

NANTES UNIVERSITÉ

UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année 2022

N° 3868

Expansion transversale chirurgicale du maxillaire chez l'adulte

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par

MARTIN Anaïs



Le 15/12/2022 devant le jury ci-dessous

Président : Monsieur le Professeur Yves AMOURIQ

Assesseur : Madame le Docteur Fabienne JORDANA

Assesseur : Monsieur le Docteur Marc-Henri NIVET

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Stéphane RENAUDIN

	Présidente Pr. BERNAULT Carine
	Doyen Pr. SOUEIDAN Assem
	Assesseurs Pr GAUDIN Alexis Pr LE GUEHENNEC Laurent Pr LESCLOUS Philippe

Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers	
ALLIOT-LICHT Brigitte AMOURIQ Yves CHAUX Anne-Gaëlle GAUDIN Alexis LABOUX Olivier LE GUEHENNEC Laurent	LESCLOUS Philippe LOPEZ Serena PEREZ Fabienne SOUEIDAN Assem WEISS Pierre

Professeur des Universités
BOULER Jean-Michel

Maitre de conférences
VINATIER Claire

Professeur Emérite
GIUMELLI Bernard

Enseignants Associés	
GUIHO Romain (Professeur Associé) LOLAH Aoula (MCU Associé) MAITRE Yoann (MCU Associé)	AMICHIA ALLOH Yomin Cécile (Assistante Associée) IDIRI Katia (Assistante Associée) HASCOET Emilie (Assistante Associée)

Maitres de conférences des Universités - Praticiens Hospitaliers	Chef de Clinique des Universités - Assistant des Hôpitaux
AMADOR DEL VALLE Gilles ARMENGOL Valérie BLERY Pauline BODIC François CLOITRE Alexandra DAJEAN-TRUTAUD Sylvie ENKEL Bénédicte HOORNAERT Alain HOCHMAND-CUNY Madline JORDANA Fabienne LE BARS Pierre NIVET Marc-Henri PRUD'HOMME Tony RENARD Emmanuelle RENAUDIN Stéphane RETHORE Gildas SERISIER Samuel STRUILLOU Xavier VERNER Christian	BLEU Oriane CLOUET Roselyne EVRARD Lucas HEMMING Cécile HIBON Charles IBN ATTYA Zakarie LEROY Camille LIEPPE Thibault MORCEL Marion OYALLON Mathilde QUINSAT Victoire Eugenie PREVOT Diane REMAUD Thomas

Praticiens Hospitaliers	
DUPAS Cécile	HYON Isabelle

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 seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur donner aucune approbation, ni improbation.

REMERCIEMENTS

À Monsieur le Professeur Yves AMOURIQ

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

Docteur de l'Université de Nantes

Habilité à Diriger les Recherches

Département de Prothèses

Chef de Service d'Odontologie Restauratrice et Chirurgicale

- NANTES -

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

Pour votre disponibilité et votre bienveillance,

Veillez trouver ici l'assurance de toute mon estime et de ma reconnaissance.

À 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 d'accepter la direction de cette thèse,
Pour vos conseils en clinique et la richesse de vos enseignements,
Veuillez trouver ici le témoignage de mes sincères remerciements et de mon profond respect.*

À Madame le Docteur Fabienne JORDANA

Maître de Conférences des Universités

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

Docteur de l'Université de Bordeaux

Habilité à Diriger les Recherches Département de Sciences Anatomiques et Physiologiques,
Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysique, Radiologie

- NANTES -

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

Pour votre gentillesse et votre disponibilité,

Veillez trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.

À Monsieur le Docteur NIVET Marc-Henri

Maître de Conférences des Universités

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

Département d'Orthopédie Dento-Faciale

- NANTES -

*Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de siéger dans ce jury de thèse,
Pour votre bienveillance, votre gentillesse et vos conseils en clinique,
Veuillez trouver ici l'expression de mon estime et de mon profond respect.*

Table des matières

Liste des abréviations	13
Introduction	14
1. Insuffisance transversale du maxillaire chez l'adulte	15
1.1 <i>Rappels anatomiques</i>	15
1.1.1 L'os maxillaire	15
1.1.2 L'os palatin.....	16
1.1.3 La suture palatine médiane	16
1.2 <i>Signes cliniques et diagnostic de l'insuffisance transversale maxillaire</i>	17
1.2.1 Examen exo-buccal	17
1.2.2 Examen endo-buccal.....	18
1.2.3 Examen des moulages	19
1.2.4 Examen radiologique	19
1.3 <i>Indications de l'expansion chirurgicale</i>	21
1.3.1 La maturité squelettique chez le patient adulte.....	21
1.3.2 L'anamnèse.....	23
1.3.3 La quantité d'expansion nécessaire.....	23
1.3.4 L'état parodontal	24
1.3.5 La ventilation	24
2. Expansion chirurgicale du maxillaire.....	25
2.1 <i>Lefort I segmenté</i>	25
2.2 <i>Distraction maxillaire (SARME)</i>	28
2.2.1 Principe de la distraction osseuse	28
2.2.2 Description de l'intervention.....	28
2.2.3 Avantages de la piézochirurgie	29
2.2.4 SARME en trois parties	29
2.2.5 Disjonction ptérygo-maxillaire.....	31
2.2.6 Les différents types de disjoncteurs	32
2.2.6.1 Disjoncteur à appui dentaire	33
2.2.6.2 Disjoncteur à appui osseux.....	33
a) Distracteur transpalatin.....	33
b) Distracteur transpalatin Rotterdam.....	34
c) Distracteur Dresden.....	36
d) Disjoncteurs osseux sur minivis	36
e) Disjoncteurs sur mesure	37
2.2.6.3 Disjoncteur à appui mixte	39
2.2.6.4 Choix du disjoncteur	41
f) Comparaison appui dentaire et appui osseux	41

g) Comparaison appui dentaire et hybrides :	43
2.2.6.5 Protocoles d'activation	44
2.2.6.6 Contention	44
3. Effets de l'expansion maxillaire et comparaison des deux procédures	46
3.1 <i>Risques opératoires</i>	46
3.1.1 SARME	46
3.1.2 Lefort I segmenté.....	48
3.2 <i>Conséquences osseuses et dento-alvéolaires</i>	48
3.2.1 Conséquences transversales.....	48
3.2.1.1 SARME	49
3.2.1.2 Lefort I segmenté :	49
3.2.1.3 Comparaison des deux procédures :	50
3.2.2 Conséquences verticales de la SARME	52
3.2.3 Conséquences sagittales de la SARME	52
3.3 <i>Conséquences parodontales</i>	54
3.3.1 SARME	54
3.3.2 Lefort I segmenté.....	55
3.4 <i>Conséquences sur les tissus mous</i>	56
3.4.1 Le nez.....	56
3.4.1.1 Effets de la SARME sur le volume propre du nez.....	56
3.4.1.2 Effets de la SARME sur le volume aérique et l'évaluation subjective.....	56
3.4.1.3 Effets de la SARME sur le SAHOS :	57
3.4.1.4 Comparaison SARME et Lefort I segmenté	58
3.4.2 Les joues	58
3.4.3 Les muscles	58
Conclusion	60
Bibliographie	61
Liste des figures	69
Liste des tableaux	71

Liste des abréviations

CBCT : Cone-beam computed tomography

IAH : Indice d'apnée hypopnée

MARPE : Microimplant-assisted rapid palatal expansion

MTD : Maxillary transverse deficiency

OME : Orthopedic maxillary expansion

PMD : Disjonction ptérygo-maxillaire

SAHOS : Syndrome d'Apnées Hypopnées Obstructives du Sommeil

SARME : Surgically assisted rapid maxillary expansion

SS : Statistiquement significative

Introduction

L'insuffisance transversale du maxillaire est une problématique fréquente chez les patients traités en orthodontie, qu'ils présentent ou non un syndrome cranio-facial. Elle a pour principaux signes cliniques un inversé d'occlusion uni ou bi latéral, des corridors noirs et un encombrement dentaire. (1) Elle est souvent associée à des malocclusions sagittales et verticales ; la correction du sens transversal est souvent la première étape du traitement, nécessaire au nivellement et à la coordination des arcades, avant que celles-ci puissent être, dans un second temps, repositionnées en classe I.

Elle est également souvent liée à des dysfonctions notamment une ventilation orale, une déglutition atypique ou encore des problèmes de phonation. La rééducation des fonctions sera facilitée par la correction du sens transversal, permettra une amélioration de la qualité de vie du patient, et joue un rôle important dans la contention.

Chez le patient en croissance, le sens transversal est généralement corrigé par une expansion orthopédique du maxillaire. Chez l'adulte, la maturation squelettique et la synostose des sutures s'opposent à cette expansion. Si le déficit transversal est important, les compensations alvéolaires ne suffisent pas ; un traitement orthodontico-chirurgical est nécessaire. Cette intervention va consister en la réalisation de traits d'ostéotomie afin de permettre une expansion osseuse du maxillaire.

Deux grandes techniques existent. La première est l'ostéotomie segmentaire, pendant laquelle les segments maxillaires seront replacés de façon à corriger immédiatement le sens transversal. La seconde est la distraction maxillaire, qui consiste en l'activation d'un appareil quelques jours après l'intervention afin d'écarter progressivement les deux héli-maxillaires. Les disjoncteurs utilisés pour la distraction peuvent être à appui osseux, dentaire ou mixte.

Nous allons nous intéresser dans la première partie à l'indication de l'expansion chirurgicale chez le patient adulte. Puis nous étudierons les différentes procédures chirurgicales, avant d'aborder les conséquences osseuses, alvéolaires, dentaires, et fonctionnelles, et les risques de récurrence de ce traitement.

1. Insuffisance transversale du maxillaire chez l'adulte

1.1 Rappels anatomiques

1.1.1 L'os maxillaire

L'os maxillaire est un os pair et constitue l'essentiel de l'étage moyen du massif facial. Il est constitué d'un corps et de ses processus zygomatique, frontal, alvéolaire et palatin. Le processus palatin s'articule avec son homologue opposé grâce à la suture intermaxillaire. Ces processus palatins séparent les cavités nasale et buccale, et constituent la partie antérieure du palais osseux. (2)

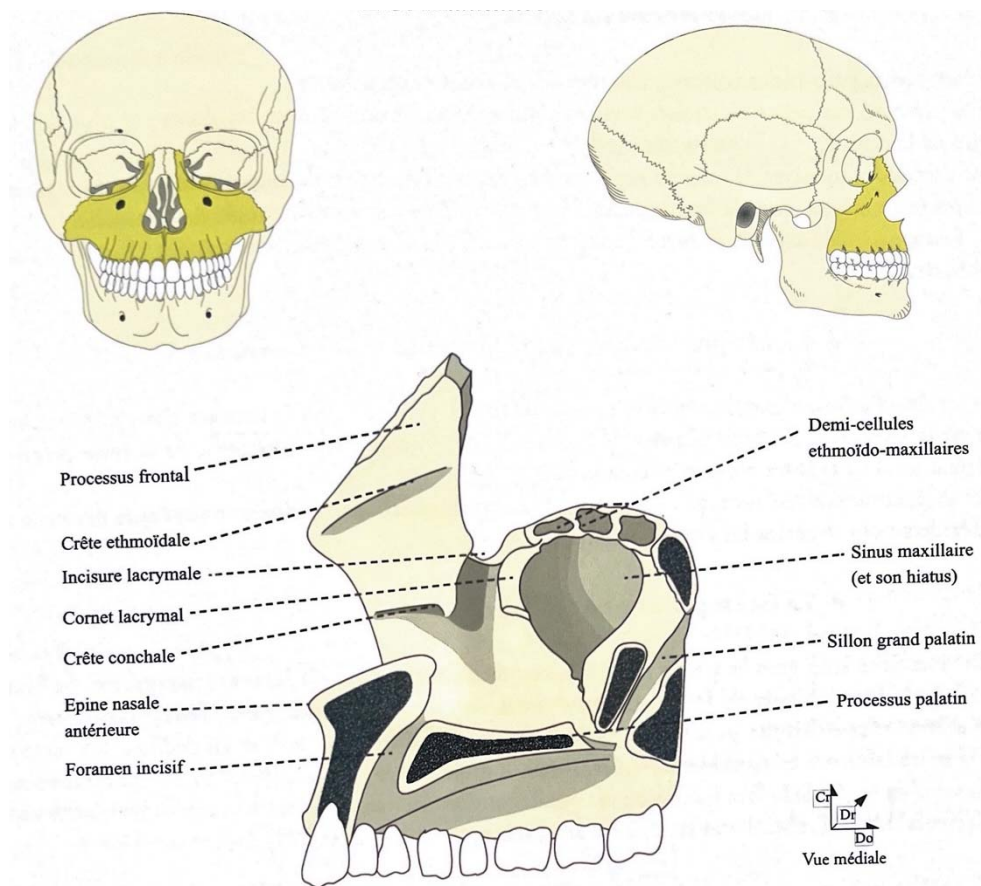


Fig 1. Anatomie de l'os maxillaire

Source : Schémas réalisés par le Dr Jordana F. dans Laurentjoye et al (2), 2013

1.1.2 L'os palatin

L'os palatin est un os pair en forme de L, constitué d'une lame verticale et d'une lame horizontale. La partie postérieure du palais osseux est constituée des lames horizontales des os palatins, reliées par la suture inter-palatine. (2)

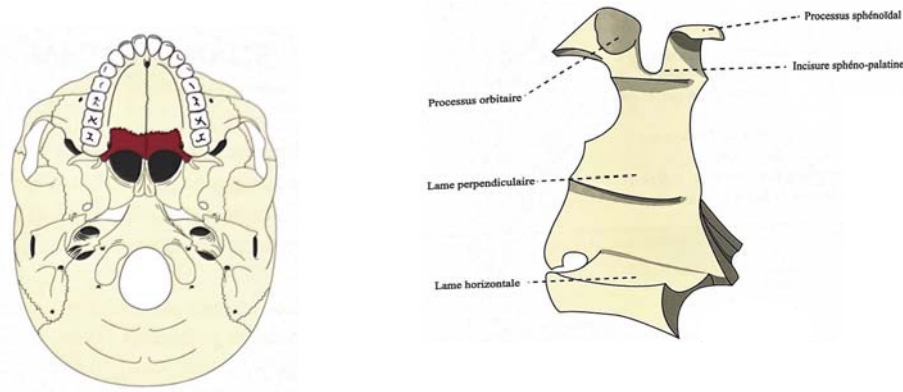


Fig 2. Anatomie de l'os palatin

Source : Schémas réalisés par le Dr Jordana F. dans Laurentjoye et al (2), 2013

1.1.3 La suture palatine médiane

Les sutures intermaxillaire et inter-palatine sont communément considérées comme une même entité, appelée suture palatine médiane.

La suture palatine transverse sépare quant à elle la lame horizontale de l'os palatin et le processus palatin de l'os maxillaire. (2)

La maturation de la suture palatine médiane se fait en trois stades : la synfibrose, la synarthrose puis la synostose. Au stade de synostose, les deux pièces osseuses sont soudées.

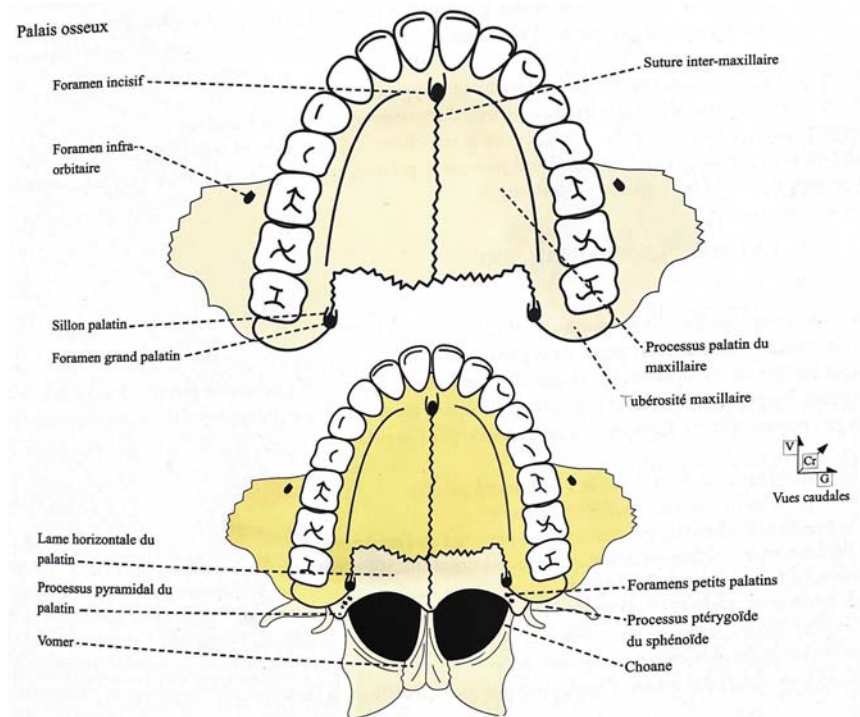


Fig 3. Anatomie du palais osseux

Source : Schémas réalisés par le Dr Jordana F. dans Laurentjoye et al (2), 2013

1.2 Signes cliniques et diagnostic de l'insuffisance transversale maxillaire

1.2.1 Examen exo-buccal

Au niveau exo-buccal, peu de signes d'insuffisance du maxillaire sont visibles car la position des bases osseuses et des procès alvéolaires sont masqués par les tissus mous. Il est possible de d'observer une région para-nasale creuse, et parfois une déviation du menton. Au sourire, des corridors noirs sont présents. (3)

Les autres signes sont liés aux dysfonctions généralement associées, notamment à une ventilation orale : nez étroit, narines hypotoniques, inoclusion labiale, cernes, pommettes peu marquées.



