticale (5 à 6mm) pour assurer leur stabilité et éviter la version et la déformation des vis lors de l'expansion, fournir une transmission efficace des forces au complexe nasomaxillaire et obtenir une expansion parallèle.

Il existe 2 versions de MSE⁴⁹ :

- MSE I : 4 activations d'un quart de tour correspondent à 0,8mm d'expansion
- MSE II : 6 activations d'un quart de tour correspondent à 0,8mm d'expansion

La fréquence d'activation dépend de l'âge du patient : (Tableau 1)

| | MSE I | MSE II |
|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Jusqu'à 12 ans | 3 tours/semaine (0,6 mm/semaine) | 6 tours/semaine (0,8mm/semaine) |
| De 12 à 20 ans | 1tour/jour (0,2mm/jour) | 2 tours/jour (0,27mm/jour) |
| De 20 à 25 ans | 2-3 tours/jour (0,4-0,6mm/jour) | 4-6 tours /jour (0,53-0,8mm/jour) |
| Après 25 ans | Minimum 2-3tours/ jour | Minimum 4-6 tours/ jour |
| Après apparition de diastème | 1 tour/jour (0,2mm/jour) | 2 tours/jour (0,27mm/jour) |

Tableau 1. Fréquence d'activations des MSE I et II en fonction de l'âge du patient

Source : Latour⁴⁹, 2019

Contre-indications :

- voûte palatine profonde
- antécédent de traumatisme
- os palatin très épais et très dense ou au contraire très fin et de faible densité

Miniscrew assisted rapid palatal expander (MARPE)

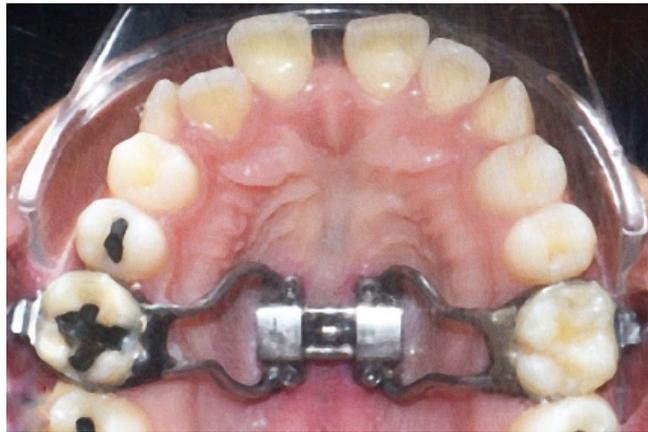


Fig 30. Appareil MARPE modifié par Suzuki et al

Source : Suzuki et al⁴⁸, 2016

Le MARPE modifié a été mis au point par Suzuki et al en 2016, il est utilisé chez l'enfant, et l'adulte (Fig 29).

Il se compose de quatre minivis positionnées près du vérin et parallèles à la suture palatine médiane. Comme pour le MSE, les minivis sont utilisées comme support de la vis d'expansion et sont placées dans la partie osseuse la plus épaisse afin d'augmenter la stabilité primaire et fournir une propagation plus efficace des forces au complexe nasomaxillaire⁴⁸.

Le MARPE est une technique favorable pour les patients dolichofaciaux car il aide à éviter le tipping dentaire⁵⁰.

2.5.4 A ancrage osseux



Fig 31. EMR à ancrage osseux à l'aide de minivis

Source : Celenk-Koca et al⁵¹, 2018

L'activation est généralement d'un quart de tour deux fois par jour.

Selon une étude de Lee et al⁵², l'ancrage par mini-implant bicortical est préférable à l'implant monocortical car il améliore la stabilité du mini-implant, engendre une expansion plus parallèle dans le plan frontal et augmente l'expansion. De plus, il diminue le risque de déformation ou de fractures des implants.

Ils ont également observé que la profondeur du mini-implant d'ancrage bicortical n'engendre pas d'effets cliniquement significatifs.

2.6 Corticotomies

L'expansion maxillaire bilatérale est généralement recommandée pour le traitement d'un crossbite fonctionnel car les discordances transversales du maxillaire et de la mandibule sont principalement dues à une insuffisance transversale du maxillaire.

Un véritable crossbite unilatéral est plus difficile à traiter car une expansion unilatérale est nécessaire et elle ne peut pas être réalisée avec des dispositifs d'expansion conventionnels. La surexpansion du côté non affecté est un effet indésirable qui complique la future biomécanique orthodontique et allonge le temps de traitement.

Plusieurs dispositifs ont été réalisés pour tenter de produire des effets unilatéraux comme une plaque amovible avec ressort unilatéral, des élastiques de criss-cross unilatéraux, mais ils nécessitent la coopération du patient et produisent des mouvements dentaires indésirables.

Les corticotomies peuvent ainsi permettre de palier aux limites des dispositifs d'expansion maxillaire conventionnels.

Il s'agit d'une technique basée sur des incisions de l'os cortical sans élimination de tissus osseux. Elle induit un phénomène d'accélération régionale (PAR) qui permet une régénération des tissus plus rapide par augmentation de l'activité des ostéoblastes et des ostéoclastes, elle entraîne une augmentation des espaces de remodelage⁵³. Une ostéopénie transitoire apparaît durant cette période, diminuant la résistance biomécanique au déplacement orthodontique⁵⁴.

Ainsi, l'expansion maxillaire avec corticotomies unilatérales a été récemment présentée comme une méthode pertinente pour obtenir de l'expansion différentielle d'une manière davantage maîtrisée que l'orthodontie conventionnelle dans le traitement des crossbite unilatéraux postérieurs, car le déplacement dentaire est estimé être plus accru sur les sites avec corticotomies par rapport aux sites sans corticotomie.

Hassan et al⁵⁵ ont publié une étude réalisée sur deux patients, traités par corticotomies palatines et vestibulaires d'un côté seulement en présence d'un crossbite unilatéral ou associées avec des corticotomies vestibulaires du côté opposé. Elles représenteraient une méthode efficace pour traiter un crossbite bilatéral asymétrique (si les deux côtés n'ont pas le même degré de sévérité) chez les patients adultes combiné avec appareil multiattaches.

Caccianiga et al⁵⁶ dans une étude interventionnelle prospective réalisée sur 15 patients adultes, ont montré que l'expansion maxillaire orthodontique assistée par corticotomies unilatérales associée à une thérapie laser à faible puissance serait efficace pour traiter un crossbite unilatéral postérieur. En effet, la thérapie par laser à faible puissance a été prouvée pour stimuler la croissance et la prolifération des ostéoblastes et des fibroblastes pour augmenter les quantités de fibronectine et de collagène I et accroître les quantités de RANK-L dans le ligament parodontal.

L'expansion maxillaire rapide assistée par piézocision (EMRAP ou PARME pour piezocision-assisted rapid maxillary expansion) consiste à réaliser des incisions à la lame en distal des canines, prémolaires et premières molaires sous la papille interdentaire dans la gencive attachée jusqu'au contact osseux. Les incisions se font sans élévation de lambeau muco-périosté pour une moindre invasivité⁵⁷. Puis, les corticotomies sont réalisées à l'aide d'un piézotome à travers les micro-incisions gingivales d'une profondeur de 3mm et d'une longueur minimale de 5mm (Fig31). Elles doivent être réalisées uniquement au niveau des dents à déplacer. Des sutures peuvent être mises en place afin de diminuer la visibilité des cicatrices.

Il faudra au préalable une radiographie panoramique pour localiser éventuelles proximités radiculaires ou idéalement un cone beam. Les mouvements orthodontiques peuvent commencer 7 à 14j après la piézocision selon Charavet et al⁵⁸.

Immédiatement après corticotomies, le dispositif d'EMR (disjoncteur hyrax par exemple) est scellé, les activations de l'appareil commencent le lendemain de l'intervention selon un essai clinique contrôlé²⁸.



Fig 32. Piézocision. Avant incision à la lame **A**. Après incisions de la gencive attachée **B**. Piézotome dont l'extrémité est insérée dans l'os d'une profondeur de 3mm **C**.

Source : Abdul-Aziz et al²⁸, 2019

C'est une technique plus invasive que l'expansion conventionnelle due aux incisions de corticotomie mais moins invasive que l'expansion maxillaire assistée chirurgicalement et peut être une alternative pour les traitements de déficit maxillaire transversal unilatéral modéré à sévère.

3. Effets de l'expansion maxillaire

3.1 Sur le maxillaire

L'expansion maxillaire rapide entraîne une augmentation de la largeur du maxillaire chez les enfants^{59,60,61} les adolescents^{62,63} et les jeunes adultes^{63,64,65,66,67} ainsi qu'une augmentation de la surface palatine^{60,68} par ouverture de la suture palatine médiane mise en évidence par cone beam en observant une diminution de la densité le long de la suture après phase active⁶⁹ (Fig 1).

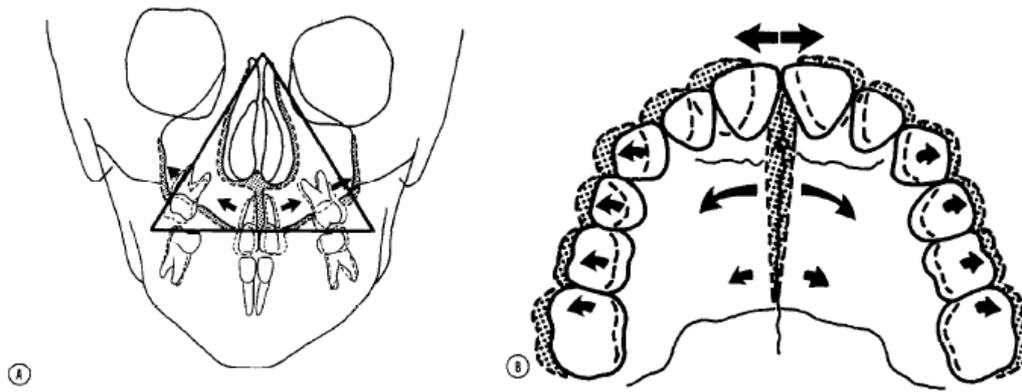


Fig 33. Schéma triangulaire de la disjonction maxillaire dans le plan frontal **A.** et horizontal **B.**

Source : Bell⁷⁰, 1982

Une étude rétrospective sur 15 patients⁶³, un rapport de cas⁶⁷ et une étude réalisée sur un crâne humain⁷¹, ont conclu que l'expansion maxillaire rapide à l'aide du dispositif MSE à ancrage osseux et dentaire induit une disjonction parallèle de la suture palatine médiane comparé à un dispositif à ancrage dentaire.

