



HAL
open science

Efficacité des différents distaliseurs fixes par glissement à ancrage osseux palatin dans le recul de la molaire maxillaire : une revue systématique de la littérature

Julie Wang

► To cite this version:

Julie Wang. Efficacité des différents distaliseurs fixes par glissement à ancrage osseux palatin dans le recul de la molaire maxillaire : une revue systématique de la littérature. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04554340

HAL Id: dumas-04554340

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04554340>

Submitted on 22 Apr 2024

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

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

U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2024

Thèse n°26

THESE POUR L'OBTENTION DU

**DIPLOME D'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE
DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement

Par WANG Julie

Née le 11 décembre 1997 à Perpignan

Le 29 mars 2024

**Efficacité des différents distaliseurs fixes par glissement à
ancrage osseux palatin dans le recul de la molaire
maxillaire**

Une revue systématique de la littérature

Sous la direction du Docteur AMELINE Adrien

Membres du jury :

Mme BOILEAU Marie-José
M. AMELINE Adrien
M. BARDINET Étienne
M. BAZERT Cédric
M. DARQUÉ François

Professeure des Universités
Chef de Clinique Universitaire
Maître de Conférences des Universités
Maître de Conférences des Universités
Maître de Conférences des Universités

Présidente
Directeur
Rapporteur
Assesseur
Assesseur

Président M. LEWIS Dean
Directeur de Collège des Sciences de la Santé M. PELLEGRIN Jean-Luc

COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES

Directrice Mme BERTRAND Caroline 58-01
Directeur Adjoint à la Pédagogie M. DELBOS Yves 56-01
Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche M. CATROS Sylvain 57-01
Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales M. SEDARAT Cyril 57-01

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme	Caroline	BERTRAND	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Marie-José	BOILEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Sylvain	CATROS	Chirurgie orale	57-01
M.	Raphaël	DEVILLARD	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Emmanuel	D'INCAU	Prothèse dentaire	58-01
M.	Bruno	ELLA NGUEMA	Sciences anatomiques et physiologiques - Biomatériaux	58-01
M.	Jean- Christophe	FRICAÏN	Chirurgie orale	57-01

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme	Elise	ARRIVÉ	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Audrey	AUSSEL	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M.	Etienne	BARDINET	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Michel	BARTALA	Prothèse dentaire	58-01
M.	Cédric	BAZERT	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Christophe	BOU	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Sylvie	BRUNET	Chirurgie orale	57-01
M.	Jacques	COLAT PARROS	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M,	Jean- Christophe	COUTANT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M.	François	DARQUE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	François	DE BRONDEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Yves	DELBOS	Odontologie pédiatrique	56-01
Mme	Mathilde	FENELON	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Hélène	FRON-CHABOUIS	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Dominique	GILLET	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Jean-François	LASSERRE	Prothèse dentaire	58-01
M.	Yves	LAUVERJAT	Parodontologie	57-01
M.	Adrien	NAVEAU	Prothèse dentaire	58-01
M.	Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02

M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-01
M.	Johan	SAMOT	Biologie Orale	57-01
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Rawen	SMIRANI	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Biologie Orale	57-01
M.	Eric	VACHEY	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01

PRATICIENS HOSPITALIER-UNIVERSITAIRE

Mme	Virginie	CHUY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M.	Pierre-Hadrien	DECAUP	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Julia	ESTIVALS	Odontologie pédiatrique	56-01

AUTRES ENSEIGNANTS

M.	Maxime	BOITEAUD	CDD 2e degré Santé publique	56-02
----	--------	----------	-----------------------------	-------

CCU-AH (Chefs de Clinique Universitaires - Assistant des Hôpitaux)