Fig 4. Photographies exo-buccales d'un patient présentant une insuffisance maxillaire (4)

1.2.2 Examen endo-buccal

Les principaux signes endo-buccaux d'une insuffisance transversale du maxillaire sont :

- Une occlusion inversée uni ou bilatérale
- Un encombrement sévère
- Une arcade maxillaire en V ou en lyre
- Une voûte palatine profonde et étroite
- Des papilles bunoïdes marquées
- Une langue basse si la ventilation est orale
- Une déviation du point inter-incisif mandibulaire si des interférences sont présentes



Fig 5. Insuffisance transversale du maxillaire avec inversé bilatéral

Source : Auteur

1.2.3 Examen des moulages

En replaçant les modèles d'étude en classe I molaire et canine, il est possible de déterminer si l'insuffisance transversale du maxillaire est relative ou absolue. En effet, un décalage sagittal des bases osseuses peut masquer (classe II) ou amplifier l'impression d'insuffisance transversale. Si l'insuffisance est relative, l'inversé d'articulé ne sera plus présent en classe I. Si elle est absolue, une discordance transversale persiste entre les modèles maxillaire et mandibulaire.

L'examen de la courbe de Wilson est également important : elle peut être plus marquée car les molaires maxillaires présentent une version corono-vestibulaire pour compenser l'insuffisance transversale basale.

Différents index ont été proposés pour diagnostiquer l'insuffisance transversale du maxillaire, comme ceux de Linder-Harth, de Pont ou de Korkhaus, mais ils sont spécifiques à certaines populations. (5–7) Les modèles numériques étant de plus en plus utilisés aujourd'hui, il est possible d'étudier plus facilement les inclinaisons dentaires, mais aussi les formes d'arcades et leur coordination. La version des molaires est notamment importante pour diagnostiquer une insuffisance transversale alvéolaire et/ou squelettique du maxillaire. De plus, une inclinaison vestibulaire des molaires maxillaires et linguale des molaires mandibulaires sont des compensations qui camouflent les anomalies transversales. (3)

1.2.4 Examen radiologique

Selon Betts et al (8), la téléradiographie de face permettrait, grâce à l'analyse de Ricketts, d'évaluer les anomalies transversales maxillaires et mandibulaires à l'aide de deux mesures :

- Le différentiel de largeur maxillo-mandibulaire : distance entre la droite (ZR-GA) et JD du côté droit, et entre la droite (ZL-AG) et JL du côté gauche. La norme est de 10 +/- 1,5mm.

Il existe une discordance maxillo-mandibulaire si la mesure est supérieure à la norme. La somme des différences de chaque côté donne le déficit total.

Cette méthode permet de déterminer la présence d'un déficit plus important d'un côté ou de l'autre, mais ne nous permet pas de savoir quelle arcade est responsable.

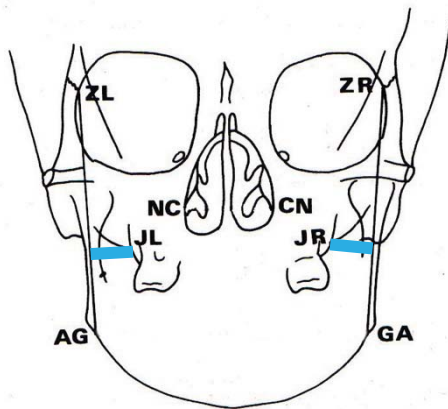


Fig 6. Différence de largeur maxillo-mandibulaire à gauche et à droite (N= 10 +/- 1,5mm)

- L'index différentiel transversal maxillo-mandibulaire, égal à la différence de largeur maxillo-mandibulaire attendue moins la différence de largeur maxillo-mandibulaire mesurée. (9)
 - La différence de largeur maxillo-mandibulaire attendue est égale à 19,6mm chez l'adulte (selon les normes déterminées par Ricketts).
 - La différence de largeur maxillo-mandibulaire mesurée est égale à la largeur mandibulaire (AG-GA) moins la largeur maxillaire (JR-JL).

Une intervention chirurgicale est indiquée si l'index est supérieur à 5mm, alors qu'un traitement orthodontique avec compensations peut être suffisant s'il est inférieur ou égal à 5mm.

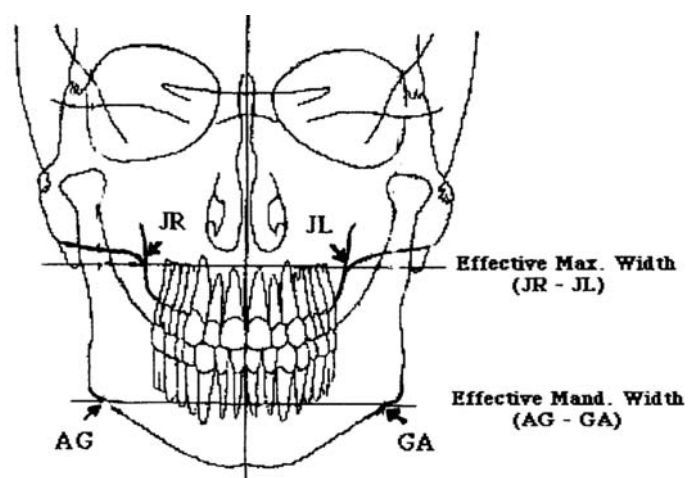


Fig 7. Mesure des largeurs maxillaire et mandibulaire (9)

Cependant, cette méthode est remise en question car les normes ont été faites par rapport à des individus caucasiens. Ce plus, ces mesures ne prennent en compte que des repères osseux, éloignés des dents et des bases apicales.

L'utilisation de l'imagerie 3D permet de s'affranchir des distorsions, artéfacts et superpositions de l'imagerie en 2D. Les coupes de CBCT (cone-beam computed tomography) offrent une meilleure visualisation des bases apicales et des axes dentaires, permettant d'analyser précisément la nature et la localisation des anomalies. (3)

1.3 Indications de l'expansion chirurgicale

Selon la revue de la littérature de Suri et al. (3) , plusieurs critères doivent être pris en compte :

1.3.1 La maturité squelettique chez le patient adulte

L'expansion assistée chirurgicalement est indiquée lorsque la croissance osseuse est terminée et que les sutures ont un taux d'ossification élevé. Une tentative de disjonction orthopédique dans ce cas peut provoquer des douleurs, des ulcérations et nécroses des muqueuses, et une version vestibulaire et des récessions gingivales sur les dents support. (10)

De nombreux auteurs ont cherché à corréler la maturation osseuse et l'âge civil. Cependant, l'âge à partir duquel la chirurgie est recommandée est très variable selon les études : 14ans selon Mommaerts (11), 25ans pour Timms et Vero (12), 20ans pour les femmes et 25ans pour les hommes pour Alpern et Yurosko (13). Il n'existe donc pas de consensus concernant les jeunes adultes. De plus, il existe dans la littérature des études de cas de jeunes adultes chez qui une expansion orthopédique a fonctionné. (14,15)

Angelieri et al. ont défini cinq stades de maturation de la suture palatine médiane sur CBCT. (16). Selon eux, la chirurgie est indiquée aux stades D et E, la suture étant partiellement ou totalement fusionnée. Leur étude a montré que l'âge civil ne permet pas de connaître avec certitude l'état de la suture. Cette méthode permettrait donc d'évaluer individuellement la maturation palatine et de guider ainsi la décision thérapeutique chez les jeunes adultes.

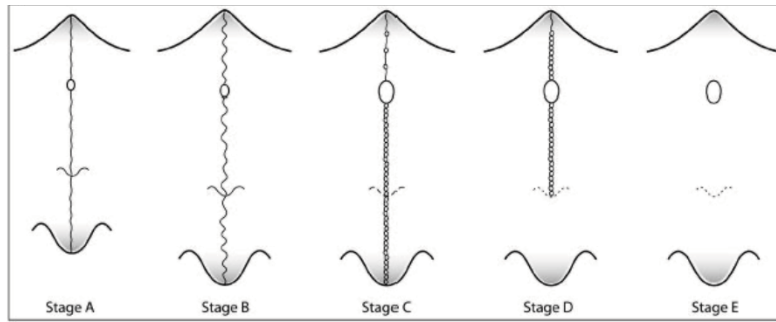


Fig 8. Les différents stades de maturation de la suture palatine médiane

Source : Angelieri et al. (16)

Cependant, dans les années 70, Lines (17) ainsi que Bell et Epker (10) ont démontré que la principale zone de résistance à l'expansion orthopédique chez des patients adultes n'était pas la suture palatine médiane, mais les sutures zygomatiko-temporales, zygomatiko-maxillaires et zygomatiko-frontales.

L'étude de Jafari sur un crâne adulte a montré que l'expansion orthopédique exerçait des forces sur tout le complexe cranio-facial, notamment au niveau de la suture palatine, des zygomatiques et du sphénoïde (18).

Une seconde étude réalisée sur CBCT a montré que la disjonction non chirurgicale sur des patients de 13ans créait une augmentation de la largeur de la suture intermaxillaire, mais qu'aucune différence n'était observée au niveau des sutures zygomatiko-maxillaire et ptérygo-maxillaire (19). Ces sutures ne semblent déjà plus mobilisables à l'adolescence.

Les travaux de Melsen ont également montré que les interdigitations de la suture ptérygo-maxillaire sont déjà importantes à l'âge de 12ans, et qu'une disjonction osseuse provoquait des microtraumatismes (20).

Bien que des études soient encore nécessaires, les sutures péri-maxillaires, notamment ptérygo-maxillaire et zygomatiko-maxillaires, semblent s'opposer également à l'expansion non chirurgicale du maxillaire. L'évaluation du stade d'ossification de la suture palatine médiane ne semble donc pas être le seul élément à prendre en compte pour décider ou non d'une procédure chirurgicale.

En conclusion, l'expansion non chirurgicale du maxillaire chez l'adulte étant à ce jour encore peu documentée, il semble pour le moment préférable d'assister chirurgicalement cette expansion.

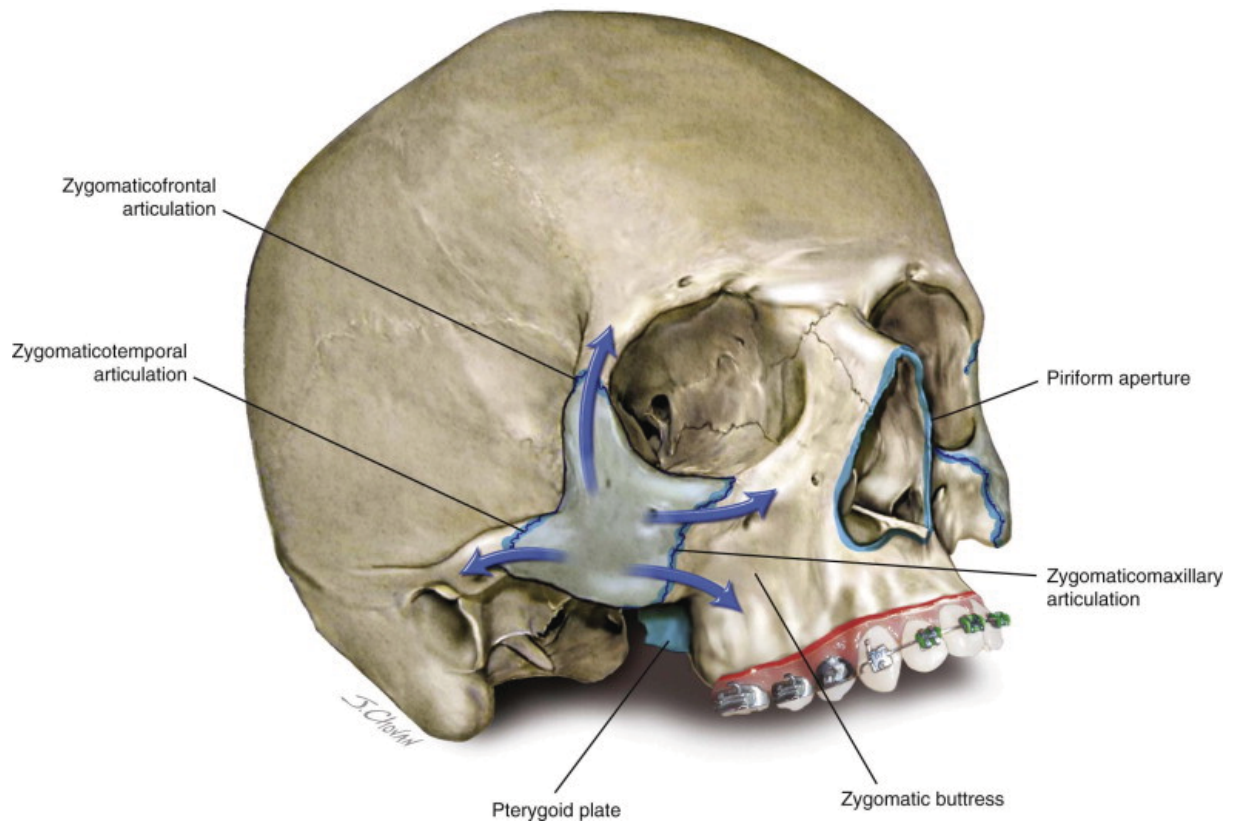


Fig 9. Zones de résistance à l'expansion transversale du maxillaire (21)

1.3.2 L'anamnèse

La synostose des sutures serait accélérée par des anomalies affectant le métabolisme osseux telles que l'hyperthyroïdisme, l'hypophosphatémie vitamine D résistante, les mucopolysaccharidoses et les mucopolipidoses.

De plus, l'expansion chirurgicale étant généralement réalisée sous anesthésie générale, il est également nécessaire de vérifier l'absence de contre-indications médicales.

1.3.3 La quantité d'expansion nécessaire

Selon Betts et al. (8) et Silverstein et Quinn (22), une discordance maxillo-mandibulaire transversale de moins de 5mm chez l'adulte peut généralement être camouflée par un traitement orthodontique seul. Au-delà de 5mm, la chirurgie est nécessaire. La version vestibulo-linguale des dents doit être prise en compte puisqu'elle peut masquer ou aggraver la discordance présente au niveau basal.

1.3.4 L'état parodontal

Le biotype est à prendre en compte car un biotype fin est plus sujet à la formation de récessions suite aux forces orthodontiques (23) : il faudra privilégier une procédure chirurgicale pour supprimer les résistances à l'expansion.

1.3.5 La ventilation

La distraction maxillaire permettrait une augmentation du volume nasal et donc une amélioration subjective de la ventilation nasale. Une expansion chirurgicale pourrait donc être privilégiée en cas de symptômes de dysfonction ventilatoire (troubles /apnées du sommeil).

2. Expansion chirurgicale du maxillaire

Il existe deux procédures, combinant orthodontie et chirurgie maxillo-faciale, permettant de corriger efficacement le sens transversal maxillaire chez l'adulte.

2.1 Lefort I segmenté

Lors de l'ostéotomie de Lefort I, des ostéotomies sont réalisées afin de détacher le plateau palatin du massif facial et de le mobiliser dans les 3 sens de l'espace. Une ostéotomie supplémentaire, séparant les deux héli-maxillaires, permet la correction du sens transversal. Des phases orthodontiques sont nécessaires en amont et en aval de cette intervention. La phase pré-chirurgicale va permettre d'aligner et niveler les arcades, de corriger les versions compensatrices et de faire concorder les arcades. L'orthodontiste peut créer au préalable une divergence des axes des dents adjacentes au trait d'ostéotomie afin de faciliter le geste. A l'aide d'empreintes pré chirurgicales, il sera possible de vérifier la concordance des héli-arcades maxillaire et mandibulaire droites d'une part, et gauches d'autre part. Pour cela, il peut être nécessaire de couper le modèle maxillaire afin de simuler l'expansion qui sera réalisée.

Bien qu'il existe de nombreuses variantes à cette ostéotomie, les principales étapes sont les suivantes : (24)

Abord chirurgical : Une incision vestibulaire muco-périostée est réalisée de 13 à 23, à distance de la gencive attachée. Puis, le périoste des corps maxillaires est décollé jusqu'à la fissure prérygo-maxillaire. La muqueuse des fosses nasales est décollée de la paroi inter-sinuso-nasale, du plancher des fosses nasales et du septum.

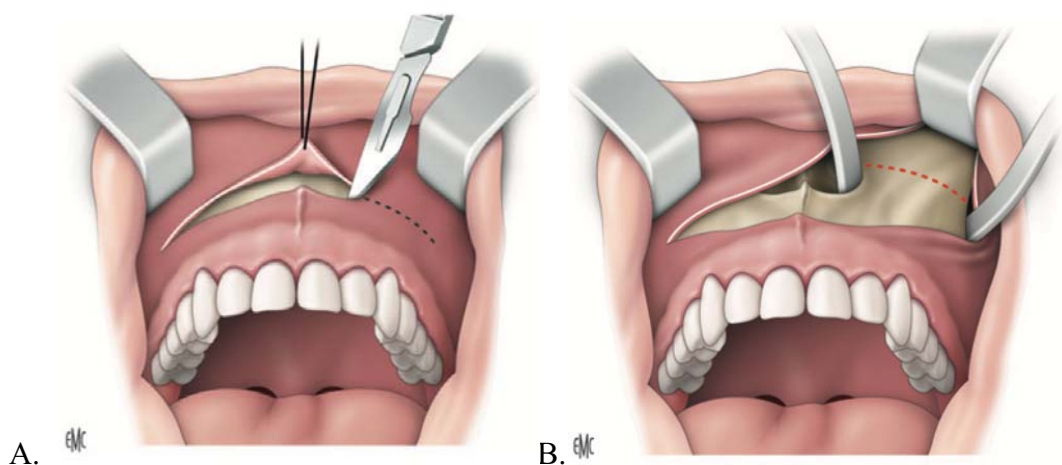


Fig 10. Incision vestibulaire muco-périostée (A)

et décollement sous périoste (B) (24)

L'ostéotomie, réalisée à la scie, à la fraise ou au piézotome, commence par la section des parois latérales et antérieures du maxillaire, rejoignant les fosses nasales. Un ostéotome est ensuite utilisé afin de séparer les parois latérales maxillaires, les cloisons inter sinus-nasales et la cloison entre le septum et le vomer. Enfin, une disjonction prérygo-maxillaire est réalisée. Un distracteur est utilisé pour la fracture d'abaissement du maxillaire : le plateau maxillaire est ainsi totalement libéré de la base du crâne et peut être mobilisé dans les trois sens de l'espace. Une fois positionné dans la position voulue, les miniplaques d'ostéosynthèse sont vissées sur les piliers canins et les cintres maxillo-malaires.