D'après une étude rétrospective réalisée par Moon et al⁷² sur 48 patients, les disjoncteurs à ancrage osseux entraînent des effets squelettiques comparables chez des jeunes adultes (18-19 ans) comparé aux disjoncteurs à ancrage mixte osseux et dentaire.

D'après Cantarella et al⁶³, la division de la suture palatine médiane est asymétrique dans la direction transversale : la moitié de l'épine nasale antérieure se déplace plus que la moitié controlatérale en moyenne de 1,1mm.

Selon une méta-analyse publiée en 2019 par Krüsi et al⁷³ l'EMR avec ancrage osseux pourrait être associée à une expansion squelettique maxillaire plus importante après une période de contention comparée à l'EMR avec ancrage dentaire.

D'après un essai contrôlé randomisé⁴¹ et deux études sur un crâne humain^{74,75}, l'EMR à ancrage dentaire induit le déplacement du maxillaire vers le bas et l'avant avec une tendance à la rotation horaire. Dans une moindre proportion, l'EMR avec ancrage sur mini-implants produit une rotation anti-horaire du maxillaire⁷⁴.

Un essai contrôlé randomisé sur des enfants en denture mixte a montré que l'EMR produit une expansion maxillaire squelettique contrairement à l'EML⁴¹.

L'EMR avec un disjoncteur ayant une vis de type éventail peut élargir le maxillaire asymétriquement avec une moindre expansion postérieure à la fois dentaire et squelettique. Ces résultats peuvent être un véritable avantage dans le traitement de patients qui ont une étroitesse maxillaire antérieure avec une largeur inter-molaire normale. Dans un essai comparatif randomisé, Gopalakrishnan et al⁷⁶ ont observé que l'EMR de type éventail a généré une expansion faible de la largeur intermolaire comparé au type Hyrax. Le ratio entre l'expansion inter-canine et inter-molaire était proche de 4:1 dans le type éventail et 0.75 :1 dans le type Hyrax.

3.2 Sur les arcades dentaires

L'EMR et l'EMM sont deux traitements efficaces pour améliorer les dimensions transversales des arcades et ainsi augmenter le périmètre d'arcade chez les patients en denture mixte¹¹ et permanente avec des résultats stables pour l'EMR⁷⁷.

Ainsi, l'augmentation du périmètre d'arcade peut améliorer l'alignement des incisives supérieures chez les patients avec un encombrement faible à modéré au début de la denture mixte selon une étude rétrospective⁴⁰ et en l'absence de cross-bite postérieur d'après un essai clinique prospectif⁷⁸.

Lineberger et al⁷⁹ publient un essai contrôlé rétrospectif comparant 25 patients traités par le système Damon® et 25 modèles d'étude de patients non traités et concluent que les brackets autoligaturants passifs produisent un élargissement statistiquement significatif de l'arcade maxillaire au niveau des dents postérieures ce qui permet un gain significatif du périmètre de l'arcade avoisinant 2,5mm. Ils n'ont pas trouvé de différence statistiquement significative concernant la version coronaire à l'exception des prémolaires maxillaires qui présentent une augmentation significative de la version corono-vestibulaire.

3.3 Alvéolo-dentaires et dentaires

L'expansion maxillaire induit une augmentation de la distance inter-molaire et inter-prémolaire maxillaires chez les enfants^{60,68,80}, les adolescents^{62,77,81,82}, et les jeunes adultes^{64,65,82} ainsi qu'un tipping molaire et alvéolaire avec les disjoncteurs à ancrage dentaire^{80,82} et mixtes dentaire et osseux⁶⁵.

Santos et al⁸³ dans un essai contrôlé, ont démontré que l'ouverture du vérin du disjoncteur Hyrax est associé aux altérations des distances inter-dentaires, en effet, à chaque millimètre d'ouverture correspond une variation de 0,94mm de la distance 16-26, 0,87mm de la distance 13-23 et 0,054mm de la distance 36-46.

Dans une étude descriptive réalisée sur 28 patients âgés de 13 à 20 ans, Domann et al⁸² ont observé une augmentation significative de l'angulation des racines des premières prémolaires et des premières molaires par rapport au plan d'occlusion mandibulaire, ce qui indique que le mouvement est plus un mouvement de tipping que de translation (Fig 2).

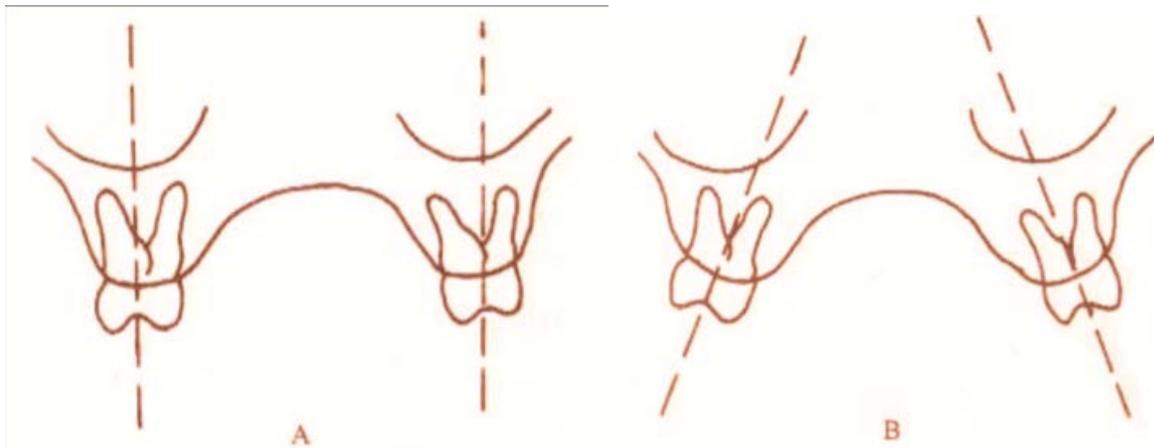


Fig 34. Effets de l'expansion maxillaire rapide sur les dents maxillaires postérieures

Source : Kumar⁸⁴, 2011

En ce qui concerne les répercussions de l'expansion maxillaire rapide sur l'arcade mandibulaire, les résultats d'études divergent.

En effet, Aquino Melgaço et al⁸¹, dans un essai contrôlé randomisé, concluent qu'elle induit une augmentation des distances inter-molaires et inter-prémolaires à la mandibule chez des adolescents (Fig 3). Di Ventura et al⁸⁵ dans un essai contrôlé, observent également ces mêmes effets indirects de l'expansion maxillaire rapide sur l'élargissement de l'arcade mandibulaire en denture mixte.

Selon un essai contrôlé d'Ugolini et al⁸⁶, la distance inter-molaire à l'arcade mandibulaire augmente significativement ainsi que la distance intercanine mais dans une moindre mesure, chez des patients au début de la denture mixte. De plus, ils ont observé une augmentation significative de l'angulation des molaires mandibulaires et dans une moindre mesure des effets sur l'angulation canine et des incisives 15 mois après EMR.

Alors qu'une revue systématique⁸⁷ constate que les modifications dentoalvéolaires spontanées à la mandibule à court (3-12 mois après expansion) et long terme (plus de 12 mois après expansion) après EMR ou EML en denture mixte et au début de la denture permanente sont négligeables.

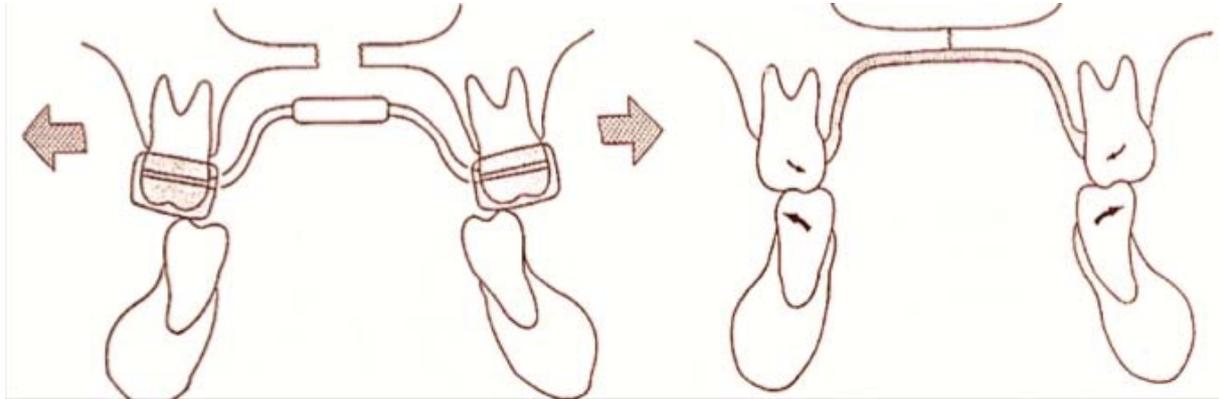


Fig 35. L'effet de l'expansion maxillaire rapide sur les dents mandibulaires

Source : Kumar,⁸⁴ 2011

Plusieurs études ont comparé les effets dento-alvéolaires selon le type d'ancrage.