M.	Adrien	AMELINE	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	William	AUMAILLEY	Prothèse dentaire	58-01
M.	Rémi	BAGNARIOL	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Baptiste	BERGES	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Diane	DELADRIERE	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Mathieu	DELOLME	Parodontologie	57-01
M.	Quentin	DESPERIEZ	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Laurie	FUCHS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Joran	GARDIN	Parodontologie	57-01
M.	Paul	GIRARDEAU	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M.	Pierre-André	GUILLAUD	Parodontologie	57-01
M.	Jean-Benoit	HOCKE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Louis	HUAULT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
Mme	Sarah	KAWCHAGIE	Prothèse Dentaire	58-01
Mme	Claire	LAFOURCADE	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Adrien	LARAN	Prothèse dentaire	57-01
M.	Clément	LEBRET	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Mathilde	LEVRIER	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Léa	MASSE	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Chiara	PASCALI	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Imane	RAMDANI	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Ana	RIBEIRO MAGALHES	Odontologie pédiatrique	56-01
Mme	Mathilde	SAINT-JEAN	Biologie Orale	57-01
Mme	Aurore	VENENCIE	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01

Remerciements

À notre Présidente de thèse,

Madame la Professeure Marie-José BOILEAU

Professeure des Universités – Praticienne Hospitalière

Sous-section Orthopédie Dento-Faciale 56-01

À notre Directeur de thèse,

Monsieur le Docteur Adrien AMELINE

Chef de Clinique des Universités – Assistant Hospitalier

Sous-section Orthopédie Dento-Faciale 56-01

À notre Rapporteur de thèse,

Monsieur le Docteur Étienne BARDINET

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Orthopédie Dento-Faciale 56-01

À notre Assesseur,

Monsieur le Docteur Cédric BAZERT

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Orthopédie Dento-Faciale 56-01

À notre Assesseur,

Monsieur le Docteur François DARQUÉ

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Orthopédie Dento-Faciale 56-01

À l'ensemble du corps enseignant de la sous-section ODF,

Dr DE BRONDEAU François, Dr SAMPEUR Maud et Dr HOCKÉ Jean-Benoît.

À ma famille.

À mes soutiens du quotidien, ou d'un quotidien.

Liste des abréviations

3D-MBDA	3-Dimensional Maxillary Bimetric Distalizing Arch
BAPA	Bone-Anchored Pendulum Appliance
CBCT	Cone Beam Computed Tomography
DJMI	Distal-Jet sur Mini-Implants
FEO	Forces Extra-Orales
gf	gramme-force (1 Newton = 101.97 gf)
GMD	Greenfield Molar Distalizer
MCPP	Modified C-Palatal Plate
MIA-TPA	Mini-Implant Aided Trans-Palatal Arch
MISDS	Miniscrew Implant Supported Distalization System
MMAMMD	Midpalatal Miniscrew Assisted Maxillary Molar Distalizer
NiTi	Nickel-Titane
PTA	Pendulum Type Appliance
SAS	Skeletal Anchorage System
TIM	Traction Inter-Maxillaire
TMA	Alliage Titane-Molybdène

Table des matières

Remerciements	4
Liste des abréviations	10
Introduction.....	13
I. Contexte	15
A. Traitement des malocclusions de classe II par distalisation maxillaire	15
1. Sémiologie des classes II.....	15
2. Thérapeutiques des classes II	16
3. La distalisation maxillaire : techniques conventionnelles	17
B. Ancrages squelettiques et distalisation	21
1. Définition des mini-implants	21
2. Indications	22
3. Utilisation et facteurs de risque	23
4. Position des mini-implants	24
C. Distaliseurs à ancrage osseux palatin	26
D. Objectifs de l'étude	29
II. Matériel et méthodes.....	30
A. Critères de sélection	31
1. Critères d'inclusion	31
2. Critères de non inclusion et d'exclusion	31
B. Recueil des données.....	32
1. Collecte des données.....	32
2. Méthode d'évaluation de la qualité des études incluses	33
III. Résultats	34
A. Description des différents distaliseurs à ancrage osseux palatin par mécanique de glissement	36
B. Description des études	44
C. Évaluation de la qualité des études.....	54
D. Description des effets dentaires, squelettiques et sur les tissus mous obtenus par les distaliseurs à ancrage osseux palatin	56
1. Effets dentaires.....	56
2. Effets squelettiques	59
3. Effets sur les tissus mous.....	59