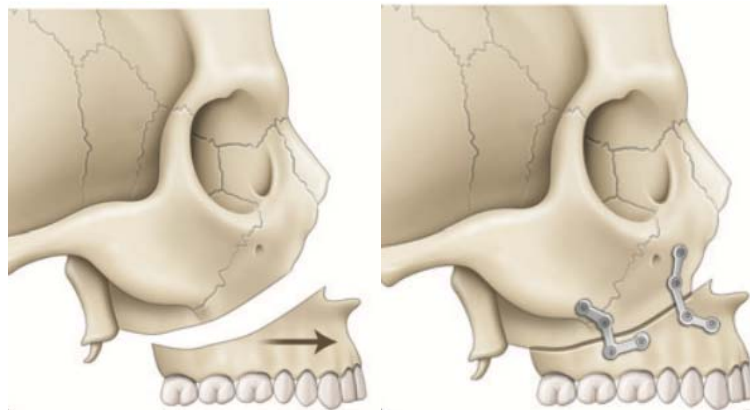


Fig 11. Mobilisation et ostéosynthèse du maxillaire (24)

Des élastiques inter-arcades et une gouttière peuvent être utilisés durant les 6 à 8 semaines post opératoires afin de stabiliser les résultats durant la période de consolidation osseuse. (25)

Lorsqu'une correction du sens transversal est nécessaire, une fragmentation du plateau palatin est réalisée. Elle peut être :

- En 2 segments : le trait d'ostéotomie passe généralement entre 11 et 21, mais peut aussi être réalisé en distal de 12 ou 22 afin de mieux préserver la papille inter-incisive.
- En 3 segments : les traits d'ostéotomies passent en distal de 13 et 23

Landes et al conseillent de vérifier sur CBCT l'espace inter-radiculaire pour décider du trait d'ostéotomie : celui-ci doit être d'au moins 1,2mm. (26)

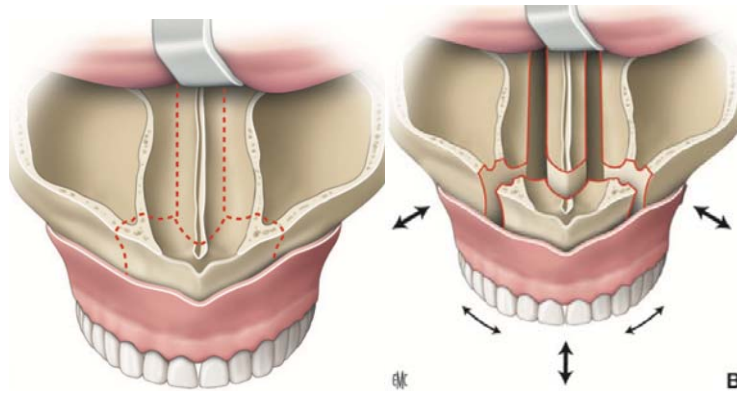


Fig 12. Ostéotomie en 3 segments de l'arcade maxillaire

Cette procédure permet donc, contrairement à la SARME, de corriger en une seule intervention le sens transversal mais également vertical (impaction ou épaction) et sagittal (avancée ou recul).

Historiquement, l'ostéosynthèse était réalisée grâce à la fixation par fils. Dans les années 1970, les mini-plaques ont ensuite été introduites. (27) Plusieurs études ont montré que la fixation rigide, par plaque, permettrait une meilleure stabilité squelettique et donc moins de récurrence (28,29). Ces dernières années, des implants spécifiques aux patients sont fabriqués sur mesure lors de chirurgies complexes (30,31). L'utilisation de plaques conventionnelles reste le premier choix lors de chirurgies plus simples, notamment mono-maxillaires. (32)

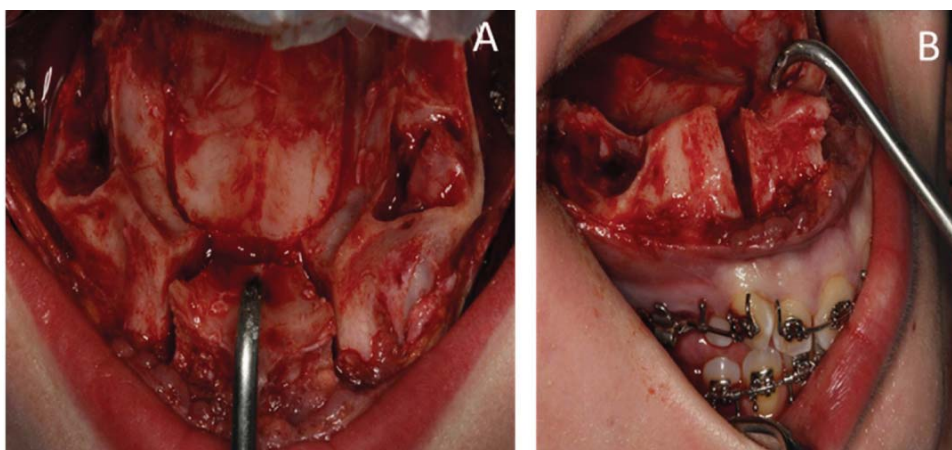


Fig 13. Vue palatine (A) et vue latérale (B) d'un Lefort I segmenté (33)

2.2 Distraction maxillaire (SARME)

2.2.1 Principe de la distraction osseuse

La distraction est un processus biologique permettant la néoformation d'os entre deux segments osseux séparés graduellement par des forces de traction (ici par des disjoncteurs dérivés de l'HyraX). Un geste chirurgical est nécessaire pour fragiliser l'os au niveau des sutures synostosées chez l'adulte, et la néoformation osseuse sera permise par les forces appliquées sur les cellules dotées d'ostéorégulation. (34)

2.2.2 Description de l'intervention

Si la distraction se fait à l'aide d'un dispositif dento-porté, il sera scellé par l'orthodontiste quelques jours avant l'intervention, communément à l'aide d'un ciment verre ionomère. (35) En cas de disjoncteur ostéo-porté, celui-ci sera placé par le chirurgien durant l'intervention.

Bien qu'il existe de nombreuses variantes, une revue de la littérature en 2009 a décrit la procédure chirurgicale classique. (36) La muqueuse est d'abord incisée au-dessus de la crête maxillo-mandibulaire, afin de réaliser l'ostéotomie des parois des sinus maxillaires, en passant au-dessus des apex dentaires. Puis, une ostéotomie est réalisée de l'épine nasale antérieure à l'épine nasale postérieure, afin de séparer le maxillaire au niveau de la suture palatine médiane. La muqueuse palatine est protégée et gardée intacte. Le chirurgien active le distracteur puis le désactive pour vérifier la mobilisation des deux héli-maxillaires.

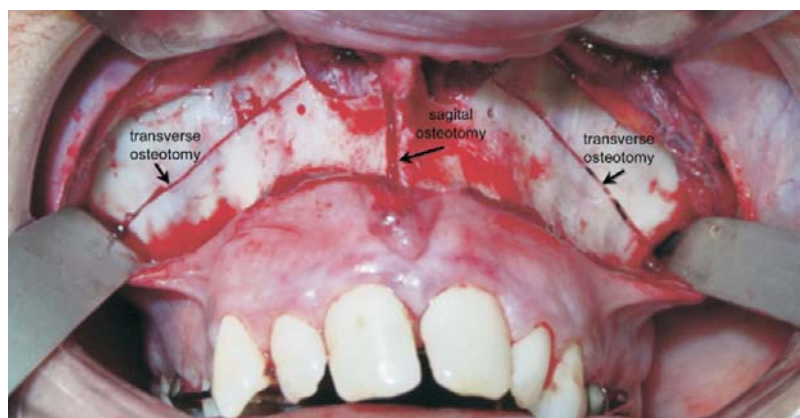


Fig 14. Ostéotomies des parois latérales maxillaires et sagittale (37)

Selon les auteurs, une anesthésie locale serait suffisante pour une SARME sans disjonction ptérygoïdienne. (36) Cependant, cela reste assez rare en pratique. En effet, la procédure peut être psychologiquement traumatisante pour le patient notamment lors des ostéotomies des parois nasales latérales. (32)

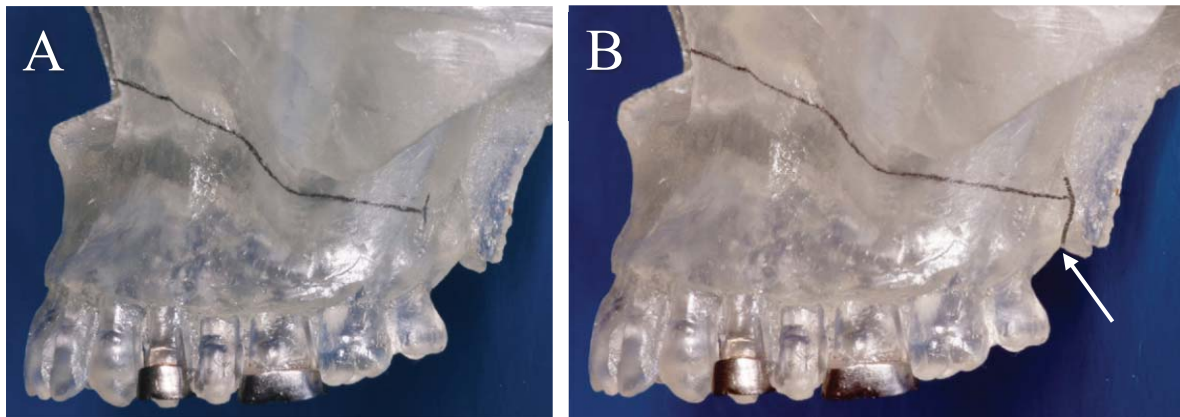


Fig 15. A, Simulation de l'ostéotomie du maxillaire. B, Simulation d'ostéotomie ptérygo-maxillaire (38)

2.2.3 Avantages de la piézochirurgie

L'utilisation d'un piézotome offre de nombreux avantages par rapport aux fraises et microscies conventionnelles. Il permet la découpe sélective des structures minéralisées sans endommager les tissus mous environnants, et minimise notamment les risques au niveau des vaisseaux de la zone ptérygoïde. L'architecture osseuse étant mieux préservée, la cicatrisation osseuse est meilleure et plus rapide. (39) Küçükkurt et Değerliyur ont noté une diminution significative de l'œdème facial, de la douleur et du temps opératoire (40).

La disparition des sensations de vibration améliore le confort et diminue le stress des patients : une SARME sous anesthésie locale est ainsi mieux tolérée (39). La satisfaction post opératoire des patients après une piézochirurgie est supérieure à celle utilisant des instruments conventionnels (40).

2.2.4 SARME en trois parties

La SARME est le plus souvent réalisée avec une ostéotomie de Lefort 1 et une ostéotomie médiane, passant entre les incisives centrales. Cependant, il est fréquent que l'expansion soit asymétrique si un côté est plus résistant que l'autre : dans ce cas, une ré-

intervention est nécessaire. Une technique alternative consiste à diviser le maxillaire en trois parties, avec deux ostéotomies passant entre les canines et les incisives latérales. On a donc un segment central fixe et deux segments latéraux mobiles (41). Cette technique présente plusieurs avantages : la SARME en trois parties permet au patient d'éviter un diastème médian important et inesthétique, avec des diastèmes latéraux plus petits et qui se referment plus rapidement (42). Certains patients refusent en effet l'intervention à cause des conséquences psychologiques et sociales de ce diastème, même s'il n'est que temporaire (41).



Fig 16. Diastème inter-incisif après SARME (43)

Elle permettrait de ne pas risquer d'endommager les racines des incisives centrales en cas d'encombrement dans cette zone. Les conséquences parodontales sont meilleures car elle entraînerait moins de perte d'attache vestibulaire, et les papilles inter-dentaires seraient mieux préservées (44). Enfin, elle engendrerait moins de modifications de l'esthétique nasale : il n'y aurait pas de déviation de la cloison nasale et de déformation de la columelle contrairement à la SARME en 2 parties (42).

L'asymétrie de l'expansion est plus facilement repérable par différence de taille entre les deux diastèmes : il sera moins important du côté résistant. Dans ce cas, Pary et Cal-Neto proposent de stabiliser le segment latéral qui a subi le plus d'expansion par deux fils reliés à un ancrage vissé dans le segment central. Le premier fil stabilise la canine et les prémolaires, le second stabilise les molaires (41). En cas d'expansion trop importante, le disjoncteur sera désactivé jusqu'à ce que le sens transversal soit correct de ce côté. Si la correction transversale n'est pas suffisante du côté opposé, le disjoncteur pourra être réactivé pour finir l'expansion du côté qui était plus résistant. S'il résiste encore, une ré-intervention sera tout de même nécessaire pour supprimer les interférences osseuses. Cette technique est cependant traumatisante pour le parodonte des dents auxquelles le fil est attaché.

Les inconvénients de cette technique sont sa complexité par rapport à l'intervention conventionnelle, le tipping plus important et sa contre-indication en cas d'encombrement sévère entre canines et incisives latérales.

Habersack et al ont comparé dans leur étude rétrospective des SARME dento-portées avec deux ou trois segments osseux chez 24 patients dont l'âge moyen était de 27ans. Dans le groupe trois segments, les traits d'ostéotomies ont été réalisés entre les incisives latérales et canines. Il faut noter que les patients ont été répartis dans chaque groupe selon l'angulation de leurs dents : la technique a été choisie afin d'avoir le moins de risque de dommage radiculaire. Dans les deux groupes, une expansion suffisante a été obtenue, et une récurrence principalement dentaire a été notée après un an (42).

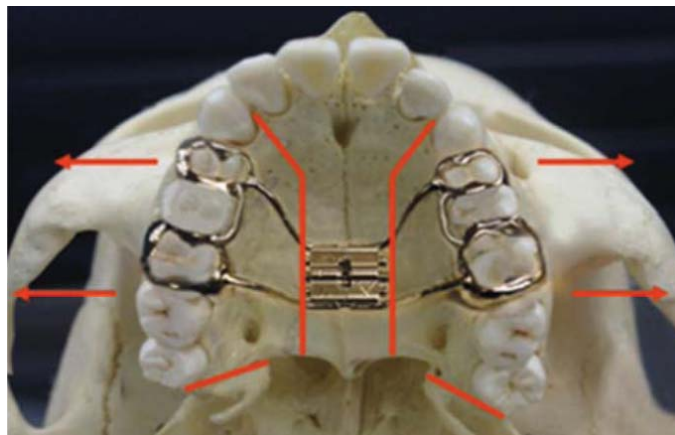


Fig 17. Traits d'ostéotomie entre incisives latérales et canines (42)

2.2.5 Disjonction ptérygo-maxillaire

Selon Laudemann et al., la disjonction ptérygo-maxillaire (PMD) devrait être réalisée selon l'âge du patient et les critères individuels. Elle serait nécessaire chez les patients de plus de 20ans. (45)

Kilic et al. ont réalisé une étude rétrospective sur les moulages de 18 patients (âgés de 18 à 26ans) ayant subi une DIM avec et sans disjonction ptérygomaxillaire. Aucune différence significative n'a été trouvée entre les deux groupes. La SARME avec ou sans disjonction ptérygo-maxillaire permet dans les deux cas une expansion efficace au niveau dentaire et squelettique. Dans les deux cas, cette expansion est principalement due à une rotation latérale des deux moitiés maxillaires. (46)

Il n'y a pas de consensus dans la littérature concernant le moment où réaliser la disjonction ptérygomaxillaire. Certains auteurs la réalisent avant l'ostéotomie palatine médiane (47–49) tandis que d'autres la font en dernier (50,51).

Esen et al. ont donc réalisé une étude sur un modèle issu du CBCT d'un crâne d'adulte. Leur but était de mesurer le stress induit par l'ostéotomie palatine médiane sur le massif facial moyen, la base du crâne et les apophyses ptérygoïdes, avec et sans disjonction ptérygomaxillaire. Ils concluent que la PMD devrait être évitée chez les patients ayant un déficit maxillaire modéré, notamment lorsque le déficit postérieur est faible. Quand la PMD est nécessaire, il est préférable de la réaliser après l'ostéotomie palatine médiane afin de réduire les contraintes sur la base du crâne, sur le massif facial moyen et sur les apophyses ptérygoïdes, et donc pour diminuer le risque de complications. (52)

Ferraro-Bezerra et al. ont réalisé une étude prospective sur 24 patients (moyenne d'âge 27,2 ans) et ont comparé l'expansion obtenue après SARME et la récurrence avec et sans PMD : aucune différence significative n'a été montrée entre les deux groupes. (53)

La SARME avec et sans PMD semblent produire des résultats sans différence statistiquement significative (46,50,54). Il semble donc plus indiqué de ne pas réaliser de PMD puisqu'elle implique plus de risques de complications (fractures et risques hémorragiques). (50)

En conclusion, la décision sera prise en fonction de l'âge du patient, de la quantité d'expansion nécessaire, en postérieur ou en antérieur, et selon l'expérience et préférences du chirurgien.