Les dispositifs à ancrage mixte dentaire et osseux comme le MSE ou le MARPE engendrent moins de tipping que les dispositifs à ancrage dentaire au niveau des molaires⁷¹ et des premières prémolaires selon une méta-analyse⁷³ chez les adolescents et les jeunes adultes⁸⁸. Selon un essai comparant le disjoncteur Hyrax avec le MSE¹¹ chez des patients en denture mixte, il y a une plus grande augmentation de la largeur d'arcade mandibulaire avec le MSE.

Les dispositifs à ancrage osseux par mini-implants engendrent moins de tipping dento-alvéolaire que l'EMR avec ancrage dentaire, l'ancrage palatin à l'aide de mini-implants permet un contrôle du sens vertical selon une étude sur un crâne humain⁷⁴.

Selon un essai contrôlé randomisé de Lagravère et al⁸⁹, les dispositifs à ancrage dentaire (comme le disjoncteur Hyrax) et à ancrage osseux (disjoncteur avec appui sur 4 minivis) induisent une version des molaires mais seul le disjoncteur à ancrage dentaire produit une version des prémolaires.

Les effets dento-alvéolaires diffèrent également en fonction du rythme des activations du dispositif d'expansion maxillaire.

En effet, un essai contrôlé randomisé sur des enfants en denture mixte a montré que l'EML réduit le tipping des molaires comparé à l'EMR⁴¹.

Les activations du disjoncteur pour une EMR sont de 0,4 à 0,5mm par jour. Un rythme d'activation plus important de 0,8mm par jour induit plus d'effets de tipping dentaire selon une étude rétrospective⁹⁰. D'après un essai contrôlé randomisé de Baldini et al⁹¹, l'augmentation du surplomb après EMR peut être associé avec un protocole d'activations rapides du disjoncteur maxillaire chez des enfants en denture mixte (comparaison entre activations d'un quart de tour ou de deux quarts de tour par jour).

L'EMR et l'EML n'interrompent pas l'édification radiculaire et ne provoquent pas de résorption radiculaire chez des patients en denture mixte (7-10 ans). Elles entraînent une diminution de l'épaisseur de l'os buccal et une augmentation de l'épaisseur de l'os palatin⁹². Cependant, une étude a montré qu'après EMR avec disjoncteur Hyrax chez des adolescents, il n'y a pas de diminution significative de l'épaisseur de l'os alvéolaire buccal, les modifications sont réversibles à long terme et sans effets délétères évidents sur l'os alvéolaire buccal selon une étude rétrospective⁹³.

D'après une étude rétrospective de Zhou et al⁹⁴, les aligneurs peuvent augmenter la largeur de l'arcade maxillaire mais cette expansion est réalisée par mouvements de tipping.

Geramy et al⁹⁵, ont évalué sur deux modèles en 3D les contraintes sur l'os alvéolaire ainsi que le schéma du déplacement dentaire après expansion en comparant un appareil amovible et un appareil fixe et ont conclu que le degré de tipping molaire buccal est plus élevé avec l'appareil amovible qu'avec l'appareil fixe, les contraintes au niveau crestal et apical de l'os alvéolaire ainsi qu'au niveau des os spongieux et cortical sont plus importantes avec l'appareil amovible.

Selon un essai comparatif⁹⁶, les dispositifs d'EMR ancrés sur dents temporaires permettent la correction de crossbite des premières molaires permanentes, qui suivent spontanément l'expansion et des dents temporaires avec un mouvement plus physiologique et évite le tipping buccal qui se produit habituellement lorsque les appareils sont ancrés sur elles.

3.4 Sur la mandibule

L'expansion maxillaire entraîne une augmentation de la largeur de la mandibule (distance augmentée entre les points Gonion) chez les adultes selon une étude de cohortes⁶⁴.

Dans les malocclusions de classe II, particulièrement les classes II division 2, l'expansion maxillaire et l'obtention d'une forme d'arcade idéale peut permettre de corriger partiellement cette malocclusion selon une étude prospective⁹⁷.

Il faudra porter une attention particulière pour les patients avec une classe II squelettique car l'EMR favoriserait une rotation de la mandibule vers le bas et l'arrière¹² selon un essai clinique contrôlé randomisé⁹².

3.5 Sur les sutures péri-maxillaire

Les structures du squelette cranio-facial éloignées sont aussi affectées par les forces orthopédiques transversales.

En effet, selon une étude de cohortes⁶⁴ l'expansion maxillaire entraîne une augmentation de la largeur faciale (distance entre l'extrémité la plus externe des zygomatiques) chez les adultes.

Lione et al⁶⁹ ont constaté dans une étude prospective, l'effet de l'EMR sur la suture palatine transverse en observant la diminution de la densité de la suture à la fin de la phase active par cone-beam.

Lors d'une expansion conventionnelle (avec disjoncteur hyrax), les contraintes sont réparties le long des 3 structures de soutien maxillaires : zygomaticomaxillaire, nasomaxillaire et ptérygomaxillaire. La répartition des contraintes lors d'une technique MARPE a montré moins de propagation aux structures de soutien et aux sites adjacents du complexe maxillaire selon l'étude d'un cas par méthode des éléments finis⁵⁰.

Selon une étude rétrospective de Woller et al⁹⁸, l'EMR chez les enfants en croissance entraîne des déplacements significatifs des sutures frontonasale, intermaxillaire, zygomaticomaxillaire et palatine médiane dans les trois plans de l'espace.

Ghoneima et al⁹⁹ ont observé dans une étude prospective, que l'EMR (avec disjoncteur Hyrax à ancrage dentaire chez des adolescents) produit une augmentation significative de la largeur des sutures intermaxillaire, internasale, maxillonasale, frontomaxillaire et frontonasale alors que les sutures frontozygomatiques, zygomaticomaxillaire, zygomaticotemporales et ptérygomaxillaire ont présenté des modifications non significatives.

Ainsi, l'EMR engendre des forces qui ont un effet sur les sutures antérieures¹⁰⁰ (intermaxillaire et interfaces des os maxillaire, frontal, nasal) principalement comparé aux structures craniofaciales postérieures (interface zygomatique).

Par ailleurs, Jain et al⁷⁴, observent à partir d'un CT scan d'un enfant de 12 ans que l'EMR ancrée sur mini-implant induit plus de contraintes sur les sutures péri-maxillaires (palatine médiane, naso-maxillaire, zygomatoco-maxillaire, ptérygo-maxillaire, intranasale, fronto-maxillaire, naso-frontale, zygomatoco-temporale, zygomatoco-frontale, sphéno-occipitale) que l'EMR avec ancrage dentaire.

Priyadarshini et al⁷⁵, ont constaté que le maximum de contraintes selon le critère de von Mises sont situées le long des sutures palatine médiane, ptérygomaxillaire, nasomaxillaire et frontomaxillaire à partir d'un CT scan d'un enfant de 12 ans.

Cantarella et al⁶³, ont observé dans une étude rétrospective, que le MSE peut induire la séparation de la suture ptérygopalatine dans sa partie inférieure dans 53% des sutures, à l'adolescence tardive, donc sans nécessité de chirurgie.

Par conséquent, selon une étude rétrospective¹⁰⁰, l'EMR doit être utilisée de façon raisonnée chez l'adulte à cause de ses effets à grande portée impliquant des contraintes importantes aux os sphénoïde, zygomatique, nasal et leurs sutures adjacentes.

3.6 Sur la cavité nasale

Selon deux revues systématiques^{101,102}, un essai contrôlé prospectif⁶⁰ et des études rétrospectives^{59,103,104,105} l'expansion maxillaire produit une augmentation de la hauteur et de la largeur nasale chez les enfants et les adultes⁶⁴, l'expansion de la cavité nasale reste stable après 6 mois¹⁰⁵.

La partie postéro-supérieure de la cavité nasale se déplace faiblement en direction latérale et la largeur du plancher de la cavité nasale augmente selon l'étude d'un CT scan d'un enfant de 12 ans⁷⁵.

D'après une étude interventionnelle prospective contrôlée de Cappellette et al¹⁰⁶, l'EMR induit une expansion volumétrique du complexe naso-maxillaire de même que ses structures comme la cavité nasale l'oropharynx et les sinus maxillaires.

D'après une revue systématique d'Aziz et al¹⁰⁷, l'EMR aurait potentiellement un effet positif sur l'asymétrie du septum nasal durant l'enfance¹⁰⁴ mais pas de modification significative pendant l'adolescence chez des patients avec déviation du septum nasal. Toutefois, l'importance clinique des modifications rapportées chez les enfants peut être discutable.

3.7 Sur les tissus mous

L'expansion maxillaire rapide a des répercussions sur les tissus mous de la face.

En effet, une revue systématique et méta-analyse de Huang et al¹⁰² indiquent que l'EMR engendre une augmentation de la largeur du philtrum et de la distance de la lèvre inférieure avec la ligne E (ligne esthétique de Ricketts) après période de contention. L'importance clinique de ces résultats est cependant discutable.

L'expansion avec MSE a un impact statistiquement significatif sur les tissus mous de la face, particulièrement au niveau paranasal, de la lèvre supérieure et au niveau jugal avec une plus grande amplitude au niveau jugal. Les tissus mous se développent principalement vers l'avant et latéralement. Les modifications sont stables 1 an après contention¹⁰⁸.

Selon une étude rétrospective d'Aras et al¹⁰⁹, l'EMR avec un dispositif à ancrage dentaire génère un profil plus convexe lié à une réduction de l'angle SNB.

3.8 Sur les fonctions

3.8.1 Ventilation

L'élargissement de la base de la cavité nasale après ouverture de la suture palatine médiane chez les patients en croissance, permet la diminution de la résistance des voies aériennes nasales et une amélioration du schéma respiratoire. L'augmentation significative du volume des voies aériennes supérieures reste stable à long terme ce qui suggère le rôle fondamental de l'orthopédie dentofaciale dans le traitement des constrictions des voies nasopharyngées associées à une ventilation orale, des ronflements, un syndrome d'apnée obstructive du sommeil (SAOS) durant l'enfance.