4.	Effets sur les voies aériennes.....	60
5.	Influence des deuxièmes et troisièmes molaires	60
6.	Influence du schéma de croissance vertical	61
7.	Influence de la pneumatisation des sinus maxillaires	61
8.	Durée du traitement.....	61
9.	Stabilité du traitement par distaliseur à ancrage palatin en glissement	62
IV.	Discussion	67
A.	Méthodologie et caractéristiques des études retenues.....	67
1.	Biais de sélection et de publication	67
2.	Biais de mesure.....	68
B.	Discussion des résultats.....	72
1.	Comparaison de la structure des distaliseurs à ancrage osseux palatin.....	72
2.	Comparaison des effets dento-squelettiques.....	75
3.	Facteurs influençant la distalisation	78
4.	Généralisation et applicabilité des résultats	79
V.	Conclusion	80
	Bibliographie.....	81
	Table des figures.....	89
	Table des tableaux.....	90

Introduction

L'orthodontiste est couramment confronté à des patients présentant des malocclusions de classe II ou des situations d'encombrement antérieur maxillaire au cours de sa pratique.

Les **malocclusions de classe II** se caractérisent, selon Angle, par une position distale de l'arcade mandibulaire par rapport à l'arcade maxillaire, considérée comme référence. Ainsi, on observe une mésiocclusion de la première molaire maxillaire par rapport à la première molaire mandibulaire. Ces dysmorphoses sont les anomalies les plus fréquemment traitées en orthodontie en France, et représentent 64,3% de la population orthodontique. (1)

La **distalisation**, qui consiste en un déplacement par translation distale, éloignant les dents concernées du point inter-incisif (2), est un moyen de traitement de ces patients. Elle permet, par ce recul, d'augmenter l'espace disponible sur l'arcade dentaire, de corriger l'encombrement et rétablir une relation occlusale de classe I. Ce moyen de traitement s'ajoutant à l'arsenal thérapeutique orthodontique permet, dans certains cas, de diminuer les indications d'extractions de prémolaires saines. (3)

Cependant, l'obtention d'un mouvement de translation pur est complexe en orthodontie conventionnelle, notamment puisque le point d'application des forces se trouve à distance du centre de résistance des dents à déplacer (4). De ce fait, le moment généré par cette force de distalisation engendre des **effets parasites** associés à la composante de distalisation, comme la version coronaire dans le sens mésio-distal, l'égression ou l'ingression dans le sens vertical ou l'expansion, la contraction et la rotation dans le sens transversal.

Associée à ces principes biomécaniques, la notion **d'ancrage** est indispensable à prendre en compte dans tout traitement des malocclusions en orthodontie. L'utilisation d'une ou plusieurs dent.s pour déplacer une ou plusieurs autres dent.s induit, de fait, des effets parasites de mouvements des dents supports (dents d'ancrage). Cela a donc mené à l'usage de l'ancrage occipital (forces extra-orales) et l'ancrage occlusal et molaire (forces intra-orales).

Deux modèles biomécaniques de distalisation peuvent être utilisés selon la situation clinique :

- La distalisation **en masse**, pour des reculs de faible importance, en sollicitant éventuellement l'ancrage de l'arcade mandibulaire par le biais d'élastiques (tractions intermaxillaires TIM).
- La distalisation **sectorielle** ou **séquentielle**, pour des reculs plus importants, en isolant les dents à distaler et leurs valeurs d'ancrage.