Dans la revue de littérature de Suri et Taneja, les auteurs concluent à l'absence de consensus concernant la procédure chirurgicale à privilégier (3). Il est important de chercher à trouver l'intervention qui sera la moins invasive possible pour minimiser le risque de complications per et post opératoires, et améliorer le confort des patients, tout en supprimant suffisamment les zones de résistance pour obtenir une expansion squelettique suffisante.

2.2.6 Les différents types de disjoncteurs

Le disjoncteur va permettre d'écarter les segments maxillaires préalablement séparés lors de l'intervention par activation progressive du vérin médian. Il existe trois catégories de disjoncteurs : à appui dentaire, à appui mixte et à appui mixte.

2.2.6.1 Disjoncteur à appui dentaire

Les disjoncteurs dento-portés type Hyrax sont en général scellés grâce à deux ou quatre bagues. L'appareil de Haas se voit ajouter une pastille palatine dans le but de transmettre les forces grâce à un appui palatin en plus de l'appui dentaire, et de prévenir la récurrence. Cependant, l'hygiène est compliquée par la présence de cette pastille.

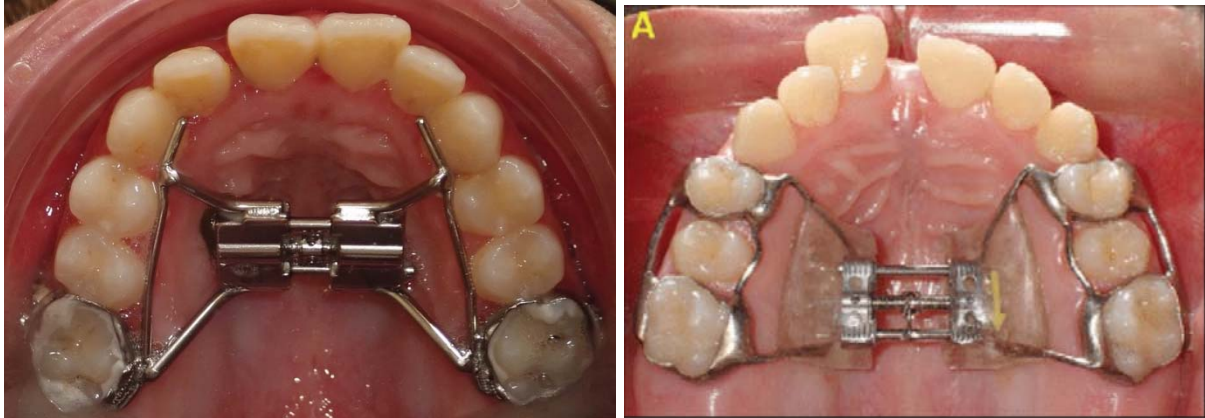


Fig 18. Disjoncteur Hyrax (photo personnelle) à gauche,
Disjoncteur de type Haas à droite (55)

Ces disjoncteurs sont faciles à poser, peu coûteux, et le recul clinique est important. Cependant, ils peuvent entraîner des problèmes parodontaux (récessions, fenestrations, déhiscences), des versions corono-vestibulaires et des résorptions radiculaires des dents support : ils sont contre indiqués pour les parodontes affaiblis. Ils augmentent également le risque carieux. (1,56)

2.2.6.2 Disjoncteur à appui osseux

a) *Distracteur transpalatin*

En 1999, Mommaerts décrit un disjoncteur à appui osseux, qui a pour but de transmettre directement les forces à l'os palatin et ainsi s'affranchir des inconvénients des disjoncteurs dento-portés. (11)

Le distracteur transpalatin est placé le plus haut possible dans la voûte palatine afin d'optimiser la transmission des forces et le confort du patient. Deux incisions sont réalisées pour positionner les plaques d'appui entre les racines des secondes prémolaires et premières

molaires. Le disjoncteur est ensuite mis en place et légèrement activé pour placer correctement les plaques contre l'os palatin, avant de les fixer avec des vis en titane. Dans l'étude d'Asscherickx et al, l'appareil est mis en place par le chirurgien à la fin de l'intervention. (57)

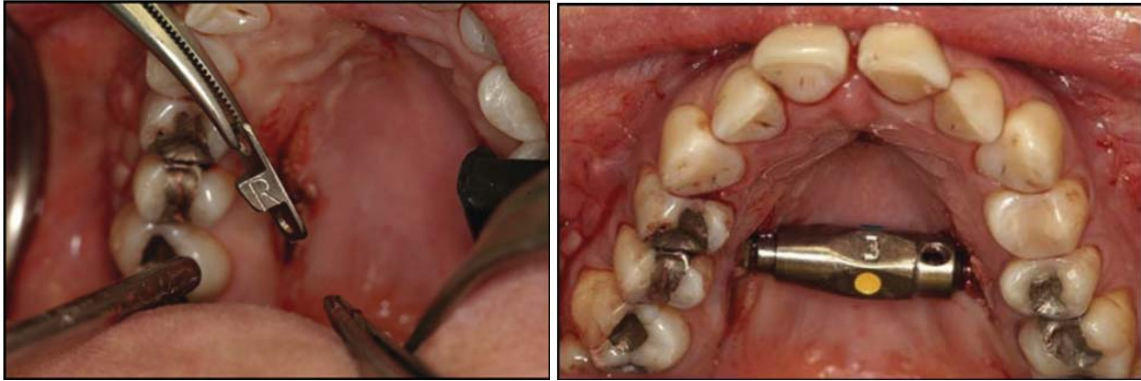


Fig 19. Mise en place d'un disjoncteur transpalatin (57)

b) Distracteur transpalatin Rotterdam

Koudstaal et al. ont décrit en 2005 le distracteur palatin Rotterdam (KLS Martin) dont le design est comparable à celui d'un cric de voiture. Il a pour avantage d'être fixé sans vis, grâce aux pointes le long de ses bras latéraux qui s'insèrent dans l'os. Il est plus facilement utilisable pour les palais très ogivaux. (58)

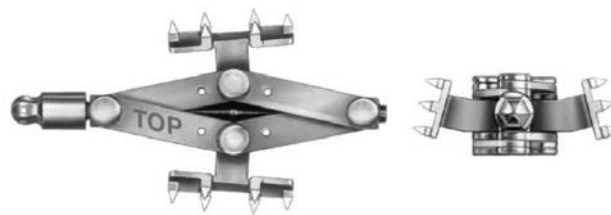


Fig 20. Disjoncteur à appui osseux Rotterdam de KLS (59)

L'intervention commence par la mise en place du disjoncteur. Après avoir vérifié qu'il n'est pas activé, il est placé en regard des apex des prémolaires. Puis, il est activé jusqu'à ce que les bras latéraux laissent une empreinte dans la muqueuse palatine. La pointe hexagonale d'activation doit être derrière les incisives centrales. Il est ensuite retiré et des incisions sont réalisées au niveau des empreintes laissées dans la muqueuse. Le disjoncteur est finalement repositionné et activé jusqu'à insertion des bras latéraux dans l'os palatin. Les traits d'ostéotomies sont ensuite réalisés et ne sont pas gênés par le disjoncteur. Enfin, le distracteur

est activé de 3 à 4mm pour vérifier la symétrie d'expansion puis il est désactivé. Afin de le stabiliser, des fils en acier peuvent être utilisés pour le ligaturer aux prémolaires. (59)
 Ce disjoncteur a une longueur de distraction décroissante à activation égale à cause de son design. Ainsi, pour obtenir 1mm d'activation par jour, il faut suivre le protocole d'activation illustré par la figure 21.

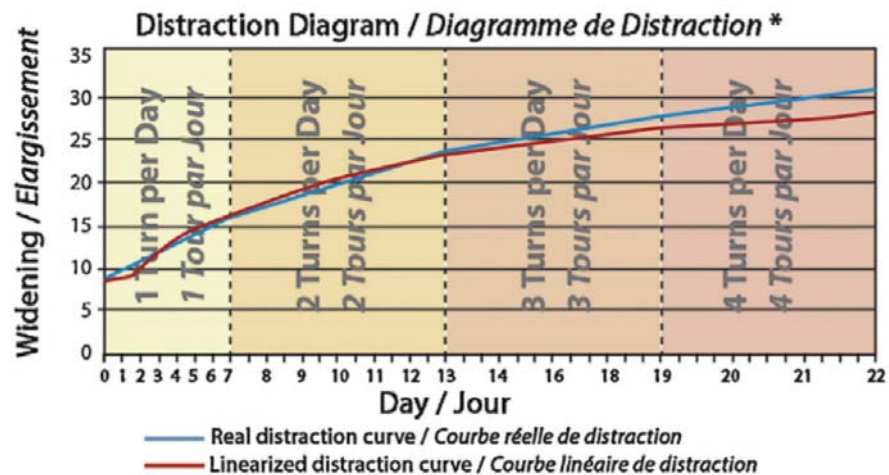


Fig 21. protocole d'activation du distracteur KLS en 4 phases (59)

Le retrait de cet appareil se fait sous anesthésie locale par le chirurgien après la période de contention. S'il est trop gênant pour le patient, il peut être remplacé par un arc transpalatin le temps de la consolidation.

Des complications occasionnelles ont été rapportées par les auteurs à cause du déplacement du disjoncteur lié à une stabilité insuffisante durant les activations.



Fig 22. Distracteur Rotterdam lors de sa mise en place (Gauche) et après la période d'activation (Droite) (58)

c) Distracteur Dresden

Ce disjoncteur est composé d'une vis hyrax fixée au palais d'un côté par un implant (ici Straumann de longueur 4,0mm et de diamètre 3,5mm, pilier de diamètre 5mm), et de l'autre côté par une mini-vis auro taraudante (longueur de 9 à 13mm). Il est placé entre les racines de la seconde prémolaire et de la première molaire. (60) L'implant peut servir d'ancrage pendant la phase de contention après expansion, notamment en le fixant à un arc transpalatin.



Fig 23. Distracteur Dresden fixé à l'os par un implant (gauche) et une vis d'ostéosynthèse (droite) (60)

d) Disjoncteurs osseux sur minivis

Il existe également des disjoncteurs à appui osseux fixés uniquement à l'aide de mini-implants palatins. Les mini-implants utilisés sont de diamètre large (1,8 à 2mm) et une longueur de 6 à 8mm selon l'épaisseur de la fibromuqueuse. Des mini-implants plus longs risqueraient de perforer la muqueuse nasale. (61)



Fig 24. Disjoncteur sur 4 mini-vis para-médianes (62)

Un disjoncteur à appui osseux de type MARPE (microimplant-assisted rapid palatal expansion) peut également être utilisé pour une SARME, comme dans l'étude de Haas Junior et al. (63) Grâce à un logiciel, le CBCT des patients a été superposé à leur empreinte optique (STL) et au fichier STL du disjoncteur. Ainsi, la longueur des vis et la position du disjoncteur peuvent être choisies selon l'anatomie du palais et l'épaisseur de sa muqueuse. Un guide chirurgical est ensuite imprimé pour positionner le disjoncteur comme sur la planification virtuelle. Dans cette étude, le disjoncteur est mis en place avant la réalisation des ostéotomies.



Fig 25. Disjoncteur MARPE (63)

e) Disjoncteurs sur mesure

Les disjoncteurs à appui osseux sont environ 8 à 10 fois plus coûteux que les appareils orthodontiques conventionnels. Certains auteurs ont donc cherché à développer des appareils faits sur mesure afin de réduire ces coûts, mais également pour s'adapter plus facilement aux différentes formes de palais, notamment aux plus ogivaux.

Fernández-Sanromán et al ont par exemple modifié un disjoncteur Hyrax par l'ajout de plaques fixées au palais à l'aide de vis auto-taraudantes en titane de 2.0 mm. Les principales complications sont des érosions ou ulcérations de la muqueuse palatine, dues à l'application directe des forces sur celle-ci. Un placement sous-muqueux des plaques permettrait d'éviter ces complications, mais nécessiterait que le disjoncteur soit posé par le chirurgien et non par l'orthodontiste. Le temps d'intervention serait donc rallongé, et des incisions supplémentaires seraient nécessaires, augmentant l'inconfort pour le patient et le risque d'infections sous-périostées. (56)



Fig 26. Hyrax modifié par ajout de 4 plaques fixées par des minivis en titane auto-taraudantes (56)

Park et al. ont décrit un dispositif à appui osseux sur-mesure, permettant une diminution du volume de l'appareil et également de son coût. (64)
 Quatre vis (de 2mm de diamètre et 10mm de long) sont placées sous anesthésie locale, en amont de l'intervention. Cette étape peut être réalisée par l'orthodontiste ou le chirurgien. La partie supérieure de ces vis comporte un trou pour une vis de couverture. Une empreinte permet la réalisation d'un disjoncteur sur-mesure avec des bras adaptés à ces trous. Lors de sa fabrication au laboratoire, le vérin est activé de 1mm. Ainsi, lors de sa mise en place, le vérin peut être désactivé totalement, puis activé de 1mm à nouveau pour le mettre en place.

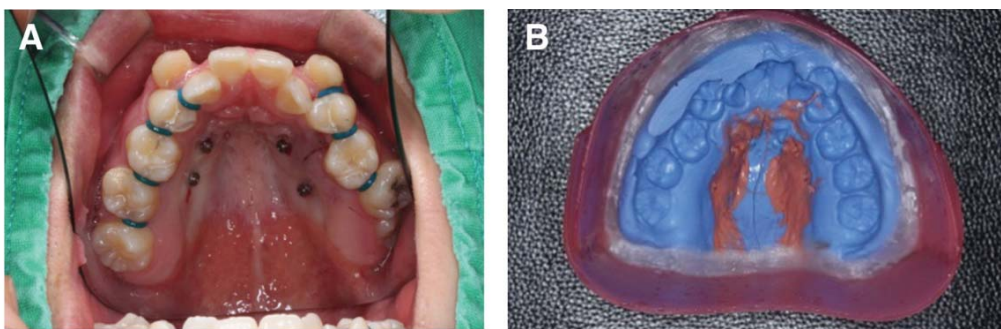


Fig 27. Insertion des quatre vis sous anesthésie locale (A) et empreinte de l'arcade maxillaire (B) (64)

Ce type d'appareil permet un meilleur confort pour l'élocution et l'alimentation des patients. Cette technique est cependant contre-indiquée si la voûte palatine est trop haute car l'insertion des vis pourrait léser une racine dentaire ou perforer le sinus.



Fig 28. Mise en place du disjoncteur à appui osseux (gauche) et situation après 7mm d'expansion (droite) (64)

En résumé, la mise en place d'un disjoncteur à appui osseux peut être réalisée par l'orthodontiste s'il est fixé à l'aide de minivis. Lorsque sa mise en place nécessite d'être réalisée en même temps que l'ostéotomie, celle-ci se fait avant ou après les traits d'ostéotomie selon les études. Aucun auteur ne mentionne le fait que le disjoncteur puisse gêner l'intervention.

Les forces n'étant plus transmises aux dents, les risques parodontaux et de version sont moins importants avec ces dispositifs. Elles sont transmises plus proches du centre de résistance. Ils peuvent être plus facilement utilisés en cas de parodonte affaibli et d'édentement. Leur forme plus étroite permet leur utilisation chez les patients avec des palais très étroits et profonds. Il permet l'utilisation d'attaches vestibulaires. (65)

Cependant, leur coût est plus élevé et sont plus difficiles à mettre en place (risques anatomiques). Les risques de perte du disjoncteur, de lésions ou infections radiculaires sont plus élevés. (66,67)

2.2.6.3 Disjoncteur à appui mixte

En 2008, Wilmes a publié un article présentant un distracteur hybride, qui regrouperait les avantages des deux dispositifs décrits précédemment. (68) Le dispositif prend appui sur deux minivis sur la partie antérieure du palais, et sur deux bagues scellées sur les premières molaires. Les minivis sont placées dans la zone antérieure du palais car c'est une zone où la qualité de l'os et la finesse de la muqueuse attachée permettent d'avoir un faible taux d'échec. (69,70) La situation permet de ne pas léser les racines dentaires (71).



Fig 29. Disjoncteur hybride (65)

Après choix de la position et mise en place des mini-implants, une empreinte en silicone est réalisée. Des analogues des mini-implants sont placés dans l’empreinte afin de permettre sa fabrication au laboratoire. Il sera scellé avant l’intervention. (61)

De la même façon que les disjoncteurs à appui osseux, il existe aujourd’hui de nombreux modèles de disjoncteurs hybrides avec différentes localisations des mini-vis : dans la région para-médiane, sur les crêtes alvéolaires, ou dans la zone antérieure du palais.

Fernández-Sanromán et al présentent également dans leur article un disjoncteur hybride sur-mesure fixé par des bagues sur les prémolaires par deux plaques postérieures. (56)



Fig 30. Disjoncteur hybride sur une patiente avec une parodontite modérée généralisée et une absence de support dentaire postérieur (56)

Le dispositif utilisé par Baranto et al prend appui sur quatre bagues scellées et sur deux vis positionnées entre les racines de 15/16 et de 25/26. Les vis sont situées sous les bras par la partie postérieure du disjoncteur. (72)

Les deux vis de 5mm sont placées de part et d'autre de la ligne médiane, près des molaires. Une empreinte est ensuite réalisée afin de fabriquer le dispositif et de pouvoir le sceller 1 à 2 jours avant l'intervention.