Cependant, selon une revue de la littérature¹¹⁰, peu d'informations sont disponibles sur la stabilité à long terme des modifications des voies respiratoires induites par l'EMR.

Selon une revue systématique avec méta-analyse⁷³, une plus faible résistance aérienne nasale a été retrouvée après EMR avec ancrage mixte osseux et dentaire en post-contention comparé à l'EMR avec ancrage dentaire chez des adolescents. De plus, Brunetto et al⁶⁷, ont relevé l'influence positive de l'EMR assistée par micro-implants sur la résistance des voies respiratoires supérieures chez de jeunes adultes.

D'après une étude longitudinale prospective de Fastuca et al¹¹¹, l'EMR induit une augmentation significative du volume des voies respiratoires supérieure, moyenne et inférieure. A contrario, dans une étude rétrospective, Aloufi et al¹¹² observent un effet positif sur les voies aériennes pharyngées supérieures, sans modification significative des voies aériennes pharyngées inférieures.

Cependant, des divergences existent dans la littérature.

Ainsi, selon un essai contrôlé randomisé de Kabalan et al¹¹³, aucune corrélation probante n'a été trouvée entre les modifications des dimensions squelettiques et les modifications des voies aériennes après expansion maxillaire rapide par appareil dento-porté ou ostéo-porté.

Plusieurs études ont étudié le bénéfice potentiel sur le sommeil après EMR.

Effectivement, une méta-analyse menée par Machado-Júnior et al¹¹⁴, conclue que l'EMR chez les enfants atteints de SAOS apparaît être un traitement efficace pour ce syndrome. Plus d'études cliniques randomisées sont nécessaires pour déterminer son efficacité chez les adultes.

Une étude rétrospective menée par Ashok et al¹¹⁵ constate que l'EMR est un traitement efficace pour améliorer la qualité du sommeil même chez les enfants sans troubles respiratoires du sommeil (TRS) mais qui ont un risque accru de développer un TRS dû à leur morphologie craniofaciale.

Toutefois, une autre étude rétrospective¹¹² ne constate pas d'amélioration significative du mode respiratoire (nasal ou buccal) après EMR.

3.8.2 Déglutition, posture linguale

Le triangle hyoïdien de Rocabado est le seul paramètre céphalométrique qui peut évaluer les effets d'un traitement orthodontique sur la posture linguale.

Parisella et al¹¹⁶ ont observé dans une étude rétrospective, que triangle hyoïdien de Rocabado est modifié par l'expansion maxillaire rapide ce qui permet d'obtenir une amélioration de la posture linguale et de la fonction linguale (Fig 4).

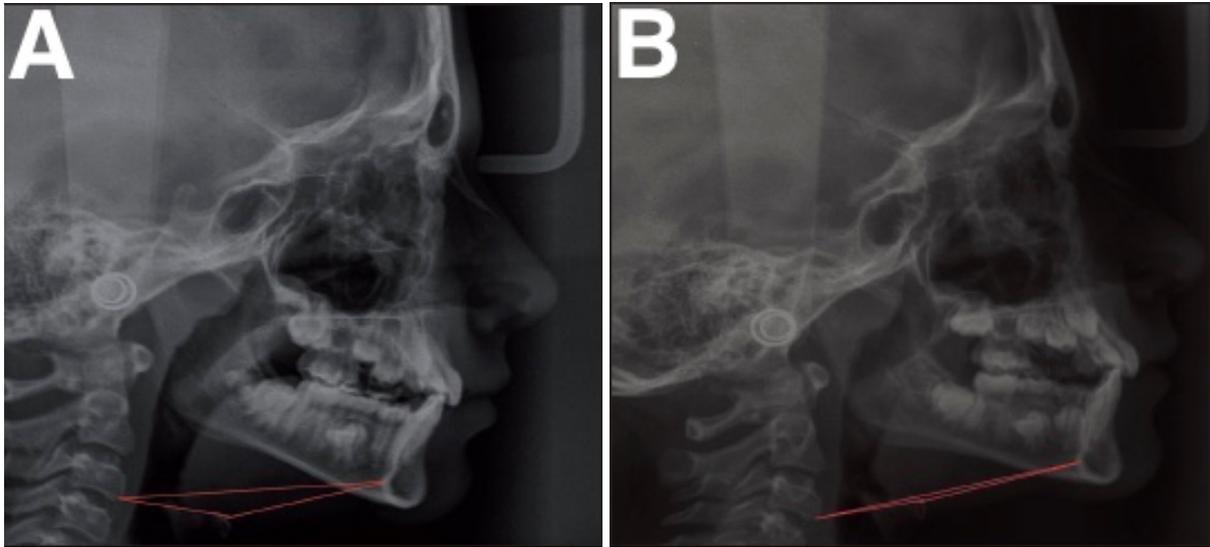


Fig 36. Triangle hyoïdien en rouge d'un patient avant EMR **A.** et après EMR **B.**

Source : Parisella et al¹¹⁶, 2012

3.8.3 Audition

Une étude rétrospective¹¹⁷ a montré un effet positif et significatif sur le niveau d'audition et la fonction normale de la trompe d'Eustache des adolescents avec une insuffisance maxillaire transversale et une surdité de transmission après traitement par EMR. A la fin de la période de contention, l'amélioration tend à s'inverser mais l'inversion est cliniquement de faible amplitude et non statistiquement significative après une période de contention de 2 ans selon une autre étude rétrospective¹¹⁸.

Villano et al¹¹⁹, dans une étude rétrospective, font les mêmes constats. En effet, la fonction auditive chez des enfants atteints de surdité de transmission peut être corrigée par une correction de l'anatomie palatine, qui influence la fonction musculaire de l'ostium tubaire et permet une activité normale de la membrane tympanique et de l'appareil auditif. Des effets positifs sur la surdité de transmission sont des bienfaits additionnels possibles du traitement par EMR, mais cela n'est pas indiqué pour les patients avec surdité de transmission sans constriction du maxillaire.

Une revue systématique de la littérature¹²⁰ conclue que les preuves indiquent la présence d'une amélioration de l'audition après expansion maxillaire chez les enfants et les adolescents ayant une perte d'audition.

3.9 ATM

Coskuner et al⁹⁷ dans une étude prospective, ont évalué l'articulation temporo-mandibulaire chez des enfants présentant une malocclusion de classe II après reformage de l'arcade maxillaire. Les résultats ont montré que les positions limitées de la mandibule dans les plans transversal et sagittal n'affectent pas les positions de l'articulation temporo-mandibulaire de ces patients en raison de la grande adaptabilité de cette articulation.

3.10 Enurésie nocturne

L'EMR peut être une méthode alternative du traitement de l'énurésie nocturne chez les enfants¹²¹, sans tenir compte de la présence d'étrécissement de l'arcade maxillaire¹²², selon deux études rétrospectives. Le mécanisme physiologie responsable de cet effet positif reste inexpliqué et nécessite plus de recherches.

3.11 Effets indésirables

3.11.1 Parodontaux

L'EMR peut avoir des effets indésirables sur l'os alvéolaire de soutien, en effet, l'épaisseur et la hauteur de l'os alvéolaire buccal diminuent⁶⁵ immédiatement après EMR⁸² et durant la période de contention¹²³ selon des études rétrospective.

Les patients qui ont une faible épaisseur de l'os alvéolaire, présentent davantage de risques de présenter des déhiscences osseuses ainsi qu'une diminution de l'épaisseur de l'os alvéolaire buccal au niveau des dents d'ancrage après EMR selon une étude comparative¹²⁴ et une étude rétrospective¹²⁵.

Après EMR chez des enfants par dispositif Hyrax ou Haas ancré sur premières prémolaires et premières molaires permanentes, une diminution de l'épaisseur de l'os alvéolaire buccal des premières molaires permanente a été relevée dans des études rétrospectives^{62,124,126}.

D'après Geramy et al⁹⁵, dans une analyse utilisant la méthode des éléments finis comparant un disjoncteur fixe et amovible, les contraintes au niveau du parodonte des dents d'ancrage sont plus importantes avec appareil amovible qu'avec appareil fixe.

Selon une étude prospective de Mummolo et al¹²⁷, l'EMR et l'EML présentent des effets d'irritation potentiels sur le parodonte indiqués par une augmentation significative de l'indice de plaque IP et de l'indice de saignement papillaire ISP juste après expansion maxillaire, la prophylaxie et les contrôles périodiques sont donc très importants.

De plus, ils n'ont observé aucune différence significative entre l'EMR et l'EML en termes de séquelles parodontales après période de contention.

Moon et al⁷², dans une étude comparative, ont constaté chez les jeunes adultes (18-19 ans) que les disjoncteurs à ancrage osseux comparé aux disjoncteurs à ancrage mixte osseux et dentaire engendrent moins d'effets indésirables dentoalvéolaires (tipping buccal des dents d'ancrage, diminution de la hauteur et de l'épaisseur de l'os alvéolaire buccal, formation de déhiscences).

Par ailleurs, plusieurs études ont évalué les effets parodontaux de l'expansion maxillaire effectuée en denture mixte.

Ainsi, l'EMR effectuée en denture mixte avec disjoncteur ancré sur les secondes molaires temporaires et les canines temporaires, ne provoque pas d'effets indésirables immédiats sur l'épaisseur de l'os alvéolaire des dents maxillaires postérieures sauf pour la seconde molaire temporaire où une diminution significative de l'os alvéolaire en distovestibulaire¹²⁸ ainsi qu'au niveau des racines mésiales des premières molaires permanentes¹²⁶ d'après deux études rétrospectives.