Lors de la distalisation molaire en recul séquentiel, c'est l'ancrage dentaire antérieur qui sera sollicité ou l'ancrage occipital en cas d'usage de forces extra-orales. L'utilisation sans précaution de l'ancrage antérieur entraîne des effets indésirables de perte d'ancrage antérieure, caractérisée dans ce cas précis par une vestibuloversion et égression des incisives maxillaires. (5)

La littérature décrit une multitude de systèmes et de protocoles thérapeutiques ayant pour objectif de distaler les molaires maxillaires. Ils peuvent être extra- ou intra-oraux. Cependant, ces dispositifs présentent des inconvénients majeurs de nos jours : l'absence

d'esthétique, de confort et la nécessité de coopération du patient, mais aussi les effets parasites de distorsion coronaire des molaires (6) et de perte d'ancrage antérieure.

Dans les années 1990 (7), les progrès dans le domaine des alliages biocompatibles et implantables ont abouti à la création de **mini-implants** orthodontiques. Leur popularité n'a fait que croître, notamment pour leur usage dans le renfort d'ancrage. Pouvant être positionnés en vestibulaire ou en palatin, ils ont suscité un intérêt croissant pour distaler les dents maxillaires sans solliciter l'ancrage dentaire, muqueux ou occipital. En effet, ils permettent de préserver l'ancrage dentaire en apportant un ancrage osseux, décrit comme absolu. Leur intérêt d'utilisation repose également sur leur simplicité de pose et de dépose associée à une douleur postopératoire moindre (8), leur esthétique et leur indépendance vis-à-vis de la coopération du patient.

Les mini-implants peuvent être positionnés en vestibulaire ou en palatin au maxillaire. La région palatine est présentée comme idéale par certains auteurs (9) par le peu de risques anatomiques et la qualité de l'os présents. De nombreux appareils ont alors été décrits pour tirer profit de cette zone favorable, notamment pour permettre le recul de l'arcade maxillaire.

Avec la popularisation des ancrages osseux, et le développement des outils numériques, une diversité de dispositifs de distalisation maxillaire sur mini-implants est retrouvée dans la littérature, sans qu'aucun consensus n'ait permis de mettre en exergue un design « idéal ». Deux techniques principales peuvent être utilisées, la mécanique de glissement et la mécanique de boucles. Nous restreindrons ce travail aux dispositifs de glissement sur mini-implants palatins, et n'intégrerons pas les autres mécanismes et les autres zones anatomiques de positionnement mini-implantaire.

Ainsi, dans cette revue systématique de la littérature, nous nous attacherons à comparer les différents distaliseurs en **glissement** à ancrage palatin en utilisant comme critère de jugement principal la **quantité de recul de la molaire maxillaire**. Celle-ci sera confrontée à l'architecture du dispositif décrit. Secondairement, ce travail a pour objectif de mettre en lumière d'éventuelles caractéristiques structurales de ces appareillages avec le risque de survenue d'effets indésirables

I. Contexte

A. Traitement des malocclusions de classe II par distalisation maxillaire

1. Sémiologie des classes II

La **classification d'Angle**, élaborée en 1899 par l'auteur éponyme (10), détermine la classe dentaire en se basant sur les rapports d'occlusion entre les arcades maxillaire et mandibulaire dans des rapports d'intercuspitation maximale. Elle témoigne des décalages sagittaux des arcades dentaires entre elles. Angle décrit ainsi des relations inter-arcades en situant la cuspide mésio-vestibulaire de la première molaire maxillaire par rapport au sillon vestibulaire de la première molaire mandibulaire.

Il différencie alors trois classes dentaires, numérotées de I à III. La classe I correspondant à la « normocclusion », elle est le plus souvent l'objectif occlusal de fin de traitement. Dans les malocclusions de classe II, la première molaire mandibulaire est plus distale d'une demi-cuspide ou plus par rapport à la première molaire maxillaire. Elle peut être asymétrique (de quantité différente de chaque côté) ou subdivision (unilatérale). On distingue la **classe II division 1** (classe II1) et la **classe II division 2** (classe II2), caractérisées respectivement par une vestibulo-version ou des axes normaux des incisives pour l'une et une palato-version des incisives maxillaires pour l'autre (Figure 1).