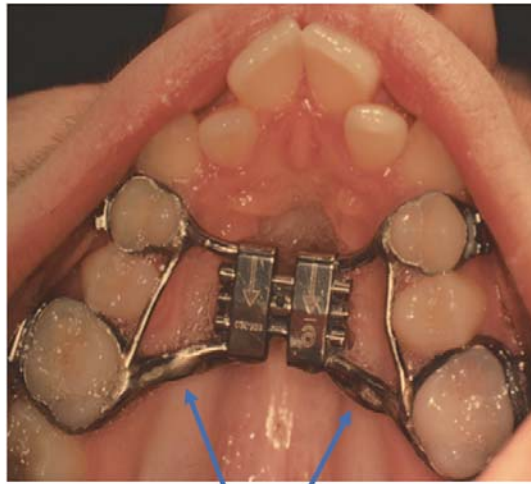


Fig 31. Disjoncteur hybride (position des mini-vis indiquée par les flèches) (72)

2.2.6.4 Choix du disjoncteur

Des études ont été réalisées afin de comparer l'efficacité et les effets indésirables des différents types de disjoncteurs.

f) Comparaison appui dentaire et appui osseux

En 2015, Seeberger et al. ont étudié rétrospectivement sur CBCT les effets des disjoncteurs à appui dentaire type Hyrax et osseux (distracteur transpalatin) à 3 mois post opératoires. 19 patients constituaient le groupe à appui osseux (âge moyen 22ans) contre 14 pour le groupe à appui dentaire (âge moyen 30 ans). (73) Leurs résultats ont montré :

- L'absence de différence significative d'expansion au niveau des prémolaires
- Une expansion et une vestibulo-version des premières molaires significativement plus importantes en cas d'appui dentaire
- Une augmentation de l'isthme nasal squelettique significativement plus importante dans le groupe à appui osseux

Dans les deux cas, la correction du sens transversal a été obtenue, mais les disjoncteurs à appui osseux ont permis d'avoir moins d'effets dentaires sur les premières molaires et un élargissement plus important du plancher nasal.

Kunz et al. (2016) ont comparé les schémas d'expansion obtenus avec des disjoncteurs hyrax (dento portés) et à ancrage osseux (distracteur transpalatin). Pour cela, ils ont numérisé les modèles avant et après expansion de 28 patients adultes (âge moyen de $27,4 \pm 8,1$) . (74) Leurs résultats suggèrent qu'un distracteur à appui osseux devrait être choisi lorsqu'une expansion en forme de V, plus importante en antérieure, est nécessaire. Deux raisons pourraient expliquer ce phénomène : certains auteurs considèrent que la disjonction ptérygo maxillaire pourrait influencer le schéma d'expansion (1,44). La deuxième raison serait l'influence de la position du distracteur : une position plus antérieure permettrait une expansion en V, tandis qu'une expansion parallèle serait obtenue avec une position plus postérieure (entre les molaires), combinée à une disjonction ptérygomaxillaire. Le disjoncteur hyrax permettrait quant à lui une expansion plus parallèle des segments maxillaires, avec une augmentation transversale maximale au niveau des prémolaires.

Les auteurs concluent que le choix de l'appareil doit se faire selon le schéma d'expansion adapté au patient. Le hyrax serait plutôt choisi si une expansion parallèle est nécessaire, avec une augmentation maximale du sens transversal au niveau des prémolaires. Le distracteur à appui osseux sera privilégié pour obtenir une expansion en forme de V, plus importante en antérieur.

Nikolaev et al. (2017) ont comparé sur CBCT ont comparé les deux dispositifs en faisant le rapport entre l'expansion au niveau coronaire et au niveau apical, pour ainsi calculer l'index corono-apical (Expansion coronale/Expansion apicale). L'index était de 1.5 à 2 avec un disjoncteur à appui osseux, et de 2.3 à 2.6 avec appui dentaire. (75) La version corono-vestibulaire serait donc plus importante avec un appui dentaire. La version maximale a été trouvée au niveau des prémolaires dans le groupe à appui dentaire.

La revue de la littérature de Blæhr et al. en 2019 a montré que les études n'ont trouvé aucune différence significative en terme d'expansion transversale squelettique ou dentaire avec appui dentaire ou osseux. (76) Les mesures ont été faites à l'aide de CBCT, de téléradiographies de face et de moulages dentaires. De la même façon, la récurrence transversale et l'expansion définitive squelettique et dentaire ont été évaluées, et aucune différence significative n'a été trouvée. Enfin, les complications n'étaient pas sévères et leur fréquence était similaire et faible pour les deux modalités.

Selon l'étude de Barone et al. en 2020 (âge moyen 29 ans), le gain transversal serait le même en région antérieure et prémolaire. Elle serait supérieure avec un disjoncteur à appui dento-porté (77) La PMD n'était pas réalisée dans cette procédure.

Leurs résultats suggèrent que l'appui osseux est plus adapté aux patients ayant besoin d'expansion antérieure. L'appui dentaire permettrait plus d'expansion en postérieur. Le tipping est présent avec les deux appareils : il n'y a pas de différence significative, sauf au niveau prémolaire dans le groupe avec ancrage osseux. La version des dents n'est donc pas un critère pour choisir le type de disjoncteur : en effet, les deux groupes ont présenté un tipping similaire. Ils concluent les deux types de dispositifs sont fiables, permettent d'obtenir l'expansion désirée et une bonne stabilité à long terme.

g) Comparaison appui dentaire et hybrides :

Kayalar et al. ont comparé les disjoncteurs à appui dentaire (Hyrax) et hybride sur des patients de 18 à 35ans. (65) Leur SARME était réalisée avec disjonction ptérygoïdienne. Ils ont étudié les CBCT en post opératoire, après la phase d'activation, et après 6mois. Ils ont trouvé des différences significatives concernant

- L'expansion dentaire dans la zone antérieure : elle était significativement inférieure avec les dispositifs hybrides pendant les 6 mois. Par contre, l'expansion dentaire postérieure était comparable dans les deux groupes. L'expansion a été plus parallèle dans le groupe avec dispositif à ancrage dentaire.
- La version corono-vestibulaire des premières molaires a été plus importante dans le groupe dento-porté pendant la phase d'expansion. Pendant la période de rétention, elles se sont par contre davantage redressées que celles du groupe hybride.
- L'épaisseur de l'os alvéolaire buccal a diminué dans le groupe appui dentaire mais pas dans le groupe hybride.
- La résorption radiculaire des premières prémolaires a été significativement plus faible dans le groupe hybride.

En conclusion, les trois dispositifs sont efficaces pour obtenir la quantité d'expansion nécessaire.

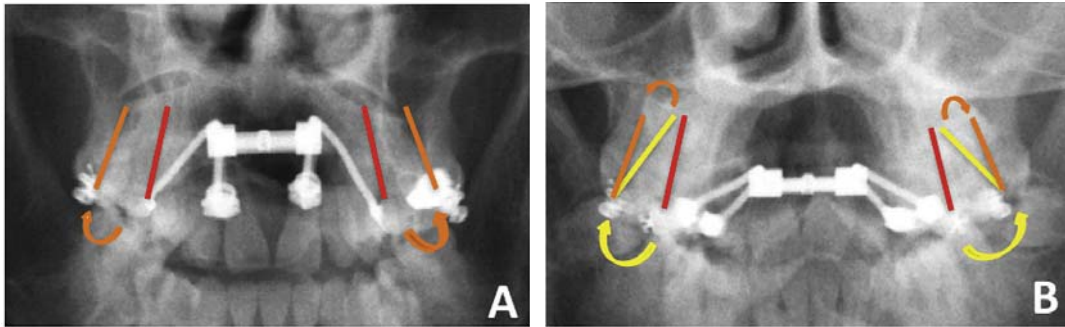


Fig 32. Mouvements dentaires plus parallèles avec disjoncteur hybride (A), et mouvements de tipping puis de redressement avec disjoncteur dento-porté (B) (65)

Aucun consensus n'existe sur le dispositif à privilégier. Il semble préférable d'adapter le choix à l'état parodontal du patient, à la zone d'expansion nécessaire, aux risques chirurgicaux et anatomiques, et aux expériences de l'orthodontiste et du chirurgien maxillo-facial.

2.2.6.5 Protocoles d'activation

Il n'existe pas de consensus concernant le protocole d'activation et la quantité d'expansion quotidienne idéale. Les protocoles utilisés peuvent être divisés en deux catégories :

- Expansion rapide : $> 0,5\text{mm}$ d'expansion quotidienne ou expansion avec une activation immédiate $>1\text{mm}$ lors de la chirurgie
- Expansion lente : $\leq 0.5\text{mm}$ d'expansion quotidienne sans activation immédiate (50)

Selon la revue de la littérature de Koudstaal et al, il n'existe pas de consensus sur la procédure chirurgicale, sur le type de disjoncteur à privilégier, sur l'existence, la cause et la quantité de récurrence, ou sur la nécessité de sur-correction. (1)

2.2.6.6 Contention

Après avoir activé le disjoncteur de la largeur souhaitée, une phase de contention est cruciale pour obtenir la néoformation d'un cal osseux entre les segments et éviter une récurrence.

Pour cela, le disjoncteur est laissé en place pour une durée variant de 3 à 6 mois selon les études. Une ligature métallique ou du composite fluide peuvent être utilisés pour éviter que le vérin médian ne se dévisse. Les études laissant le disjoncteur 6mois ont noté un taux de récurrence bien plus faible que celles qui ne l'avaient laissé que 3mois (43).

Salgueiro et al. ont étudié la période de contention nécessaire au remodelage osseux. Ils ont comparé les CBCT avant et après SARME de 14 patients dont l'âge moyen était de 25,3 ans (+/-5,71ans). Au terme des 6mois de contention, la valeur moyenne de densité osseuse était égale à 49,9% de la valeur moyenne pré-opératoire. A 6 mois, les densités osseuses moyennes antérieure, médiane et postérieure étaient respectivement égales à 30,4%, 43,3% et 65,7% de leur valeur initiale. La période de contention de 6mois n'a donc pas été suffisante pour obtenir une néoformation osseuse complète au niveau de la suture médiane palatine chez ces patients (78).

3. Effets de l'expansion maxillaire et comparaison des deux procédures

Les effets des procédures sont importants à connaître afin de choisir la plus appropriée pour chaque patient. Cependant, les études les comparant sont peu nombreuses et se concentrent généralement sur leurs effets transversaux.

Dans la littérature, la correction du sens transversal par ostéotomie de Lefort I segmentée est systématiquement couplée à un autre mouvement du maxillaire (épaction/impaction, avancée/recul), voire à une avancée ou un recul mandibulaire. Ces autres déplacements osseux auront un impact d'autant plus important sur le sens vertical et sagittal, ainsi que sur les tissus mous : il semble donc compliqué de déduire les effets réellement produits sur eux par l'expansion transversale uniquement.

La partie suivante va donc présenter des comparaisons des deux interventions en termes de complications, d'effets transversaux, parodontaux et sur le nez. Les effets sur le sens vertical, sagittal, et les autres tissus mous seront présentés pour la SARME uniquement.

3.1 Risques opératoires

3.1.1 SARME

Bien que la SARME soit considérée comme une intervention simple et peu risquée, le taux de complications est mal connu. Il varie de 1% à 50% selon les études.

Les techniques chirurgicales ont évolué dans le but de diminuer le risque de complications : SARME sans disjonction ptérygo-maxillaire, préservation du septum nasal, ostéotomie parasagittale et ostéotomie maxillaire latérale modifiée. Cependant l'incidence des complications reste peu étudiée ainsi que leur lien avec chaque technique chirurgicale.

Carvalho et al. (2020) ont réalisé une revue de la littérature des complications associées aux SARME (79) . Sur 851 patients, 21.97% ont eu des complications.

79% étaient des complications **mineures**, dont 50% de complications chirurgicales et 50% orthodontiques. Les complications mineures les plus rapportées étaient un épistaxis (2,47%) et des douleurs postopératoires (2%).

Les complications **majeures** les plus fréquentes étaient des expansions asymétriques ou inadéquates, présentes chez 4.47% des patients, et ont nécessité une intervention chirurgicale supplémentaire.

Avec des protocoles d'activation lents, les taux de complications orthodontiques et de complications majeures étaient plus élevés, en majorité de l'expansion asymétrique ou incorrecte.

Sans PMD, l'incidence de complications mineures et de complications orthodontiques (en majorité des expansions asymétriques ou incorrectes) étaient plus importantes.

L'épistaxis est liée aux dommages des tissus mous autour des cavités nasales et des sinus maxillaires lors de l'intervention. Elle est facilement résolue par compression et tamponnement nasal, ou spontanément.

L'expansion asymétrique était la complication la plus rapportée ayant des conséquences pour le traitement. La fréquence d'expansion asymétrique ou incorrecte peut être associée à un protocole d'expansion lente et à l'absence de PMD. Une ré-intervention chirurgicale est nécessaire, ce qui augmente la morbidité.

La PMD est actuellement un sujet de discussion dans la littérature. Pour certains auteurs, la suture ptéry-gomaxillaire est une zone de résistance à l'expansion, et l'absence de PMD augmenterait la fréquence d'expansion incorrecte. (38,50) Cependant, d'autres avancent l'argument que la PMD augmenterait le risque de complications chirurgicales. (7) Dans l'étude de Carvalho, aucune corrélation n'a été trouvée entre la PMD et l'augmentation du risque de complications chirurgicales.

Zandi et al. (2016) ont réalisé un essai clinique randomisé sur 30 patients, dont la moyenne d'âge était de 21,2 ans dans le groupe PMD et de 20,7ans dans celui sans PMD. Ils ont reçu la même procédure chirurgicale à part la réalisation ou non d'une PMD. Ils n'ont trouvé aucune différence de fréquence d'apparition de complications entre les deux groupes. Les deux groupes ont présenté des taux de complications faibles. (50) Dans cette étude, un lien a été trouvé entre le protocole lent et des complications orthodontiques, comme de l'expansion asymétrique, possiblement dû à la formation précoce d'un cal.

Une étude randomisée de Zandi et al. (2014) a comparé les conséquences avec disjoncteur dento-porté (âge moyen 20,3ans) et ostéo-porté (âge moyen 19,4ans). Ils n'ont trouvé aucune différence significative concernant l'incidence des complications entre les deux méthodes. (82)

3.1.2 Lefort I segmenté

L'ostéotomie de Le Fort I a longtemps été considérée comme une procédure risquée. Pourtant, une revue systématique de 2017 a montré que seulement 8,5% des 2078 patients inclus (âge moyen de 19,5 à 28,5 ans) ont rencontré des complications (29). Leur fréquence varie de 1,2% à 27,1% parmi les études incluses. Parmi ces complications, les plus fréquentes étaient :

- L'infection d'un des segments (32,6%)
- Une fistule orale (19,3%)
- La lésion d'une dent adjacente (8%)

Aucun cas de saignement post-opératif ou de lésion nerveuse n'a été reporté.

Kotaniemi et al. ont étudié des patients de 19 à 54 ans et ont obtenu des résultats cohérents avec ceux de la littérature : 7,1% des patients ont eu des complications péri-opératoires et 15,3% des complications post-opératoires.

Leur étude précise que la segmentation d'un Le Fort I augmentait significativement le taux de complications post-opératoires : elles passent de 10,7% dans le groupe LeFort une pièce à 30,4% dans le groupe ostéotomie segmentée. Par contre, il n'y a pas eu de différence significative concernant les taux de complications péri-opératoires. (32)

En conclusion, comme l'ont noté Starch-Jensen et Blæhr dans leur revue de la littérature, la fréquence des complications per et post opératoires des deux interventions sur des patients adultes serait faible et comparable. (83)

3.2 Conséquences osseuses et dento-alvéolaires

3.2.1 Conséquences transversales

Quelle que soit la technique, la quantité d'expansion transversale dépendra évidemment de la quantité nécessaire, propre à chaque patient, et donc du nombre d'activations réalisées pour la SARME ou de l'écartement choisi en cas d'ostéotomie segmentée.

3.2.1.1 SARME

Le tableau suivant résume les résultats de différentes études en termes d'expansion transversale alvéolaire et squelettique après des SARME.

<u>Études</u>	<u>Expansion alvéolaire</u>		<u>Expansion squelettique</u>
Kayalar et al. (65) (âge : 18 à 35 ans)	7mm		57% de l'expansion totale (4,02mm)
Zandi et al (82) (âge moyen 20,3 ans et 19,4ans)	Appui dentaire : 7,8mm Appui osseux : 7,3mm		55 à 70% de l'expansion totale (4,3 à 5,5mm) sans différence SS entre appui dentaire/osseux
Zemann et al. (84) (âge moyen 26ans)	Canines : 7,2mm Molaires : 6,8mm		70% de l'expansion totale
Yao et al. (25) (âge moyen 19,2 ans)	Canines : 5,3mm ± 2,4 Molaires : 10mm ± 1,4	Récidive de 0,56 ± 0,3 mm (6mois) Récidive de 1,86 ± 1,7 mm (6mois)	
Nada et al. (85) (âges moyens 29,4 et 24,5 ans)	Prémolaire : 5,2mm (à 22mois post-op) Molaire : 4,6 mm (à 22mois post-op)		60% de gain squelettique réel à 22 mois

SS = statistiquement significative

Tableau 1. Résultats d'expansion alvéolaire et squelettique après SARME

3.2.1.2 Lefort I segmenté :

L'étude de Yao et al. a montré dans le groupe **Le Fort I** (âge moyen 28,4 ans) une expansion de $2,17 \pm 0,9$ mm au niveau molaire et de $1,01 \pm 0,68$ mm au niveau canin. La récurrence à 6 mois était de $0,77 \pm 0,38$ mm au niveau molaire et $0,39 \pm 0,24$ mm au niveau canin. Les auteurs ont observé une expansion plus importante au niveau squelettique que dentaire. Elle était plus importante en postérieur. A l'inverse, le groupe SARME présentait une expansion plus importante au niveau dentaire, et plus importante en zone antérieure (25).