Pour réduire les effets indésirables comme les résorptions radiculaires et les fenestrations osseuses, les dispositifs d'expansion maxillaire sont de préférence ancrés sur dents temporaires (Fig 5) ou sur mini-vis⁶¹.

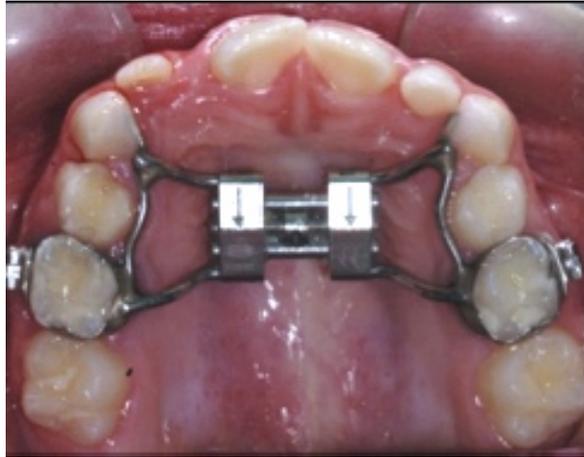


Fig 37. Disjoncteur Hyrax ancré sur dents temporaires

Source : Digregorio et al¹²⁶, 2019

Il est essentiel pour le praticien de surveiller étroitement le niveau d'inflammation du parodonte afin d'éviter des dommages.

3.11.2 Dentaires

L'expansion maxillaire mixte présentée dans une étude rétrospective par Perillo et al⁹ présenterait les mêmes effets squelettiques que l'expansion maxillaire rapide notamment l'augmentation de la largeur du maxillaire en étant associée à moins d'effets indésirables dentaires comme le tipping des dents postérieures.

Selon une revue systématique de la littérature¹²⁹, l'EMR provoque des résorptions radiculaires de dents postérieures, les premières molaires sont les dents les plus atteintes. Les praticiens doivent donc prendre en compte ces effets indésirables lorsqu'ils choisissent de traiter une insuffisance maxillaire transversale avec un disjoncteur palatin ancré sur des dents permanentes, en évaluant les facteurs de risque relatifs de résorptions radiculaires du patient.

Yildirim et al,¹²² ont constaté dans une étude rétrospective que l'EMR avec ancrage mixte tissulaire et dentaire engendre plus de résorptions radiculaires que l'EMR à ancrage osseux.

4. Récidives et contention

D'après une revue systématique de Garcia Costa et al¹³¹ et une revue prospective de Lione et al⁶⁹, chez des enfants en croissance, une période de contention de 6 mois après expansion maxillaire par appareil fixe ou amovible semble être suffisante pour éviter les récidives. Une période de contention de 3 mois est insuffisante pour la réparation osseuse selon une étude prospective¹³².

D'après une étude rétrospective, Schauseil et al¹³³, ont montré qu'une contention de 6 mois chez les patients post-pubères ne permet pas une réorganisation suffisante de la suture, une période de contention supérieure à 6 mois semble donc être préférable pour éviter les récidives chez les patients post-pubères.

Bien que la littérature rapporte un taux élevé de récidives après expansion palatine, Motohiro Tanaka et al¹³⁴, dans un rapport de cas, n'ont relevé aucune récidive occlusale ou squelettique après suivi à long terme (2 ans et 9 mois). De même, dans un autre rapport de cas, De Almeida et al¹³⁵, ont présenté un cas de cross-bite bilatéral postérieur traité en denture mixte par EMR stable après un suivi de 21 ans post-contention.

Atik et al¹³⁶, dans une étude rétrospective, n'ont relevé aucune différence sur la stabilité à long terme entre une expansion par des brackets auto-ligaturants (système Damon) et une expansion par quad-hélix puis brackets conventionnels.

Selon une étude prospective contrôlée⁶⁰ et une étude rétrospective¹⁰⁵, les dimensions transversales obtenues au niveau molaire, palatin et nasal montrent après un suivi de contention à court terme des résultats stables.

Selon Pinheiro et al¹³⁷, dans une étude rétrospective, l'EMR et l'EML ont une stabilité similaire à long terme.

Conclusion

Le traitement de l'insuffisance du sens transversal du maxillaire par l'expansion maxillaire orthopédique chez l'enfant et l'adolescent est très largement utilisé.

De nombreux bénéfices sont incontestables, comme l'élargissement des bases osseuses du maxillaire et de la cavité nasale permettant la correction d'encombrement antérieur au maxillaire, d'occlusions inversées postérieures et sur le plan fonctionnel une ventilation améliorée en étant associée à une rééducation fonctionnelle.

En effet, les avantages de la disjonction au-delà la correction morphologique du maxillaire permettent, par l'intermédiaire de protocoles pluridisciplinaires, de s'inscrire dans la gestion thérapeutique des SAOS.

Il a été démontré que les déficits transversaux du maxillaire jouent un rôle essentiel dans l'apparition ou la récurrence des SAOS.

A l'heure actuelle, les mini-implants favorisent l'action squelettique permettant de limiter les effets indésirables de la disjonction avec ancrage uniquement dentaire comme la version corono-vestibulaire et l'égression des premières molaires maxillaires d'ancrage.

Ils permettent de repousser l'âge de la disjonction orthopédique, permise à l'âge adulte si la suture palatine médiane n'est pas ossifiée.

Cependant, lorsque la suture palatine médiane est ossifiée, la thérapeutique sera chirurgicale.

Bibliographie

- 1 : Caquant L. Gestion de la dimension transversale maxillaire. *Orthod Fr.* 2015;86:67-72
- 2 : Laurentjoye M, Ella B, Caix P. Anatomie tête et cou. Mérignac : ARFA, 2013 : 48
- 3 : Bouaoud J, Corre P, Khonsari R-H. Croissance craniofaciale. *Encycl. Med. Chir. (Paris), Odontologie*, [23-455-C-10], 2019
- 4 : Boileau MJ. Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte, principes et moyens thérapeutiques. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2011
- 5 : N'Guyen T, Cyna-Gorse F, Vacher C. Evolution morphologique de la suture palatine médiane au cours de la vie. *Elsevier.* 2006 Jun;90(289):85
- 6 : Boileau MJ. Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte, traitement des dysmorphoses et malocclusions. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2013
- 7 : Timms DJ. The dawn of rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 1999 Jun;69(3):247-250
- 8 : Aragon I, Rotenberg M. Traitements spécifiques du sens transversal. *Encycl. Med. Chir. (Paris), Odontologie*, [23-493-D-10], 2016
- 9 : Perillo L, De Rosa A, Iaselli F, D'Apuzzo F, Grassia V, Cappabianca S. Comparison between rapid and mixed maxillary expansion through an assessment of dento-skeletal effects on posteroanterior cephalometry. *Prog Orthod.* 2014;15:46
- 10 : Lanteri V, Gianolio A, Gualandi G, Beretta M. Maxillary tridimensional changes after slow maxillary expansion with leaf expander in a sample of growing patients : a pilot study. *Eur J Paediatr Dent.* 2018;19(1):30
- 11 : Grassia V, D'Apuzzo F, Jamilian A, Femiano F, Favero L, Perillo L. Comparison between rapid and mixed maxillary expansion through an assessment of arch changes on dental casts. *Prog Orthod.* 2015;16:20
- 12 : Relwani P, Kumar SP, Gowda NC, Swamy VN. Ramegowda. Rapid maxillary expansion – a review. *Ind J Orthod Dentofac Res.* 2016 Apr-Jun;2(2):56-61
- 13 : Silva Filho OG, Magro AC, Capelozza Filho L. Early treatment of the Class III malocclusion with rapid maxillary expansion and maxillary protraction. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1998 Feb;113(2):196-2003
- 14 : Melsen B. Palatal growth studied on human autopsy material. A histologic microradiographic study. *Am J Orthod.* 1975;68:42-54
- 15 : Lippold C, Stamm T, Meyer U, Végh A, Moiseenko T, Danesh G. Early treatment of posterior crossbite – a randomised clinical trial. *Trials.* 2013;14:20

- 16 : Stuart DA, Wiltshire WA. rapid palatal expansion in the young adult : time for a paradigm shift ? J Can Dent Assoc. 2003;69(6):374-7
- 17 : Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LHS, Bueno-Silva B, McNamara Jr JA. Prediction of rapid maxillary expansion by assessing the maturation of the midpalatal suture on cone beam CT. Dent Press J Orthod. 2016 Nov-Dec;21(6) :115-25
- 18 : Knaup B, Yildizhan F, Wehrbein H. Age-related changes in the midpalatal suture. A histomorphometric study. J Orofac Orthop. 2004 Nov;65(6):467-74
- 19 : Persson M, Thilander B. Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age. Am J Orthod. 1977 July;72(1):42-52
- 20 : Alpern MC, Yurosko JJ. Rapid palatal expansion in adults with and without surgery. Angle Orthod. 1987 July;57:245-63
- 21 : Handelman CS. Nonsurgical rapid maxillary alveolar expansion in adults : a clinical evaluation. Angle Orthod. 1997;67(4):291-308
- 22 : Handelman CS, Wang L, BeGole EA, Haas AJ. Nonsurgical rapid maxillary expansion in adults : report on 47 cases using the Haas expander. Angle Orthod. 2000;70(2):129-144
- 23 : Revelo B, Fishman LS. Maturation evaluation of ossification of the midpalatal suture. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1994;105:288-92
- 24 : Angelieri F, Cevidanes LHS, Franchi L, Gonçalves JR, Benavides E, McNamara Jr JA. Midpalatal suture maturation : classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2013 Nov;144(5):759-69
- 25 : Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LH, McNamara Jr JA. Diagnostic performance of skeletal maturity for the assessment of midpalatal suture maturation. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2015 Dec;148(6):1010-6
- 26 : Baccetti T, Franchi L, McNamara Jr JA. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. Semin Orthod. 2005;11:119-29
- 27 : Le Gall M, Philip C, Bandon D. Les anomalies maxillo-mandibulaires du sens transversal chez l'enfant. Arch Pediatr. 2009;16:209-13
- 28 : Abdul-Aziz AI, Refai WM. Three-dimensional prospective evaluation of piezocision-assisted and conventional rapid maxillary expansion : a controlled clinical trial. Maced J Med Sci. 2019 Jan;7(1):127-33
- 29 : Gómez-Gómez SL, Villarraga-Ossa JA, Arcila-Monsalve JC, Moreno-Garzón DM, Ardila CM. Influence of Hyrax screw position on dental movement and cortical bone : a study of finite elements. J Clin Exp Dent. 2019;11(12):e1099-108
- 30 : Pavithra S, Rama Sri M, Revathi E, Aruna J. Rapid maxillary expansion and appliance. J Acad Dent Educ. 2017;3(1):1-4