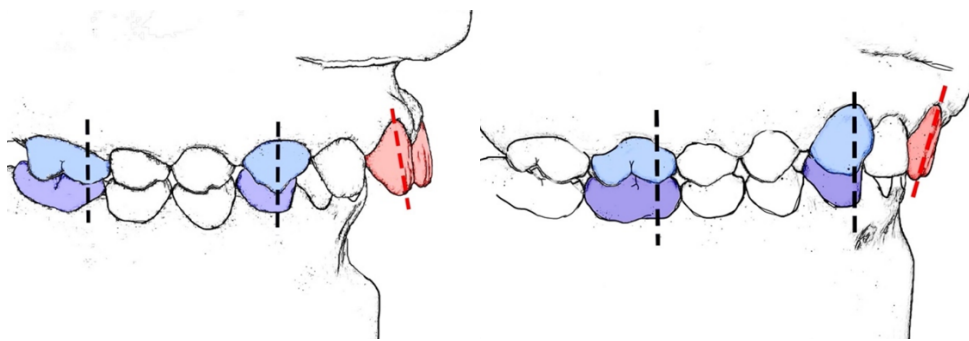


Figure 1 Illustration d'une classe II division 1 et d'une classe II division 2

Source : Marie Douce. Apports et effets dento-squelettiques du Carriere® Motion 3D™ Appliance (CMA) dans le traitement des malocclusions de classe II : revue systématique et méta-analyse. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022

Les dysmorphoses de classe II sont des malocclusions fréquemment diagnostiquées en orthodontie. Il en existe une **grande diversité de formes cliniques** impliquant des objectifs et moyens de traitement variables.

Les classes II occlusales peuvent engendrer des **perturbations de la croissance** faciale chez l'enfant, par l'existence de verrous occlusaux de croissance (supraclusion dans les classes II2, verrou canin, mésiorotation des premières molaires dans les classes II1) (5).

Elles augmenteraient également le risque de **troubles fonctionnels** de mastication, déglutition et phonation par absence de guidage antérieur optimal ; mais également le risque de douleurs liées au positionnement délétère des condyles dans les cavités glénoïdes. La présence de sur-contacts occlusaux et de déséquilibre des forces appliquées à chaque dent entraînerait également un risque d'usure prématuré des tissus dentaires. De plus, la correction du surplomb diminue le **risque de traumatismes** des dents antérieures maxillaires et le préjudice esthétique sur les supports des tissus mous et le sourire. (5)

Elles peuvent être associées à une **classe II squelettique**, définie par Ballard (11) par un ANB supérieur à 4.5° sur l'analyse céphalométrique, et entraîner des risques supplémentaires, comme un **Syndrome d'Apnées Hypopnées Obstructives du Sommeil (SAHOS)** favorisé par la rétromandibulie (SNB inférieur à 78°).

2. Thérapeutiques des classes II

Le traitement des classes II est donc un objectif fréquent en orthodontie, et dépendra de la forme clinique observée. Les objectifs thérapeutiques peuvent-être : (5)

- D'une part squelettique, avec l'objectif de réduire le décalage sagittal des bases osseuses.
- D'autre part dento-alvéolaires, avec l'obtention d'une classe I molaire et canine en fin de traitement, ainsi qu'un guide antérieur incisivo-canin normal et fonctionnel.

Afin de corriger une classe II squelettique, on cherchera, en période de croissance, à favoriser la croissance mandibulaire tout en freinant ou contrôlant la croissance maxillaire. Chez l'adulte, il conviendra d'adjoindre un geste chirurgical uni ou bimaxillaire afin de palier à cette absence de croissance résiduelle.