Bien que cette technique ait longtemps été considérée comme instable, la revue de la littérature de Haas Junior et al. a montré que cette récurrence serait liée à des mouvements dentaires et non squelettiques. (29) Les mouvements orthodontiques pré et post opératoires seraient donc déterminants dans la stabilité de l'expansion transversale. L'étude de Brandtner et al. sur des patients adultes a montré qu'au bout de 10 ans de suivi, la zone où la récurrence est maximale correspond à celle ayant subi le plus d'expansion orthodontique pré-opératoire. (86) Il est donc important de chercher à avoir le moins d'expansion dentaire lors de la préparation et lors des finitions orthodontiques.

Par ailleurs, l'ostéotomie en deux segments permettrait une plus grande stabilité dentaire dans la zone antérieure par rapport à celle en trois segments. Par contre, la récurrence serait la même en postérieure pour les deux techniques. (29)

La stabilité dentaire en post-opératoire est plus difficile à évaluer car modifiée par les mouvements orthodontiques réalisés après l'intervention. Dans le sens sagittal, les auteurs ont tout de même constaté une palato-version des dents du segment antérieur maxillaire. (29)

3.2.1.3 Comparaison des deux procédures :

La revue de littérature de Starch-Jensen et Blæhr a cherché à comparer la SARME et le Lefort I segmenté chez des patients adultes (83). Plusieurs points ont été étudiés :

- L'expansion squelettique : à 1 mois, elle semblerait plus importante en postérieure avec un Lefort I segmenté qu'avec une SARME. Mais au bout de 6 mois, l'expansion serait globalement la même en antérieure et en postérieure, et ce pour les deux techniques. Pour un Lefort I segmenté, l'utilisation d'une plaque de contention biodégradable faciliterait une expansion parallèle des segments, sans bascule.
- L'expansion de l'arcade dentaire : La quantité d'expansion dentaire, mais aussi de récurrence, serait plus importante après une SARME avec disjoncteur dento-porté qu'après un Lefort I segmenté.
- L'expansion définitive de l'arcade dentaire : Les deux techniques permettraient une augmentation statistiquement significative de l'arcade maxillaire. La SARME semblerait permettre une expansion définitive plus importante mais des études sont encore nécessaires afin de comparer des groupes avec des quantités de déficits similaires.

Marchetti et al. ont étudié la **stabilité** des deux techniques sur deux ans, sur des patients dont la moyenne d'âge était de 23,5ans. Dans le groupe SARME, la distance inter-molaire a augmenté de 7mm, et a ensuite diminué de 3mm (36% de récurrence) après 2ans. Dans le groupe Lefort I deux segments, la distance inter-molaire a augmenté de 3,8mm puis diminué de 0,8mm (20% de récurrence) au terme des 2ans (87).

Enfin, Yao et al. ont calculé les indices d'expansion et de récurrence d'expansion et de récurrence afin de mieux comparer les deux procédures. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant.

	SARME (appui dentaire) <i>Âge moyen = 19,2ans</i>	Lefort I <i>Âge moyen = 28,4ans</i>
Indice d'expansion = $\frac{\text{expansion dentaire}}{\text{expansion squelettique}}$	25,20 ± 15,8	0,70 ± 0,41
Indice de récurrence = $\frac{\text{récurrence dentaire}}{\text{récurrence squelettique}}$	3,63 ± 3,70	1,17 ± 0,80

Tableau 2 : Indices d'expansion et de récurrence pour la SARME et le Lefort I calculés par Yao et al. (25)

La SARME semblait donc provoquer plus de version alvéolo-dentaire, alors que le Lefort semblait produire une expansion plus parallèle des segments. La récurrence était plus importante au niveau dentaire qu'au niveau squelettique dans les deux procédures (25) Dans le protocole de leur étude, Yao et al. expliquent également leurs critères de décision. Chez un patient squelettique mature, ils pratiquent généralement une expansion orthopédique non chirurgicale pour un décalage transversal jusqu'à 3mm. De 3 à 6mm, un Lefort I en 2 ou 3 fragments est envisagé. Au-delà de 6mm, ils préfèrent réaliser une SARME car l'expansion du maxillaire est anatomiquement limitée lors d'un Lefort I, et aurait un taux de récurrence important en cas d'expansion importante (25). En effet, la SARME est plus indiquée pour les déficits transversaux importants car le manque d'élasticité de la fibro-muqueuse palatine ne permet pas une expansion de plus de 5 à 6mm en un temps sans risquer de la déchirer (24).

Selon l'analyse de la littérature de Seyed et Movaghar, la correction du sens transversal chez les adultes doit être chirurgicale pour un déficit supérieur à 5mm. La

SARME doit être choisie selon eux si des corrections du sens sagittal ou vertical ne sont pas nécessaires. Par contre, si ces corrections sont nécessaires et que le déficit est inférieur à 6mm, les auteurs préconisent un Lefort I segmenté. Enfin, une SARME pré-orthodontique est recommandée au-delà de 6mm de déficit transversal, même si des corrections sagittales ou verticales sont nécessaires (4).

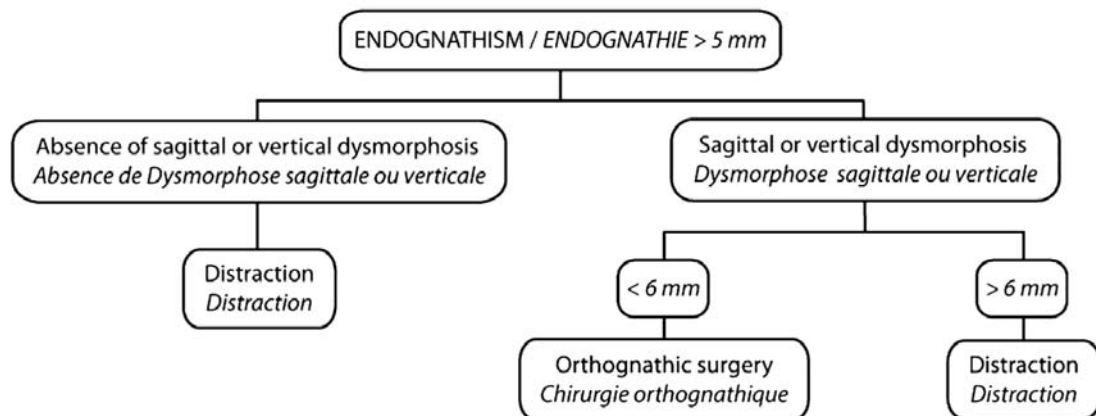


Fig 33. Indications de distraction (SARME) ou de chirurgie (Lefort segmenté) (4)

3.2.2 Conséquences verticales de la SARME

Après une SARME, aucune différence n'a été trouvée au niveau de l'angle maxillo-mandibulaire, de l'angle palatin ou de la hauteur faciale dans les études de Bretos et al. (sur des patients de 18 à 40 ans) (88) et de Chung et al. (moyenne d'âge 25,6 ans) (89).

Pour Gilon et al., le plan maxillaire réalise une rotation antérieure (90) tandis qu'il réalise une rotation postérieure dans l'étude de Atac et al. (moyenne d'âge 19ans) (91).

Enfin, le Pogonion s'abaisse de $1,6\text{mm} \pm 2,0$ dans l'étude de Xi et al (moyenne d'âge 27,2ans). (92)

3.2.3 Conséquences sagittales de la SARME

Au niveau maxillaire, Bretos et al. ont noté une augmentation de $+2^\circ$ du SNA sur téléradiographies de profil (88), contre seulement $+0,76^\circ$ pour Chung et al. (89). D'autres études n'ont par contre trouvé aucune différence significative (90,91,93).

Nada et al ont illustré sur leurs superpositions 3D que la région antérieure du maxillaire subit un déplacement postérieur de lors de l'expansion. Ce recul est de 1,35mm ($\pm 1,53$) dans le groupe à appui osseux et de 1,14 ($\pm 1,2$) dans celui à appui osseux. Les auteurs n'ont trouvé aucune corrélation entre l'expansion transversale et le recul en secteur antérieur. Ils ont supposé que le remodelage de cette zone antérieure serait lié aux modifications de la forme d'arcade (85). Chung décrit également une palato-version des incisives maxillaires (89). Pour Gungor et al (âge moyen dans le groupe SARME 19,6 ans), cette palato-version serait causée par l'étirement des fibres gingivales entre les incisives centrales lors de la distraction. (94)



Fig 34 : Superpositions des modèles pré et post SARME avec code couleur : le vert indique un mouvement vers l'extérieur, et le rouge vers l'intérieur (85).

Concernant la mandibule, bien que certains auteurs ne notent aucun changement (93), elle semble reculer dans la majorité des études :

- L'angle SNB a diminué de $0,93^\circ$ pour Altug Atac et al. (91) et de $1,78^\circ$ pour Gilon et al. (90)
- Recul du pogonion de $1,6 \pm 2,5$ mm pour Xi (92)

3.3 Conséquences parodontales

Comme pour les mouvements dentaires, les conséquences parodontales de ces interventions sont difficiles à isoler de celles liées aux déplacements orthodontiques.

3.3.1 SARME

Les études de Gauthier et al (95), et de Jensen et al (96) ont été réalisées avec des dispositifs dento-portés sur des patients dont l'âge moyen était de 23ans. Ils ont rapporté :

- Une **mobilité** significativement augmentée sur toutes les dents sauf les deuxièmes molaires à 6 mois post-opératoires, et notamment des incisives centrales (95). Goldenbergh et al. avaient également relevé 13,3% d'incisives centrales mobiles après 6 mois de suivi (37).
- Un **indice gingival** (qui quantifie la sévérité d'inflammation gingivale) augmenté entre les incisives centrales maxillaires (96).
- Aucune modification significative de la **profondeur de poche** (95,96).
- Des **récessions gingivales** en mésial de 11 et 21, de 1mm en moyenne. Dans l'étude de Ramieri et al., 3,7% des patients (moyenne d'âge 26,4ans) présentaient une récession au niveau des incisives centrales après un an de suivi (97).
- Aucune **perte d'attache** statistiquement significative (95,96).

Des critères d'évaluation radiologiques du parodonte ont également été utilisés :

- Les auteurs notent une diminution significative de **l'épaisseur d'os alvéolaire vestibulaire** à 6 mois post-opératoires : -0,5mm pour Kayalar et al. (65) et -0,4mm à -1mm pour Sygouros et al, et Gauthier et al. (49,85). Sygouros et al. précisent que cette résorption est plus importante sur les prémolaires en l'absence de disjonction ptérygo-maxillaire (51).
- Pour Gauthier et al., la **hauteur d'os alvéolaire** diminue significativement pour les molaires (-3,3mm) et pour les canines (-2,8mm). La diminution quasi systématique qu'ils notent au niveau incisif (-0,1 à -0,3mm) n'est pas significative (95). Sygouros et al. relèvent également sur chaque dent une augmentation de la distance entre la crête alvéolaire et la cuspide (51).

- Kayalar et al. ont mesuré des **résorptions radiculaires** de 0,3 à 1mm au niveau molaire (surtout au niveau de la racine palatine) en cas de disjoncteur dento-porté. Elles étaient statistiquement plus importantes que dans le groupe avec disjoncteur hybride (65).

3.3.2 Lefort I segmenté

Dans l'étude de Hartlev et al., 17% des patients (moyenne d'âge de 25ans) ont subi une lésion dentaire. Les auteurs ont noté qu'un espace inter-dentaire de plus de 2,5mm réduisait significativement le risque d'atteinte des dents adjacentes au trait d'ostéotomie. Par ailleurs, 25% des patients ont présenté une déhiscence osseuse. (33)

L'étude prospective de Bohner et al. (2022) a montré qu'un LeFort I sur des patients d'un âge moyen de 25,8 ans n'entraîne pas de changement parodontal significatif à 6 mois post-opératoires. En effet, la diminution de hauteur de papille présente à 1 mois post-opératoire n'a pas perduré après le processus de cicatrisation. La profondeur de poche a quant à elle augmenté avec le temps mais elle est restée à un niveau physiologique (98).

Lors du premier mois, les tissus parodontaux ont pu être altérés à cause des conditions post opératoires : la douleur, le gonflement, la fixation intermaxillaire peuvent rendre l'hygiène plus compliquée. (99)

Morgan et Fridrich ont également montré l'absence de différence significative en terme de profondeur de sondage, d'architecture gingivale ou de niveaux d'os alvéolaire (100). Selon leurs résultats, les dommages causés au parodonte sur les sites d'ostéotomie sont donc minimes et ne contre-indiquent pas l'utilisation de cette intervention.

D'autres études avaient trouvé une relation entre les modifications parodontales et l'ostéotomie inter-dentaire (101–103). Les altérations du tissu parodontal sont liées à la réduction du flux sanguin : les vaisseaux alvéolaires étant sectionnés, le pédicule palatin devient la principale source d'approvisionnement en sang (99,104,105). Les zones ischémisées peuvent provoquer une nécrose, entraînant des défauts parodontaux ou des lésions dentaires (104,106).

3.4 Conséquences sur les tissus mous

Les modifications des tissus mous sont la conséquence des déplacements squelettiques et alvéolo-dentaires : elles ne sont donc pas uniquement dues à l'expansion chirurgicale, mais également aux mouvements orthodontiques post-opératoires.

3.4.1 Le nez

L'endognathie maxillaire est souvent retrouvée chez des patients présentant des troubles ventilatoires et une ventilation buccale. Deux mécanismes expliquent ce défaut transversal :

- La langue, en position basse, ne joue pas son rôle de conformateur du palais et ne vient donc pas assez stimuler la suture palatine médiane pendant la croissance.
- Le flux ventilatoire nasal étant réduit, les sinus et les fosses nasales se développent moins. De plus, l'insuffisance transversale du maxillaire contribue à l'étroitesse des fosses nasales : la ventilation nasale est donc moins efficace. Ainsi, l'expansion maxillaire permettrait une amélioration de la ventilation nasale. (107)

3.4.1.1 Effets de la SARME sur le volume propre du nez

Les auteurs ont noté un léger élargissement du nez : le volume propre du nez a augmenté significativement de 1,08% dans l'étude de Nada et al. (108).

La largeur inter-alaire a augmenté de :

- 1,2mm pour Nada et al. (âges moyens 30 ans et 25,4 ans)(108)
- 1,4mm pour Ramieri et al. (97)
- 2mm pour Berger et al.(âge moyen 19,3 ans) (109)

3.4.1.2 Effets de la SARME sur le volume aérique et l'évaluation subjective

Le volume aérique du nez augmente dans toutes les études, mais les résultats diffèrent :

- 5,1% pour Deeb et al. (moyenne d'âge 28 ans) (60)
- 9,7% pour Nada et al. (108)
- 23,25% pour Seeberger et al. (moyenne d'âge 28 ans) (110)

Magnusson et al. ont étudié sur 40 patients (moyenne d'âge 19,9 ans) la taille de la cavité nasale (avec une mesure de section antérieure et une de section postérieure), la résistance des voies aériennes nasales et le lien avec la sensation subjective d'obstruction nasale avant et après SARME (111).

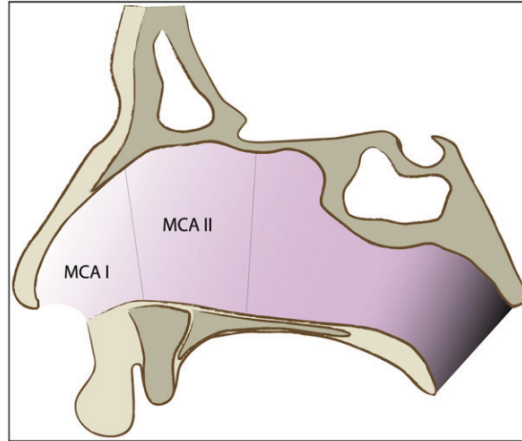


Fig 35. Sections mesurées en antérieur et en postérieur de la cavité nasale dans l'étude de Magnusson et al. (111)

A 3 mois post-opératoires, les auteurs ont observé une augmentation des mesures antérieures et postérieures de la cavité nasale, ainsi qu'une diminution de la résistance des voies aériennes nasales.

A 18 mois post-opératoires, ces changements n'étaient plus évidents, sauf au niveau de la mesure postérieure de la cavité nasale où l'augmentation persistait. Il n'y a pas eu d'amélioration notable de la sensation subjective d'obstruction dans l'échantillon total, mais elle a persisté dans le groupe des sujets présentant une obstruction nasale initiale. Aucune corrélation n'a été trouvée entre les résultats objectifs et les résultats subjectifs.

Menegat et al. ont utilisé l'échelle d'évaluation subjective NOSE sur 16 patients (de 21 à 41 ans) ayant reçu une SARME. 9 patients ont vu leur score s'améliorer, 7 ont un score qui n'a pas été altéré et aucun patient n'a eu de détérioration de score. Les patients qui présentaient les scores pré-opératoires les plus élevés d'obstruction nasale ont présenté les plus grandes améliorations à 3 mois post opératoires. (112)

3.4.1.3 Effets de la SARME sur le SAHOS :

Le syndrome d'apnées hypopnées obstructives du sommeil (SAHOS) est caractérisé par une obstruction partielle ou complète des voies aériennes supérieures. Il concerne environ un

tiers de la population adulte. Le déficit transversal du maxillaire est l'un des multiples facteurs à l'origine de ce syndrome. En effet, il causerait à la fois une résistance au flux d'air nasal et un positionnement postérieur de la langue, facilitant ainsi le collapsus pharyngé. (113)

Vinha et al. ont montré que l'expansion par SARME avait permis une amélioration des symptômes des patients (âgés de 24 à 62 ans) concernant leur fatigue diurne et leurs micro-réveils nocturnes. L'indice d'apnée hypopnée IAH) et les taux de désaturation nocturne se sont également améliorés (113).