- 31 : Agarwal A, Mathur R. Maxillary expansion. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2010 Sept-Dec;3(3):139-46
- 32 : Lanteri C, Beretta M, Lanteri V, Gianolio A, Cherchi C, Franchi L. The leaf expander for non-compliance treatment in the mixed dentition. *J Clin Orthod.* 2016;50(9):552-60
- 33 : Lanteri V, Cossellu G, Gianolio A et al. Comparison between RME, SME, and leaf expander in growing patients : a retrospective postero-anterior cephalometric study. *Eur J Paediatr Dent.* 2018;19(3)199-204
- 34 : Nagrik AP, Bhad WA. A clinical comparison of maxillary expansion : transforce transverse appliance versus NiTi palatal expander. *J World Fed Orthod.* 2014;61-65
- 35 : Kumar A, Ghafoor H, Khanam A. A comparison of three-dimensional stress distribution and displacement of naso-maxillary complex on application of forces using quad-helix and nickel titanium palatal expander 2 (NPE2) : a FEM study. *Prog Orthod.* 2016;17:17
- 36 : Maltagliati LA, Myiahira YI, Fattori L, Filho LC, CardosoM. Transversal changes in dental arches from non-extraction treatment with self ligating brackets. *Dent Press J Orthod.* 2013;18:39-45
- 37 : Tai S. Correction de l'encombrement. *Orthodontie invisible.* Paris : Quintessence publishing; 2018 : 82.
- 38 : Raberin M. Pathologies et thérapeutiques de la dimension transversale en denture mixte. Conséquences sur l'équilibre musculaire. *Orthod Fr.* 2001;72(1-2):131-42
- 39 : Basavaraj Subhashchandra Phulari. *History of orthodontics.* Jaypee. 2013:156
- 40 : Mutinelli S, Manfredi M, Guiducci A, Denotti G, Cozzani M. Anchorage onto deciduous teeth : effectiveness of early rapid maxillary expansion in increasing dental arch dimension and improving anterior crowding. *Prog Orthod.* 2015;16:22
- 41 : Da S. Pereira J, B. Jacob H, Locks A, Brunetto M, L. U. Ribeiro G. Evaluation of the rapid and slow maxillary expansion using cone-beam computed tomography : a randomized clinical trial. *Dent Press J Orthod.* 2017 Mar-Apr;22(2):61-8
- 42 : Weissheimer A, Macedo de Menezes L, Mezomo M, Marchiori Dias D, Martinelli Santayana de Lima E, Deon Rizzato SM. Immediate effects of rapid maxillary expansion with Haas-type and hyrax-type expanders : a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011 Sept;140(3)366-76
- 43 : Do Prado Rodrigues A, Da Costa Monini A, Gonzaga Gandini Jr L, Dos Santos-Pinto A. Rapid palatal expansion : a comparison of two appliances. *Braz Oral Res.* 2012 May-Jun;26(3):242-8
- 44 : 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 Dentofac Orthop.* 2010;137:830-9
- 45 : Wilmes B, Nienkemper M, Drescher D. Application and effectiveness of a mini-implant and tooth-borne rapid palatal expansion device : the hybrid hyrax. *World J Orthod.* 2010;11(4):323-30

- 46 : Ellouze S, Darqué F. Mini-implants, l'orthodontie de demain. Paris : Quintessence international. 2012;220
- 47 : M. Hammad Y, Hafez A, Fouda M. Rapid maxillary expansion using bone anchored Hybrid Hyrax appliance in adolescent females. *Aust J Basic Appl Sci.* 2016;10(18) :152-161
- 48 : Suzuki H, Moon W, Previdente LH, Sayuri Suzuki S, Silva Garcez A, Consolaro A. Miniscrew-assisted rapid palatal expander (MARPE) : the quest for pure orthopedic movement. *Dental Press J Orthod.* 2016 July-Aug;21(4):17-23
- 49 : Latour AS. Le maxillary squelettal expander (MSE) : présentation, utilisation, cas cliniques. *Ortho autrement.* 2019 Oct-Nov-Dec;37:4-13
- 50 : MacGinnis M, Howard C, Youssef G, Wu KW, Machado AW, Moon W. The effects of micro-implant assisted rapid palatal expansion (MARPE) on the nasomaxillary complex – a finite element method (FEM) analysis. *Prog Orthod.* 2014;15:52
- 51 : Celenk-Koca T, Erdinc AE, Hazar S, Harris L, English JD, Akyalcin S. Evaluation of miniscrew-supported rapid maxillary expansion in adolescents : a prospective randomized clinical trial. *Angle Orthod.* 2018;88(6):702-9
- 52 : 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 Dentofac Orthop.* 2017 May;151(5)887-897
- 53 : Verna C. Regional acceleratory phenomenon. *Front Oral Biol.* 2016;18:28-35
- 54 : Frost HM. The regional acceleratory phenomenon : a review. *Henry Ford Hosp Med J.* 1983;31(1) :3-9
- 55 : Hassan HA, AlGhamdi A, Al-Fraidi AA, Al-Hubail A, K Hajrassy M. Unilateral cross bite treated by corticotomy-assisted expansion : two case reports. *Head Face Med.* 2010;6:6
- 56 : Caccianiga G, Lo Giudice A, Paiusco A et al. Maxillary orthodontic expansion assisted by unilateral alveolar corticotomy and low-level laser therapy : a novel approach for correction of a posterior unilateral cross-bite in adults. *J Lasers Med Sci.* 2019;10(3):225-29
- 57 : Sebaoun JDM, Surmenian J, Dibart S. Traitements orthodontiques accélérés par piézocision : une alternative mini-invasive aux corticotomies alvéolaires. *Orthod Fr.* 2011;82:311-19
- 58 : Charavet C, Lambert F, Lecloux G, Le Gall M. Traitement orthodontique accéléré par corticotomies : quelles sont les alternatives minimalement invasives ? *Orthod Fr.* 2019;90:5-12
- 59 : Cappellette Jr. M, Hatsue Yamamoto Nagai L, Mori Gonçalves R, Keiko Yuki A, Shizue Nagata Pignatari S, Fujita RR. Skeletal effects of RME in the transverse and vertical dimensions of the nasal cavity in mouth-breathing growing children. *Dent Press J Orthod.* 2017 July-Aug;22(4):61-9

- 60 : Da Luz Baratieri C, Alves Jr M, Trindade Mattos C, Wain Thi Lau G, Issamu Nojima L, Gomez de Souza MM. Transverse effects on the nasomaxillary complex one year after rapid maxillary expansion as the only intervention : a controlled study. *Dent Press J Orthod.* 2014 Sept-Oct;19(5):79-7
- 61 : Quinzi V, Rossi O, Paglia L, Marzo G, Caprioglio A. Paediatric orthodontics part 2 : periodontal effects of maxillary expansion. *Eur J Paediatr Dent.* 2019;20(2):164-66
- 62 : Furtado Á, Furtado GC, El Haje O et al. Soft-tissue cone-beam computed tomography (ST-CBCT) technique for the analysis of skeletal, dental and periodontal effects of orthopedic rapid maxillary expansion. *J Clin Exp Dent.* 2018;10(9):e883-90
- 63 : Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Mallya SM 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
- 64 : Machado Júnior AJ, Nubiato Crespo A. Cephalometric study of alterations induced by maxillary slow expansion in adults. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2006;72(2):166-72
- 65 : Park JJ, Park YC, Lee KJ, Cha JY, Tahk JY, Choi YJ. Skeletal and dentoalveolar changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion in young adults : a cone-beam computed tomography study. *Korean J Orthod.* 2017;47(2):77-86
- 66 : Carneiro da Cunha A, Lee H, Issamu Nojima L, Da Cunha Gonçalves Nojima M, Lee KJ. Miniscrew-assisted rapid palatal expansion for managing arch perimeter in an adult patient. *Dent Press J Orthod.* 2017 May-June ;22(3):97-108
- 67 : Brunetto DP, Sant'Anna EF, Machado AW, Moon Won. Non-surgical treatment of transverse deficiency in adults using microimplant-assisted rapid palatal expansion (MARPE). *Dent Press J Orthod.* 2017 Jan-Feb;22(1):110-25
- 68 : Bruder C, Feijó Ortolani L, Araújo de Lima, Artese F, Faltin Junior K. Evaluation of palate area before and after maxillary expansion, using cone-beam computed tomography. *Dent Press J Orthod.* 2019 Sept-Oct;24(5):40-5
- 69 : Lione R, Franchi L, Fanucci E, Laganà G, Cozza P. Three-dimensional densitometric analysis of maxillary sutural changes induced by rapid maxillary expansion. *Dentomaxillofac Rad.* 2013;42
- 70 : Bell RA. A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patient's age. *Am J Orthod.* 1982;81(1):32-7
- 71 : Hartono N, Soegiharto BM, Widayati R. The difference of stress distribution of maxillary expansion using rapid maxillary expander (RME) and maxillary skeletal expander (MSE) – a finite element analysis. *Prog Orthod.* 2018;19:33
- 72 : Moon HW, Kim MJ, Ahn HW et al. Molar inclination and surrounding alveolar bone change relative to the design of bone-borne maxillary expanders : A CBCT study. *Angle Orthod.* 2020;90:13-22