Dans les situations où la correction de la classe II n'est pas réalisée squelettiquement (notamment en cas d'absence ou de faible classe II squelettique), il s'agira parfois de réaliser des **compensations dento-alvéolaires** et de traiter le décalage directement au niveau des arcades dentaires. Ces compensations peuvent être réalisées à la mandibule, en prenant en compte les limites de la mésialisation de l'arcade mandibulaire et de la vestibulo-version de l'incisive mandibulaire associée. En effet, l'encombrement mandibulaire à corriger, le nivellement de la courbe de Spee et le repositionnement incisif à réaliser consommeront l'espace disponible sur l'arcade, et les limites osseuses inextensibles ne permettront pas de mésialiser l'arcade mandibulaire de manière illimitée. La vestibulo-version à outrance de l'incisive dans la correction de la classe II par mésialisation mandibulaire engendre des risques :

- **Occlusaux** : par modification des contacts inter-incisifs et donc du rôle proprioceptif des incisives. La pente incisive doit être idéalement de 10° supérieure à la pente condylienne afin de protéger les secteurs postérieurs dans les mouvements de propulsion. De plus, une inclinaison importante de l'incisive entraînerait un risque majoré de traumatisme occlusal, la dent ne fonctionnant pas dans son axe idéal (12).
- **Parodontaux** : par augmentation du risque de récession parodontale et de perte du support osseux en cas de vestibulo-version incisive (13).
- De **récidive** : la position des incisives faisant partie des critères de stabilité du traitement orthodontique. En sortant les incisives du couloir d'équilibre musculaire (couloir dentaire de Château), le risque de récurrence du traitement est plus important (14).

Face à ces limites, la distalisation de l'arcade maxillaire peut être réalisée, associée ou non à la mésialisation de l'arcade mandibulaire et à la réalisation d'extractions dentaires.

3. La distalisation maxillaire : techniques conventionnelles

La distalisation maxillaire sera indiquée dans les situations cliniques suivantes : (15)

- **Proalvéolie maxillaire** (SNA > 84° selon Steiner)
- Malocclusion de classe II d'Angle par **dérive mésiale des secteurs postérieurs** maxillaires bilatérale ou unilatérale (arcade maxillaire **asymétrique**)
- **Encombrement** antérieur modéré
- **Classe II squelettique modérée**
 - o Chez l'adulte : traitement de compensation alvéolaire
 - o Chez l'enfant, le recul des molaires maxillaires suivi de la propulsion spontanée de la mandibule permettrait l'obtention d'une classe I
- **Traitement ortho-chirurgical des classes III**, chez le sujet sans croissance résiduelle. La distalisation maxillaire permettant la **décompensation** orthodontique de la malocclusion.

De par l'évolution des mœurs et de l'arsenal thérapeutique facilitant la gestion de l'ancrage, les praticiens semblent moins recourir aux extractions (16). Cela fait donc de la distalisation maxillaire un moyen de traitement intéressant et actuel des classes II.

Dans ce travail, nous nous intéresserons à la **distalisation maxillaire** comme outil thérapeutique des malocclusions de classe II. Néanmoins, il convient de garder à l'esprit que la distalisation maxillaire n'est pas un traitement adapté à toutes les formes cliniques de classe II, la mandibule étant dans la majorité des cas responsable du décalage squelettique.

a) *Forces Extra-Orales*

La distalisation maxillaire en **technique conventionnelle** requiert un ancrage important. En 1953, Kloehn décrit l'efficacité des forces extra-orales (FEO) cervicales dans le recul de la l'arcade maxillaire (17).

Elles sont constituées d'un appui dentaire (bagues scellées sur les premières molaires maxillaires ou gouttière maxillaire), sur lequel vient se fixer un arc facial permettant de relier un élastique à l'ancrage extra-oral, cervical ou crânien. Selon la position de l'appui extra-oral par rapport au centre de résistance de la molaire maxillaire, une composante verticale d'égression ou d'ingression molaire sera associée à la composante sagittale de distalisation molaire, comme illustré sur le schéma en figure 2. Le moment de la force ainsi appliquée conduit à une distorsion de la molaire maxillaire.