Dans l'étude de Bach et al., 25% des patients (âge moyen 20,6 ans) présentaient un IAH léger. La SARME a normalisé l'indice respiratoire de ces patients. (114)

3.4.1.4 Comparaison SARME et Lefort I segmenté

Seeberger et al. ont trouvé une augmentation significative des voies aériennes nasales de 2,94mm dans le groupe SARME (pour une expansion moyenne de 6,8mm). Dans le groupe Le Fort I en deux parties, les voies aériennes ont augmenté significativement de 3,92mm (pour une expansion moyenne de 4,1mm). Dans ce groupe, le maxillaire avait également été avancé en moyenne de 4,33mm et impacté de 1,25mm (43). Cette différence de résultat serait dû à une inclinaison des segments maxillaires lors de la SARME.

Zaoui et al. ont montré qu'un Lefort I (sans expansion) augmentait significativement le volume aérien nasal sur des patients âgés de 20 à 47 ans. Par contre, ils n'ont pas noté d'amélioration significative du flux d'air mesuré par rhinomanométrie et de l'évaluation subjective de la ventilation nasale et de qualité de vie par les patients. (115)

3.4.2 Les joues

Après SARME, les études de Nada et al. et de Ramieri et al. ont montré une projection plus importante de la partie latérale des joues, de 1mm de chaque côté, suite à l'expansion maxillaire (97,108)

3.4.3 Les muscles

Sverzut et al. ont mesuré l'activité électromyographique des masséters et muscles temporaux de patients âgés de 20 à 47 ans avant et à 15 jours après une SARME (116). En

pré-opératoire, cette activité était supérieure aux valeurs normales : selon les auteurs, cela pourrait être dû à une occlusion inadaptée à cause d'un inversé uni ou bilatéral.

En post-opératoire, l'activité musculaire était plus faible, au repos comme lors des différents mouvements. L'expansion semble donc avoir été bénéfique mais aurait été intéressant que les mesures soient refaites à plus long terme, après reprise d'une alimentation normale et adaptation neuromusculaire.

Conclusion

Une fois le diagnostic d'insuffisance transversale posé chez un patient adulte, il est nécessaire de prendre en compte son état de santé, sa ventilation, la quantité d'expansion nécessaire, et son état parodontal dans la décision d'un plan de traitement orthodontico-chirurgical. L'expansion non chirurgicale du maxillaire chez l'adulte étant encore peu documentée, il semble pour le moment préférable d'assister chirurgicalement cette expansion au-delà de 3mm afin d'éviter d'éventuels effets néfastes sur le parodonte, la muqueuse palatine et une version dentaire.

Il n'existe pas de consensus dans la littérature concernant le type d'ostéotomie ou de disjoncteur à privilégier : la décision se fera après concertation entre le chirurgien et l'orthodontiste, de leur expérience clinique, et en fonction des besoins de chaque patient.

Si le patient ne présente une déformation que dans le sens transversal maxillaire, la SARME est indiquée. Réalisée en début de traitement, elle permet une augmentation précoce de la longueur d'arcade, facilitant donc le nivellement et l'alignement (35).

Si le patient présente également des anomalies verticales ou sagittales (ce qui est fréquent en cas d'endognathie maxillaire), deux solutions sont possibles. Lorsque les corrections peuvent se faire en un seul temps chirurgical, un Lefort I segmenté permettra d'obtenir la correction transversale du maxillaire. Si ce n'est pas possible, ou si l'expansion nécessaire est supérieure à 6mm (limite de l'élasticité de la fibro-muqueuse palatine), il faudra d'abord réaliser une SARME en début de traitement, puis ré-intervenir dans un second temps. Enfin d'autres facteurs concernant le patient sont à prendre en compte, tels que le temps d'arrêt et son impact sur son activité professionnelle ou ses études, les conséquences psychologiques de plusieurs chirurgies, et l'impact financier. (35)

Les complications des deux procédures sont généralement mineures et peu fréquentes. Leurs gains transversaux sont similaires et stables à long terme, bien que la SARME semble provoquer plus de version des segments alvéolo-dentaires.

La SARME et l'ostéotomie segmentaire de Lefort I sont des techniques efficaces et prédictibles permettant de corriger le sens transversal chez les patients adultes.

Des études de haut niveau de preuves sont encore nécessaires afin de continuer à comparer les différentes options thérapeutiques et de poser au mieux l'indication de chacune.

Bibliographie

1. Koudstaal MJ, Poort LJ, van der Wal KGH, Wolvius EB, Prahl-Andersen B, Schulten AJM. Surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME): a review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* oct 2005;34(7):709-14.
2. Laurentjoye M, Ella B, Caix P. Anatomie tête et cou. Mérignac : ARFA, 2013.
3. Suri L, Taneja P. Surgically assisted rapid palatal expansion: A literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* févr 2008;133(2):290-302.
4. Seyed Movaghar A, Movaghar R. Osteodistraction of the maxilla in transverse deficiency in adults: analysis of the literature and clinical case. *Int Orthod.* 2011 Jun;9(2):157-78.
5. Dalidjan M, Sampson W, Townsend G. Prediction of dental arch development: an assessment of Pont's Index in three human populations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995 May;107(5):465-75.
6. Linder, H. (1931). Biometrische Untersuchungen des Normalgebisses in verschiedenen Lebensaltern. *Fortschritte Der Orthodontik*, 1(2), 211–231.
7. Korkhaus GG, Gebi B, editors. *Handbuch der Zahnheilkunde Kiefer-und Gesichtorthopadie.* Bd. IV. Bergmann; Munchen: 1939.
8. Betts NJ, Vanarsdall RL, Barber HD, Higgins-Barber K, Fonseca RJ. Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1995;10(2):75-96.
9. Vanarsdall RL Jr. Transverse dimension and long-term stability. *Semin Orthod.* 1999 Sep;5(3):171-80.
10. Bell WH, Epker BN. Surgical-orthodontic expansion of the maxilla. *Am J Orthod.* nov 1976;70(5):517-28.
11. Mommaerts MY. Transpalatal distraction as a method of maxillary expansion. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1 août 1999;37(4):268-72.
12. Timms DJ, Vero D. The relationship of rapid maxillary expansion to surgery with special reference to midpalatal synostosis. *Br J Oral Surg.* 1981 Sep;19(3):180-96.
13. Alpern MC, Yurosko JJ. Rapid palatal expansion in adults with and without surgery. *Angle Orthod.* 1987 Jul;57(3):245-63.
14. Carlson C, Sung J, McComb RW, Machado AW, Moon W. Microimplant-assisted rapid palatal expansion appliance to orthopedically correct transverse maxillary deficiency in an adult. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016 May;149(5):716-28.
15. Kapetanović A, Theodorou CI, Bergé SJ, Schols JGJH, Xi T. Efficacy of Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE) in late adolescents and adults: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2021 Jun 8;43(3):313-323.
16. Angelieri F, Cevidanes LHS, Franchi L, Gonçalves JR, Benavides E, McNamara JA. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* nov 2013;144(5):759-69.
17. Lines P. Adult rapid maxillary expansion with cortico- tomy. *Am J Orthod* 1975;67:44–56.
18. Jafari A, Shetty KS, Kumar M. Study of stress distribution and displacement of

various craniofacial structures following application of transverse orthopedic forces--a three-dimensional FEM study. *Angle Orthod.* 2003 Feb;73(1):12-20.

19. 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 Dentofacial Orthop.* 2011 Oct;140(4):510-9.
20. Melsen B, Melsen F. The postnatal development of the palatomaxillary region studied on human autopsy material. *Am J Orthod.* 1982 Oct;82(4):329-42.
21. Pocket Dentistry. Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion [Internet]. 2016 [cité 21 avril 2022]. Disponible sur ://pocketdentistry.com/surgically-assisted-rapid-palatal-expansion/.
22. Silverstein K, Quinn PD. Surgically-assisted rapid palatal expansion for management of transverse maxillary deficiency. *J Oral Maxillofac Surg* 1997;55:725-7.
23. Hourdin S, Glez D, Sorel O. Periodontal diagnosis in orthodontics. *Orthod Francaise.* mars 2010;81(1):9-17.
24. Deffrennes G, Ferri J, Garreau E, Deffrennes D. Ostéotomies maxillomandibulaires : techniques chirurgicales et indications. *EMC - Techniques chirurgicales - Tête et cou* 2016;11(1):1-13 [Article 46-178].
25. Yao W, Bekmezian S, Hardy D, Kushner HW, Miller AJ, Huang JC, et al. Cone-beam computed tomographic comparison of surgically assisted rapid palatal expansion and multipiece Le Fort I osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* mars 2015;73(3):499-508.
26. Landes CA, Laudemann K, Petruchin O, Mack MG, Kopp S, Ludwig B, Sader RA, Seitz O. Comparison of bipartite versus tripartite osteotomy for maxillary transversal expansion using 3-dimensional preoperative and postexpansion computed tomography data. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009 Oct;67(10):2287-301.
27. Nowak R, Trybek G. Osteosynthesis techniques used for mandibular sagittal split osteotomy – history of orthognathic procedures and modern practice. *Pomeranian J Life Sci.* 2016;62(4):67-75.
28. Larsen AJ, Van Sickels JE, Thrash WJ. Postsurgical maxillary movement: a comparison study of bone plate and screw versus wire osseous fixation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989 Apr;95(4):334-43.
29. Haas Junior OL, Guijarro-Martínez R, de Sousa Gil AP, da Silva Meirelles L, de Oliveira RB, Hernández-Alfaro F. Stability and surgical complications in segmental Le Fort I osteotomy: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* sept 2017;46(9):1071-87.
30. Suojanen, J., Leikola, J., Stoor, P., 2016. The use of patient-specific implants in orthognathic surgery: a series of 32 maxillary osteotomy patients. *J. Cranio-Maxillo-Fac. Surg.* 44, 1913e1916.
31. Gander, T., Bredell, M., Eliades, T., Rucker, M., Essig, H., 2015. Splintless orthognathic surgery: a novel technique using patient-specific implants (PSI). *J. Cranio-Maxillo-Fac. Surg.* 43, 319e322.
32. Kotaniemi KVM, Suojanen J, Palotie T. Peri- and postoperative complications in Le Fort I osteotomies. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 1 sept 2021;49(9):789-98.
33. Hartlev J, Klit Pedersen T, Nørholt SE. Cone beam computed tomography evaluation of tooth injury after segmental Le Fort I osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg.* janv

2019;48(1):84-9.

34. Canal, P, Goudot, P, editors. *Dysmorphies Maxillo-mandibulaires : Traitement orthodontico chirurgical*. Elsevier Masson ; 2012.
35. Reyneke JP, Conley RS. Surgical/Orthodontic Correction of Transverse Maxillary Discrepancies. *Oral Maxillofac Surg Clin N Am*. févr 2020;32(1):53-69.
36. Chrcanovic BR, Custódio ALN. Orthodontic or surgically assisted rapid maxillary expansion. *Oral Maxillofac Surg*. sept 2009;13(3):123-37.
37. Goldenberg DC, Goldenberg FC, Alonso N, Gebrin ES, Amaral TS, Scanavini MA, et al. Hyrax appliance opening and pattern of skeletal maxillary expansion after surgically assisted rapid palatal expansion: a computed tomography evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. déc 2008;106(6):812-9.
38. Lima SM, de Moraes M, Asprino L. Photoelastic analysis of stress distribution of surgically assisted rapid maxillary expansion with and without separation of the pterygomaxillary suture. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. juin 2011;69(6):1771-5.
39. Gonzalez-Lagunas J. Is the piezoelectric device the new standard for facial osteotomies? *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. sept 2017;118(4):255-8.
40. Küçükkurt S, Değerliyurt MK. Does Piezosurgery Decrease Patient Morbidity in Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion Compared With Saw and Burrs? *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. 4 févr 2020;
41. Pary A, Cal-Neto JP. A simple method to treat asymmetric expansions in three-segment surgically assisted rapid maxillary expansion. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. déc 2013;71(12):2130-6.
42. Habersack K, Becker J, Ristow O, Paulus GW. Dental and skeletal effects of two-piece and three-piece surgically assisted rapid maxillary expansion with complete mobilization: a retrospective cohort study. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. nov 2014;72(11):2278-88.
43. Seeberger R, Gander E, Hoffmann J, Engel M. Surgical management of cross-bites in orthognathic surgery: Surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) versus two-piece maxilla. *J Cranio-Maxillo-fac Surg Off Publ Eur Assoc Cranio-Maxillo-fac Surg*. sept 2015;43(7):1109-12.
44. Landes CA, Laudemann K, Petruchin O, Revilla C, Seitz O, Kopp S, et al. Advantages and limits of 3-segment (paramedian) versus 2-segment (median) surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. janv 2012;113(1):29-40.
45. Laudemann K, Petruchin O, Mack MG, Kopp S, Sader R, Landes CA. Evaluation of surgically assisted rapid maxillary expansion with or without pterygomaxillary disjunction based upon preoperative and post-expansion 3D computed tomography data. *Oral Maxillofac Surg*. sept 2009;13(3):159-69.
46. Kilic E, Kilic B, Kurt G, Sakin C, Alkan A. Effects of surgically assisted rapid palatal expansion with and without pterygomaxillary disjunction on dental and skeletal structures: a retrospective review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. févr 2013;115(2):167-74.
47. Williams BJD, Currimbhoy S, Silva A, O’Ryan FS. Complications following surgically assisted rapid palatal expansion: a retrospective cohort study. *J Oral Maxillofac*

- Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg. oct 2012;70(10):2394-402.
49. Jensen T, Rodrigo-Domingo M. Surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) with or without intraoperative releasing of the nasal septum. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* mars 2017;123(3):e85-90.
 50. Zandi M, Miresmaeili A, Heidari A, Lamei A. The necessity of pterygomaxillary disjunction in surgically assisted rapid maxillary expansion: A short-term, double-blind, historical controlled clinical trial. *J Cranio-Maxillo-fac Surg Off Publ Eur Assoc Cranio-Maxillo-fac Surg.* sept 2016;44(9):1181-6.
 51. Sygouros A, Motro M, Ugurlu F, Acar A. Surgically assisted rapid maxillary expansion: cone-beam computed tomography evaluation of different surgical techniques and their effects on the maxillary dentoskeletal complex. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* déc 2014;146(6):748-57.
 52. Esen A, Soganci E, Dolanmaz E, Dolanmaz D. Evaluation of stress by finite element analysis of the midface and skull base at the time of midpalatal osteotomy in models with or without pterygomaxillary dysjunction. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2018;56(3):177-81.
 53. Ferraro-Bezerra M, Tavares RN, de Medeiros JR, Nogueira AS, Avelar RL, Studart Soares EC. Effects of Pterygomaxillary Separation on Skeletal and Dental Changes After Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion: A Single-Center, Double-Blind, Randomized Clinical Trial. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2018;76(4):844-53.
 54. Hamedi Sangsari A, Sadr-Eshkevari P, Al-Dam A, Friedrich RE, Freymiller E, Rashad A. Surgically Assisted Rapid Palatomaxillary Expansion With or Without Pterygomaxillary Disjunction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* févr 2016;74(2):338-48.
 55. Weissheimer A, de Menezes LM, Mezomo M, Dias DM, de Lima EM, Rizzato SM. Immediate effects of rapid maxillary expansion with Haas-type and hyrax-type expanders: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011 Sep;140(3):366-76.
 56. Fernández-Sanromán J, Donascimento MG, López AC, Ferro MF, Berrondo IA. Transverse maxillary distraction in patients with periodontal pathology or insufficient tooth anchorage using custom-made devices. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* juill 2010;68(7):1530-6.
 57. Asscherickx K, Govaerts E, Aerts J, Vande Vannet B. Maxillary changes with bone-borne surgically assisted rapid palatal expansion: A prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1 mars 2016;149(3):374-83.
 58. Koudstaal MJ, van der Wal KG, Wolvius EB, Schulten AJ. The Rotterdam Palatal Distractor: introduction of the new bone-borne device and report of the pilot study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2006 Jan;35(1):31-5.
 59. Garreau E, Bouscaillou J, Rattier S, Ferri J, Raoul G. Bone-borne distractor versus tooth-borne distractor for orthodontic distraction after surgical maxillary expansion: The patient's point of view. *Int Orthod.* 2016 Jun;14(2):214-32.
 60. Deeb W, Hansen L, Hotan T, Hietschold V, Harzer W, Tausche E. Changes in nasal volume after surgically assisted bone-borne rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* juin 2010;137(6):782-9.
 61. Ellouze S, Darqué F. Disjonction sur mini-implants. In: *Mini-implants : l'Orthodontie*

de Demain. Quintessence international. Paris; 2012.