- 73 : Krüsi M, Eliades T, Papageorgiou SN. Are there benefits from using bone-borne maxillary expansion instead of tooth-borne maxillary expansion ? A systematic review with meta-analysis. *Prog Orthod.* 2019;20:29
- 74 : Jain V, Shyagali TR, Kambalyal P, Rajpara Y, Doshi J. Comparison and evaluation stresses generated by rapid maxillary expansion and the implant-supported rapid maxillary expansion on the craniofacial structures using finite element method of stress analysis. *Prog Orthod.* 2017;18:3
- 75 : Priyadarshini J, Mahesh CM, Chandrashekar BS et al. Stress and displacement patterns in the craniofacial skeleton with rapid maxillary expansion – a finite element method study. *Prog Orthod.* 2017;18:17
- 76 : Gopalakrishnan U, Premkumar S. Assessment of the dental and skeletal effects of fan-type rapid maxillary expansion screw and hyrax screw on craniofacial structures. *Contemp Clin Dent.* 2017 Jan-Mar;8(1):64-70
- 77 : M D'Souza I, Kiran Kumar HC, Sadashiva Shetty K. Dental arch changes associated with rapid maxillary expansion : a retrospective model analysis study. *Contemp Clin Dent.* 2015 Jan-Mar;6(1):51-57
- 78 : Rosa M, Lucchi P, Manti G, Caprioglio A. Rapid palatal expansion in the absence of posterior cross-bite to intercept maxillary incisor crowding in the mixed dentition : a CBCT evaluation of spontaneous changes of untouched permanent molars. *Eur J Paed Dent.* 2016;17/4:286-94
- 79 : Lineberger MB, Franchi L, Cevidanes LHS, Huanca Ghislanzoni LT, McNamara Jr JA. Three-dimensional digital cast analysis of the effects produced by a passive self-ligating system. *Eur J Orthod.* 2016;609-14
- 80 : Bratu DC, Bratu EA, Popa G, Luca M, BĂLAN R, OGODESCU A. Skeletal and dentoalveolar changes in the maxillary bone morphology using two-arm maxillary expander. *Rom J Morphol Embryol.* 2012;53(1):35-40
- 81 : Aquino Melgaço C, Columbano Neto J, Maris Jurach E, Da Cunha Gonçalves Nojima M, Franzotti Sant'Anna E, Issamu Nojima L. Rapid maxillary expansion effects : an alternative assessment method by means of cone-beam tomography. *Dent Press J Orthod.* 2014 Sept-Oct;19(5):88-96
- 82 : Domann CE, Kau CH, English JD, Xia JJ, Souccar NM, Lee RP. Cone beam computed tomography analysis of dentoalveolar changes immediately after maxillary expansion. *Orthodontics (Chic.).* 2011;12(3):202-209
- 83 : Santos P, Vale T, Moreira J et al. Assessment of the relationship between the upper and lower arch changes with the opening of the expanding screw after the rapid maxillary expansion. *Bull Group Int Rech Sci Stomatol Odontol.* 2010;49:30-9
- 84 : Kumar SA. Rapid maxillary expansion : a unique treatment modality in dentistry. *J Clin Diag Res.* 2011 Aug;5(4):906-11

- 85 : Di Ventura A, Lanteri V, Farronato G et al. Three-dimensional evaluation of rapid maxillary expansion anchored to primary molars : direct effects on maxillary arch and spontaneous mandibular response. *Eur J Paediatr Dent*. 2019;20(1):38-42
- 86 : Ugolini A, Doldo T, Huanca Ghislanzoni LT, Mapelli A, Giorgetti R, Sforza C. Rapid palatal expansion effects on mandibular transverse dimensions in unilateral posterior crossbite patients : a three-dimensional digital imaging study. *Prog Orthod*. 2016;17:1
- 87 : De Medeiros Alves AC, Benário Vieira Maranhão O, Janson G, Gamba Garib D. Mandibular dental arch short and long-term spontaneous dentoalveolar changes after slow or rapid maxillary expansion : a systematic review. *Dent Press J Orthod*. 2017 May-June;22(3):55-63
- 88 : Seong EH, Choi SH, Kim HJ, Yu HS, Park YC, Lee KJ. Evaluation of the effects of miniscrew incorporation in palatal expanders for young adults using finite element analysis. *Korean J Orthod*. 2018;48(2):81-9
- 89 : Lagravère MO, Gamble J, Major PW, HEO G. Transverse dental changes after tooth-borne and bone-borne maxillary expansion. *Int Orthod*. 2013;11:21-34
- 90 : Lablonde B, Lagravere Vich M, Edwards P, Kula K, Ghoneima A. Three dimensional evaluation of alveolar bone changes in response to different rapid palatal expansion activation rates. *Dent Press J Orthod*. 2017 Jan-Feb;22(1):89-97
- 91 : Baldini A, Nota A, Santariello C et al. Sagittal dentoskeletal modifications associated with different activation protocols of rapid maxillary expansion. *Eur J Paediatr Dent*. 2018;19(2):151-55
- 92 : Jacob HB, Ulema Ribeiro GL, English JD, Da Silva Pereira J, Brunetto M. A 3-D evaluation of transverse dentoalveolar changes and maxillary first molar root length after rapid or slow maxillary expansion in children. *Dent Press J Orthod*. 2019 May-June;24(3):79-87
- 93 : Akyalcin S, Schaefer JS, English JD, Stephens CR, Winkelmann S. A cone-beam computed tomography evaluation of buccal bone thickness following maxillary expansion. *Imaging Sci Dent*. 2013;43:85-90
- 94 : Zhou N, Guo J. Efficiency of upper arch expansion with the Invisalign system. *Angle Orthod*. 2020;90:23-30
- 95 : Geramy A, Shahroudi AS. Fixed versus removable appliance for palatal expansion ; a 3D analysis using the finite element method. *J Dent*. 2014;11(1):75-84
- 96 : Cozzani M, Rosa M, Cozzani P, Siciliani G. Deciduous dentition anchored rapid maxillary expansion in crossbite and non-crossbite mixed dentition patients : reaction of the permanent first molar. *Prog Orthod*. 2003;4:15-22
- 97 : Coskuner HG, Ciger S. Three-dimensional assessment of the temporomandibular joint and mandibular dimensions after early correction of the maxillary arch form in patients with Class II division 1 or division 2 malocclusion. *Korean J Orthod*. 2015;45(3):121-9

- 98 : Woller JL, Kim KB, Behrents RG, Buschang PH. An assessment of the maxilla after rapid maxillary expansion using cone beam computed tomography in growing children. *Dent Press J Orthod.* 2014 Jan-Feb;19(1):26-35
- 99 : Ghoneima A, Abdel-Fattah E, Hartsfield J, El-Bedwehi A, Kamel A, Kula K. Effects of rapid maxillary expansion on the cranial and circummaxillary sutures. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011 Oct;140(4):510-19
- 100 : Baldawa RS, Bhad WA. Stress distribution analysis during an intermaxillary dysjunction : A 3-D FEM study of an adult human skull. *Ann Maxillofac Surg.* 2011 Jan-Jun;1(1):19-25
- 101 : Seif-Eldin NF, Elkordy SA, Fayed MS, Elbeialy AR, Eid FH. Transverse skeletal effects of rapid maxillary expansion in pre and post pubertal subjects : a systematic review. *Maced J Med Sci.* 2019 Feb;7(3):467-77
- 102 : Huang J, Li CY, Jiang JH. Facial soft tissue changes after nonsurgical rapid maxillary expansion : a systematic review and meta-analysis. *Head Face Med.* 2018;14:6
- 103 : Fastuca R, Lorusso P, Lagravère MO et al. Digital evaluation of nasal changes induced by rapid maxillary expansion with different anchorage and appliance design. *BMC Oral Health.* 2017;17:113
- 104 : Maspero C, Galbiati G, Del Rosso E, Farronato M, Giannini L. RME : Effects on the nasal septum. A CBCT evaluation. *Eur J Paediatr Dent.* 2019;20(2):123-6
- 105 : Ballanti F, Lione R, Viarani S, Fanucci E, Cozza P. Post-retention effects of rapid maxillary expansion on nasal cavity and on periodontal structures. *Oral Implantol.* 2008;3-4:95-103
- 106 : Cappellette Jr M, Maiello Monteiro Alves FE, Yamamoto Nagai LH, Fujita RR, Nagata Pignatari SN. Impact of rapid maxillary expansion on nasomaxillary complex volume in mouth-breathers. *Dent Press J Orthod.* 2017 May-June;22(3):79-88
- 107 : Aziz T, Ansari K, Lagravère MO, Major MP, Flores-Mir C. Effect of non-surgical maxillary expansion on the nasal septum deviation : a systematic review. *Prog Orthod.* 2015;16:15
- 108 : Abedini S, Elkenawy I, Kim E, Moon W. Three-dimensional soft tissue analysis of the face following micro-implant-supported maxillary skeletal expansion. *Prog Orthod.* 2018;19:46
- 109 : Aras I, Ölmez S, Akay MC, Günbay T, Aras A. The effects of maxillary expansion on the soft tissue facial profile. *J Istanbul Univ Fac Dent.* 2017;51(3):1-10
- 110 : McNamara Jr JA, Lione R, Franchi L et al. The role of rapid maxillary expansion in the promotion of oral and general health. *Prog Orthod.* 2015;16:33
- 111 : Fastuca R, Perinetti G, Zecca PA, Nucera R, Caprioglio A. Airway compartments volume and oxygen saturation changes after rapid maxillary expansion : a longitudinal correlation study. *Angle Orthod.* 2015;85:955-961