62. Möhlhenrich SC, Modabber A, Kniha K, Peters F, Steiner T, Hölzle F, et al. Simulation of three surgical techniques combined with two different bone-borne forces for surgically assisted rapid palatal expansion of the maxillofacial complex: a finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* oct 2017;46(10):1306-14.
63. Haas Junior OL, Matje PRB, Rosa BM, Rojo-Sanchis C, Guijarro-Martínez R, Valls-Ontañón A, Menezes LM, Hernández-Alfaro F, de Oliveira RB. Minimally invasive surgical and miniscrew-assisted rapid palatal expansion (MISMARPE) in adult patients. *J Craniomaxillofac Surg.* 2022 Mar;50(3):211-217.
64. Park KN, Lee CY, Park IY, Kim JY, Yang B. Surgically assisted rapid palatal expansion with tent screws and a custom-made palatal expander: a case report. *Maxillofac Plast Reconstr Surg.* déc 2015;37(1):11.
65. Kayalar E, Schauseil M, Kuvat SV, Emekli U, Fıratlı S. Comparison of tooth-borne and hybrid devices in surgically assisted rapid maxillary expansion: A randomized clinical cone-beam computed tomography study. *J Cranio-Maxillo-fac Surg Off Publ Eur Assoc Cranio-Maxillo-fac Surg.* mars 2016;44(3):285-93.
66. Verlinden CRA, Gooris PG, Becking AG. Complications in Transpalatal Distraction Osteogenesis: A Retrospective Clinical Study. *J Oral Maxillofac Surg.* mars 2011;69(3):899-905.
67. Koudstaal MJ, Smeets JB, Kleinrensink GJ, Schulten AJ, van der Wal KG. Relapse and stability of surgically assisted rapid maxillary expansion: an anatomic biomechanical study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009 Jan;67(1):10-4.
68. Wilmes B: Fields of application of mini-implants. In: Ludwig B, Bowman J (eds), *Mini-implants in orthodontics: innovative anchorage concepts.* Berlin: Quintessence, 2008.
69. Karagkiolidou A, Ludwig B, Pazera P, Gkantidis N, Pandis N, Katsaros C. Survival of palatal miniscrews used for orthodontic appliance anchorage: a retrospective cohort study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013 Jun;143(6):767-72.
70. Ludwig B, Glasl B, Bowman SJ, Wilmes B, Kinzinger GS, Lisson JA. Anatomical guidelines for miniscrew insertion: palatal sites. *J Clin Orthod.* 2011 Aug;45(8):433-41.
71. Wilmes B, Ngan P, Liou EJ, Franchi L, Drescher D. Early class III facemask treatment with the hybrid hyrax and Alt-RAMEC protocol. *J Clin Orthod.* 2014 Feb;48(2):84-93.
72. Baranto H, Weiner CK, Burt IA, Rosén A. Satisfactory outcomes after orthognathic surgery with surgically assisted rapid maxillary expansion using a hybrid device. *J Oral Sci.* 2020;62(1):107-111.
73. Seeberger R, Abe-Nickler D, Hoffmann J, Kunzmann K, Zingler S. One-stage tooth-borne distraction versus two stage bone-borne distraction in surgically assisted maxillary expansion (SARME). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* déc 2015;120(6):693-8.
74. Kunz F, Linz C, Baunach G, Böhm H, Meyer-Marcotty P. Expansion patterns in surgically assisted rapid maxillary expansion : Transpalatal distractor versus hyrax appliance. *J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopadie Organ Official J Dtsch Ges Kieferorthopadie.* sept 2016;77(5):357-65.
75. Nikolaev AV, Andreishchev AR, Kutukova SI. Comparative biomechanical study of surgically assisted rapid palatal expansion with tooth-borne and bone-borne expanders. *Stomatologia (Sofia).* 2017;96(5):48-55.

76. Blæhr TL, Mommaerts MY, Kjellerup AD, Starch-Jensen T. Surgically assisted rapid maxillary expansion with bone-borne versus tooth-borne distraction appliances-a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* avr 2019;48(4):492-501.
77. Barone TR, Cahali MB, Vasconcelos C, Barone JR. A comparison of tooth-borne and bone-anchored expansion devices in SARME. *Oral Maxillofac Surg.* 14 avr 2020;
78. Salgueiro DG, Rodrigues VHL de O, Tieghi Neto V, Menezes CC de, Gonçalves ES, Ferreira Júnior O. Evaluation of opening pattern and bone neoformation at median palatal suture area in patients submitted to surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) through cone beam computed tomography. *J Appl Oral Sci Rev FOB.* août 2015;23(4):397-404.
79. Carvalho PHA, Moura LB, Trento GS, Holzinger D, Gabrielli M a. C, Gabrielli MFR, et al. Surgically assisted rapid maxillary expansion: a systematic review of complications. *Int J Oral Maxillofac Surg.* mars 2020;49(3):325-32.
80. Cakarar S, Keskin B, Isler SC, Cansiz E, Uzun A, Keskin C. Complications associated with surgically assisted rapid palatal expansion without pterygomaxillary separation. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 1 oct 2017;118(5):279-82.
81. Politis C. Life-threatening haemorrhage after 750 Le Fort I osteotomies and 376 SARPE procedures. *Int J Oral Maxillofac Surg.* juin 2012;41(6):702-8.
82. Zandi M, Miresmaeili A, Heidari A. Short-term skeletal and dental changes following bone-borne versus tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion: A randomized clinical trial study. *J Cranio-Maxillofac Surg.* oct 2014;42(7):1190-5.
83. Starch-Jensen T, Blæhr TL. Transverse Expansion and Stability after Segmental Le Fort I Osteotomy versus Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion: a Systematic Review. *J Oral Maxillofac Res.* 28 déc 2016;7(4).
84. Zemann W, Schanbacher M, Feichtinger M, Linecker A, Kärcher H. Dentoalveolar changes after surgically assisted maxillary expansion: a three-dimensional evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* janv 2009;107(1):36-42.
85. Nada RM, Fudalej PS, Maal TJJ, Bergé SJ, Mostafa YA, Kuijpers-Jagtman AM. Three-dimensional prospective evaluation of tooth-borne and bone-borne surgically assisted rapid maxillary expansion. *J Cranio-Maxillo-fac Surg Off Publ Eur Assoc Cranio-Maxillo-fac Surg.* déc 2012;40(8):757-62.
86. Brandtner C, Hachleitner J, Rippel C, Krenkel C, Gaggl A. Long-term skeletal and dental stability after orthognathic surgery of the maxillo-mandibular complex in Class II patients with transverse discrepancies. *J Craniomaxillofac Surg.* 2015 Oct;43(8):1516-21.
87. Marchetti C, Pironi M, Bianchi A, Musci A. Surgically assisted rapid palatal expansion vs. segmental Le Fort I osteotomy: transverse stability over a 2-year period. *J Cranio-Maxillo-fac Surg Off Publ Eur Assoc Cranio-Maxillo-fac Surg.* mars 2009;37(2):74-8.
88. Bretos JLG, Pereira MD, Gomes HC, Toyama Hino C, Ferreira LM. Sagittal and vertical maxillary effects after surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) using Haas and Hyrax expanders. *J Craniofac Surg.* nov 2007;18(6):1322-6.
89. Chung CH, Woo A, Zagarinsky J, Vanarsdall RL, Fonseca RJ. Maxillary sagittal and vertical displacement induced by surgically assisted rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001 Aug;120(2):144-8.
90. Gilon Y, Heymans O, Limme M, Brandt L, Raskin S. Indications et implications de la

disjonction chirurgicale du maxillaire supérieur dans les traitements

orthodonticochirurgicaux. *Rev stomatol chir maxillo-fac.* 2000;101(5):252-8.

91. Altug Atac AT, Karasu HA, Aytac D. Surgically assisted rapid maxillary expansion compared with orthopedic rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2006 May;76(3):353-9.
92. Xi T, Laskowska M, van de Voort N, Ghaeminia H, Pawlak W, Bergé S, et al. The effects of surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) on the dental show and chin projection. *J Cranio-Maxillo-fac Surg Off Publ Eur Assoc Cranio-Maxillo-fac Surg.* nov 2017;45(11):1835-41.
93. Iodice G, Bocchino T, Casadei M, Baldi D, Robiony M. Evaluations of sagittal and vertical changes induced by surgically assisted rapid palatal expansion. *J Craniofac Surg.* juill 2013;24(4):1210-4.
94. Gungor AY, Türkkahraman H, Baykul T, Alkis H. Comparison of the effects of rapid maxillary expansion and surgically assisted rapid maxillary expansion in the sagittal, vertical, and transverse planes. *Med Oral Patol Oral Cirurgia Bucal.* 1 mars 2012;17(2):e311-319.
95. Gauthier C, Voyer R, Paquette M, Rompré P, Papadakis A. Periodontal effects of surgically assisted rapid palatal expansion evaluated clinically and with cone-beam computerized tomography: 6-month preliminary results. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* avr 2011;139(4):S117-28.
96. Jensen T, Johannesen LH, Rodrigo-Domingo M. Periodontal changes after surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME). *Oral Maxillofac Surg.* déc 2015;19(4):381-6.
97. Ramieri GA, Spada MC, Austa M, Bianchi SD, Berrone S. Transverse maxillary distraction with a bone-anchored appliance: dento-periodontal effects and clinical and radiological results. *Int J Oral Maxillofac Surg.* juin 2005;34(4):357-63.
98. Bohner L, Lustosa RM, Stamm T, Hanisch M, Kleinheinz J, Jung S. Influence of marginal incision and Le Fort I osteotomy on periodontal tissues: a prospective longitudinal study. *Odontology.* 23 juin 2022;
99. Kahnberg KE, Vannas-Lofqvist L, Zellin G. Complications associated with segmentation of the maxilla: a retrospective radiographic follow up of 82 patients. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2005;34:840–5.
100. Morgan TA, Fridrich KL. Effects of the multiple-piece maxillary osteotomy on the periodontium. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 2001;16(4):255-65.
101. Ho MW, Boyle MA, Cooper JC, Dodd MD, Richardson D. Surgical complications of segmental Le Fort I osteotomy. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2011;49:562–6.
102. Carroll WJ, Haug RH, Bissada NF, Goldberg J, Hans M. The effects of the Le Fort I osteotomy on the periodontium. *J Oral Maxillofac Surg.* 1992;50:128–32.
103. Schultes G, Gaggl A, Karcher H. Periodontal disease associated with interdental osteotomies after orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 1998;56:414–7.
104. Justus T, Chang BL, Bloomquist D, Ramsay DS. Human gingival and pulpal blood flow during healing after Le Fort I Osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg.* 2001;59:2–7.
105. Epker BN. Vascular considerations in orthognathic surgery. II. Maxillary osteotomies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984;57:473–8.
106. Jaeger F, Chiavaioli GM, de Toledo GL, Freire-Maia B, Amaral MBF, Mesquita RA. High-power diode laser in the circumvestibular incision for Le Fort I osteotomy in

- orthognathic surgery: a prospective case series study. *Lasers Med Sci.* 2018;33:51–6.
107. Sorel O, Boileau MJ, Pujol A. Anomalies transversales. In: *Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte.* Elsevier Masson; 2013. p. 163.
108. Nada RM, van Loon B, Maal TJJ, Bergé SJ, Mostafa YA, Kuijpers-Jagtman AM, et al. Three-dimensional evaluation of soft tissue changes in the orofacial region after tooth-borne and bone-borne surgically assisted rapid maxillary expansion. *Clin Oral Investig. déc 2013;17(9):2017-24.*
109. Berger JL, Pangrazio-Kulbersh V, Thomas BW, Kaczynski R. Photographic analysis of facial changes associated with maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999 Nov;116(5):563-71.
110. Seeberger R, Kater W, Schulte-Geers M, Davids R, Freier K, Thiele O. Changes after surgically-assisted maxillary expansion (SARME) to the dentoalveolar, palatal and nasal structures by using tooth-borne distraction devices. *Br J Oral Maxillofac Surg.* juill 2011;49(5):381-5.
111. Magnusson A, Bjerklin K, Nilsson P, Jönsson F, Marcusson A. Nasal cavity size, airway resistance, and subjective sensation after surgically assisted rapid maxillary expansion: A prospective longitudinal study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* nov 2011;140(5):641-51.
112. Menegat F, Monnazzi MS, Silva BN, de Moraes M, Gabrielli M a. C, Pereira-Filho VA. Assessment of nasal obstruction symptoms using the NOSE scale after surgically assisted rapid maxillary expansion. *Int J Oral Maxillofac Surg.* nov 2015;44(11):1346-50.
113. Vinha PP, Eckeli AL, Faria AC, Xavier SP, de Mello-Filho FV. Effects of surgically assisted rapid maxillary expansion on obstructive sleep apnea and daytime sleepiness. *Sleep Breath Schlaf Atm.* mai 2016;20(2):501-8.
114. Bach N, Tuomilehto H, Gauthier C, Papadakis A, Remise C, Lavigne F, et al. The effect of surgically assisted rapid maxillary expansion on sleep architecture: an exploratory risk study in healthy young adults. *J Oral Rehabil.* nov 2013;40(11):818-25.
115. Zaoui K, Kuehle R, Baumann I, Schuessler DL, Ristow O, Plath M, et al. Impact of Le-Fort I osteotomy on anatomical and functional aspects of the nasal airway and on quality of life. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol Off J Eur Fed Oto-Rhino-Laryngol Soc EUFOS Affil Ger Soc Oto-Rhino-Laryngol - Head Neck Surg.* avr 2019;276(4):1065-73.
116. Sverzut CE, Martorelli K, Jabur R, Petri AD, Trivellato AE, Siéssere S, et al. Effect of surgically assisted rapid maxillary expansion on masticatory muscle activity: A pilot study. *Ann Maxillofac Surg.* janv 2011;1(1):32-6.

Liste des figures

Fig 1. Anatomie de l'os maxillaire

Fig 2. Anatomie de l'os palatin

Fig 3. Anatomie du palais osseux

Fig 4. Photographies exo-buccales d'un patient présentant une insuffisance maxillaire

Fig 5. Insuffisance transversale du maxillaire avec inversé bilatéral

Fig 6. Différence de largeur maxillo-mandibulaire à gauche et à droite

Fig 7. Mesure des largeurs maxillaire et mandibulaire

Fig 8. Les différents stades de maturation de la suture palatine médiane

Fig 9. Zones de résistance à l'expansion transversale du maxillaire

Fig 10. Incision vestibulaire muco-périostée (A) et décollement sous périosté (B)

Fig 11. Mobilisation et ostéosynthèse du maxillaire

Fig 12. Ostéotomie en 3 segments de l'arcade maxillaire

Fig 13. Vue palatine (A) et vue latérale (B) d'un Lefort I segmenté

Fig 13. Vue palatine (A) et vue latérale (B) d'un Lefort I segmenté

Fig 14. Ostéotomies des parois latérales maxillaires et sagittale

Fig 15. A, Simulation de l'ostéotomie du maxillaire. B, Simulation d'ostéotomie ptérygo-maxillaire

Fig 16. Diastème inter-incisif après SARME

Fig 17. Traits d'ostéotomie entre incisives latérales et canines

Fig 18. Disjoncteur Hyrax (photo personnelle) à gauche, Disjoncteur de type Haas à droite

Fig 19. Mise en place d'un disjoncteur transpalatin

Fig 20. Disjoncteur à appui osseux Rotterdam de KLS

Fig 21. protocole d'activation du distracteur KLS en 4 phases

Fig 22. Distracteur Rotterdam lors de sa mise en place (Gauche) et après la période d'activation (Droite)

Fig 23. Distracteur Dresden fixé à l'os par un implant (gauche) et une vis d'ostéosynthèse (droite)

Fig 24. Disjoncteur sur 4 mini-vis para-médianes

Fig 25. Disjoncteur MARPE

Fig 26. Hyrax modifié par ajout de 4 plaques fixées par des minivis en titane auto-taraudantes

Fig 27. Insertion des quatre vis sous anesthésie locale (A) et empreinte de l'arcade maxillaire (B)

Fig 28. Mise en place du disjoncteur à appui osseux (gauche) et situation après 7mm d'expansion (droite)

Fig 29. Disjoncteur hybride

Fig 30. Disjoncteur hybride sur une patiente avec une parodontite modérée généralisée et une absence de support dentaire postérieur

Fig 31. Disjoncteur hybride (position des mini-vis indiquée par les flèches)

Fig 32. Mouvements dentaires plus parallèles avec disjoncteur hybride (A), et mouvements de tipping puis de redressement avec disjoncteur dento-porté (B)

Fig 33. Indications de distraction (SARME) ou de chirurgie (Lefort segmenté)

Fig 34 : Superpositions des modèles pré et post SARME avec code couleur : le vert indique un mouvement vers l'extérieur, et le rouge vers l'intérieur

Fig 35. Sections mesurées en antérieur et en postérieur de la cavité nasale dans l'étude de Magnusson et al.

Liste des tableaux

Tableau 1. Résultats d'expansion alvéolaire et squelettique après SARME

Tableau 2. Indices d'expansion et de récidence pour la SARME et le Lefort I calculés par Yao et al. (25)

NANTES UNIVERSITÉ
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Vu le Président du Jury,

VU ET PERMIS D'IMPRIMER

Vu le Doyen,

Pr Assem SOUEIDAN

MARTIN (Anaïs). – Expansion transversale chirurgicale du maxillaire chez l’adulte. – 37f ;ill. ; tabl. ; 116 ref. ; 30 cm (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2022)

RESUME

L’insuffisance transversale du maxillaire est une composante fréquente des malocclusions chez les patients adultes. La prise en charge est généralement orthodontico-chirurgicale au-delà de 5mm de déficit transversal. Il existe deux principales procédures chirurgicales : le LeFort I segmenté et la SARME (surgically assisted rapid maxillary expansion). De nombreux protocoles et types de disjoncteurs ont été développés. L’objectif de ce travail est donc de faire un état des lieux sur les connaissances actuelles de la littérature. Il n’existe pas de consensus en termes d’ostéotomie ou de disjoncteur à privilégier.

Les complications des deux procédures sont généralement mineures et peu fréquentes, et leurs effets transversaux sont similaires et stables à long terme, bien que la SARME semble provoquer plus de version des segments alvéolo-dentaires.

Le choix de la procédure chirurgicale, du type de disjoncteur doit se faire selon l’anatomie, le support dentaire et parodontal de chaque patient, en prenant en compte les effets attendus au niveau squelettique, alvéolo-dentaire, esthétique et fonctionnel.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Orthopédie dento-faciale

MOTS CLES MESH

Orthodontie – Orthodontics

Technique d’expansion palatine – Palatal expansion technique

Chirurgie orthognatique - Orthognathic surgery

Ostéotomie de Le Fort – Le Fort osteotomy

JURY

Président : Professeur Amouriq Y.

Assesseur : Docteur Jordana F.

Assesseur : Docteur Nivet M-H.

Directeur : Docteur Renaudin S.