- 112 : Aloufi F, Preston CB, Zawawi KH. Changes in the upper and lower pharyngeal airway spaces associated with rapid maxillary expansion. *ISRN Dent.* 2012;2012 : 1-5
- 113 : Kabalan O, Gordon J, Heo G, Lagravère MO. Nasal airway changes in bone-borne and tooth-borne rapid maxillary expansion treatments. *Int Orthod.* 2015 Feb;13:1-15
- 114 : Machado-Júnior AJ, Zancanella E, Crespo AN. Rapid maxillary expansion and obstructive sleep apnea : a review and meta-analysis. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2016 Jul;21(4):e465-9
- 115 : Ashok N, Sapna Varma NK, Ajith VV, Gopinath S. Effect of rapid maxillary expansion on sleep characteristics in children. *Contemp Clin Dent.* 2014 Oct-Dec;5(4):489-94
- 116 : Parisella V, Vozza I, Capasso F et al. Cephalometric evaluation of the hyoid triangle before and after maxillary rapid expansion in patients with skeletal class II, mixed dentition, and infantile swallowing. *Ann Stomatol.* 2012;III(3/4):95-9
- 117 : Kilic N, Kiki A, Oktay H, Selimoglu E. Effects of rapid maxillary expansion on conductive hearing loss. *Angle Orthod.* 2008;78(3)409:14
- 118 : Taspinar F, Üçüncü H, Bishara SE. Rapid maxillary expansion and conductive hearing loss. *Angle Orthod.* 2003;73:669-73
- 119 : Villano A, Grampi B, Fiorentini R, Gandini P. Correlations between rapid maxillary expansion (RME) and the auditory apparatus. *Angle Orthod.* 2006;76(5):752-8
- 120 : Fernandes Fagundes NC, Melres Rabello N, Cople Maia L, Normando D, Corrêa Flexa Ribeiro Mello K. Can rapid maxillary expansion cause auditory improvement in children and adolescents with hearing loss ? A systematic review. *Angle Orthod.* 2017;87(6):886-96
- 121 : Oshagh M, Bahramnia F, Aminsharifi AR, Fallahzadeh MH, Ghodrati P. Effects of maxillary expansion and placebo effect of appliances on nocturnal enuresis – preliminary results. *Cent Eur J Urol.* 2014;67:51-55
- 122 : Hyla-Klekot L, Truszel M, Paradysz A, Postek-Stefanska L, Zyczkowski M. Influence of orthodontic rapid maxillary expansion on nocturnal enuresis in children. *Biomed Res Int.* 2015;1-7
- 123 : Baysal A, Uysal T, Veli I, Ozer T, Karadede I, Hekimoglu S. Evaluation of alveolar bone loss following rapid maxillary expansion using cone-beam computed tomography. *Korean J Orthod.* 2013;43(2):83-95
- 124 : Garib DG, Castanha Henriques JF, Janson G, De Freitas MR, Fernandes AY. Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expander : a computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129:749-58
- 125 : Rungcharassaeng K, Caruso JM, Kan JYK, Kim J, Taylor G. Factors affecting buccal bone changes of maxillary posterior teeth after rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2007;132:428.e1-428.e8

- 126 : Digregorio MV, Fastuca R, Zecca PA, Caprioglio A, Lagravère MO. Buccal bone plate thickness after rapid maxillary expansion in mixed and permanent dentitions. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2019;155:198-206
- 127 : Mummolo S, Marchetti E, Albani F et al. Comparison between rapid and slow palatal expansion : evaluation of selected periodontal indices. *Head Face Med.* 2014;10:30
- 128 : Gamba Garib D, Ocké Menezes MH, Da Silva Filho OG, Bittencourt Dutra Dos Santos P. Immediate periodontal bone plate changes induced by rapid maxillary expansion in the early mixed dentition : CT findings. *Dent Press J Orthod.* 2014 May-June;19(3):36-43
- 129 : Lo Giudice A, Galletti C, Gay-Escoda C, Leonardi R. CBCT assessment of radicular volume loss after rapid maxillary expansion : a systematic review. *J Clin Exp Dent.* 2018;10(5):e484-94
- 130 : Yildirim M, Akin M. Comparison of root resorption after bone-borne and tooth-borne rapid maxillary expansion evaluated with the use of microtomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2019;155:182-90
- 131 : Garcia Costa J, Galindo TM, Trindade Mattos C, De Alcantara Cury-Saramago A. Retention period after treatment of posterior crossbite with maxillary expansion : a systematic review. *Dent Press J Orthod.* 2017 Mar-Apr;22(2):35-44
- 132 : De Melo MB, Melo SL, Zanet TG, Fenyo-Pereira M. Digital radiographic evaluation of the midpalatal suture in patients submitted to rapid maxillary expansion. *Indian J Dent Res* 2013;24:76-80
- 133 : Schauseil M, Ludwig B, Zorkun B, Hellak A, Korbmacher-Steiner H. Density of the midpalatal suture after RME treatment – a retrospective comparative low-dose CT-study. *Head Face Med.* 2014;10:18
- 134 : Tanaka OM, Adad Fornazari I, Ximenes Graciano Parra A, Borges de Castilhos B, Franco A. Complete maxillary crossbite correction with a rapid palatal expansion in mixed dentition followed by a corrective orthodontic treatment. *Case Rep Dent.* 2016;1-6
- 135 : De Almeida RR, De Almeida MR, Oltramari-Navarro PV, De Castro Ferreira Conti AC, De Lima Navarro R, Marques HV. Posterior crossbite – treatment and stability. *J Appl Oral Sci.* 2010;286-94
- 136 : Atik E, Taner T. Stability comparison of two different dentoalveolar expansion treatment protocols. *Dent Press J Orthod.* 2017 Sept-Oct;22(5):75-82
- 137 : Pinheiro FHSL, Garib DG, Janson G, Bombonatti R, De Freitas MR. Longitudinal stability of rapid and slow maxillary expansion. *Dent Press J Orthod.* 2014 Nov-Dec;19(6):70-7

Liste des figures

Figure 1 : Anatomie du palais osseux

Figure 2 : Schéma simplifié des différents stades de maturation de la suture palatine médiane

Figure 3 : Stade A de la suture palatine médiane

Figure 4 : Stade B de la suture palatine médiane

Figure 5 : Stade C de la suture palatine médiane

Figure 6 : Stade D de la suture palatine médiane

Figure 7 : Stade E de la suture palatine médiane

Figure 8 : Schéma simplifié pour déterminer le stade de maturation de la suture palatine médiane

Figure 9 : Schéma représentant les stades de maturation des vertèbres cervicales

Figure 10 : Quad-hélix

Figure 11 : Quad-hélix scellé sur gouttières

Figure 12 : Disjoncteur Hyrax scellé sur bagues

Figure 13 : Disjoncteur Hyrax scellé sur gouttières

Figure 14 : Disjoncteur en éventail

Figure 15 : Isaacson expander schématisé

Figure 16 : Bonded rapid palatal expander

Figure 17 : IPC rapid palatal expander

Figure 18 : Leaf Expander

Figure 19 : Protocole d'activation du Leaf Expander

Figure 20 : W-arch

Figure 21 : Spring Jet

Figure 22 : Niti Expander

Figure 23 : Appareil multiattaches maxillaire

Figure 24 : Alineurs

Figure 25 : Plaque palatine à vérin médian

Figure 26 : Haas type expander après activations

Figure 27 : Derichsweiler type

Figure 28 : Disjoncteur Hyrax hybride

Figure 29 : Appareil MSE

Figure 30 : Appareil MARPE modifié par Suzuki et al

Figure 31 : EMR à ancrage osseux à l'aide de minivis

Figure 32 : Piézocision

Figure 33 : Schéma triangulaire de la disjonction maxillaire

Figure 34 : Effets de l'expansion maxillaire rapide sur les dents maxillaires postérieures

Figure 35 : L'effet de l'expansion maxillaire rapide sur les dents mandibulaires

Figure 36 : Triangle hyoïdien

Figure 37 : Disjoncteur Hyrax ancré sur dents temporaires

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fréquence d'activations des MSE I et II en fonction de l'âge du patient

DANFLOUS (Solen). - L'expansion transversale non chirurgicale du maxillaire. -
38 f. ; ill. ; tabl. ; 137 ref. ; 30 cm (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2021)

RÉSUMÉ :

Les insuffisances du sens transversal au maxillaire sont une composante très fréquente des malocclusions. Les étiologies sont diverses et peuvent concerner la dimension squelettique et/ou dento-alvéolaire. Différentes thérapeutiques avec un large choix de dispositifs seront choisis en fonction du type d'anomalie.

A l'heure actuelle, une connaissance plus approfondie du stade de maturation de la suture palatine médiane, permise essentiellement par l'imagerie médicale avec notamment la démocratisation du Cone-Beam CT, repousse l'âge de la thérapeutique non chirurgicale de l'endognathie maxillaire qui n'est plus limitée aux patients en croissance. Ainsi, pour les enfants, les adolescents et les jeunes adultes une thérapeutique non chirurgicale pourra être mise en œuvre. Nous aborderons dans cette thèse les indications de l'expansion transversale non chirurgicale du maxillaire avec les dispositifs les plus couramment utilisés, les effets ainsi que les récurrences et la contention.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Orthopédie Dento-Faciale

MOTS-CLÉS MESH :

Malocclusion dentaire – Dental malocclusion

Technique d'expansion palatine – Palatal expansion technique

Thérapeutique – Therapeutics

Appareils orthodontiques – Orthodontic appliances

Tomodensitométrie à faisceau conique – Cone-Beam computed tomography

JURY :

Président : Professeur PEREZ F.

Directeur : Docteur RENAUDIN S.

Assesseur : Docteur NIVET M-H.

Assesseur : Docteur OYALLON M.

ADRESSE DE L'AUTEUR :

11 rue Scribe, 44000 NANTES