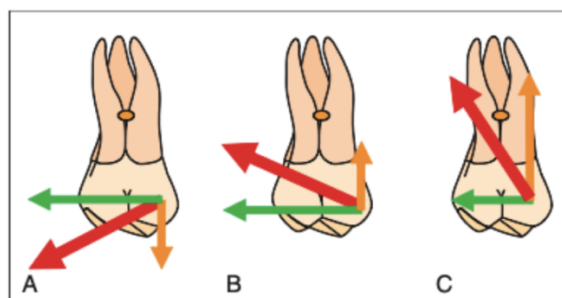


Figure 2 Incidence du type de traction par FEO sur les composantes de la force exercée (5)

A. Traction cervicale B. Traction intermédiaire C. Traction haute – Force antéro-postérieure qui tend à reculer la molaire (en vert) ; Force verticale **d'égression** (A) ou **d'ingression** (B et C) en fonction de l'appui péri-crânien choisi

Du fait des douleurs et des désagréments esthétiques qu'elles entraînent, de la coopération qu'elles demandent (18), ainsi que de leur durée de port, les FEO sont inconfortables pour beaucoup de patients, ce qui limite leur port effectif et donc l'efficacité de la distalisation. (19)

b) Forces intra-orales

Les dispositifs intra-oraux semblent ainsi plus adaptés aux exigences et au confort des patients. Ces systèmes intra-oraux conventionnels permettant une distalisation maxillaire ont été développés via des appareils **fixes** (Pendulum, Distal-Jet) ou **amovibles** (gouttières ou plaques à vérin, tractions élastiques intermaxillaires TIM). Ils ne seront pas décrits de manière exhaustive dans ce travail.

(1) Dispositif à boucles : le Pendulum

Le Pendulum, décrit par Hilgers (20) en 1992, utilise un ancrage muqueux grâce à une pastille de Nance palatine en résine, et une **mécanique d'activation de boucles** en TMA .032. Il s'appuie en antérieur sur des bagues prémolaires ou sur molaires lactéales, et en postérieur il s'insère dans les fourreaux des bagues des molaires à distaler (Figure 3). Une fois activés, les bras en TMA doivent être parallèles à la suture palatine avant d'être insérés dans les bagues. Afin d'éviter une contraction des molaires sur l'arcade et une occlusion inversée postérieure liée à l'orientation disto-linguale de la force, la dimension transversale du bras doit être réglée par l'oméga qu'il présente (Figure 4). Les auteurs décrivent une distalisation molaire pouvant atteindre 5mm en 3 à 4 mois. (6)

Cependant, la stabilité de l'ancrage par les tissus mous est questionnable, et ces appareils ont montré d'importants effets indésirables, notamment la **distorsion des molaires** signant une faible part de translation vraie dans cet objectif de distalisation. Dans tous les cas, cet ancrage muqueux requiert un contrôle de plaque irréprochable afin d'éviter les **tassements alimentaires** et **l'inflammation muqueuse** associée. Ces raisons incitent au développement d'autres techniques.



Figure 3 Photographies d'un Pendulum (20)

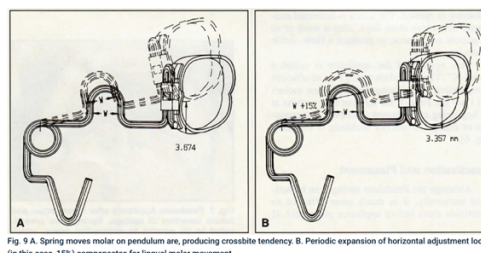


Fig. 9 A. Spring moves molar on pendulum arc, producing crossbite tendency. B. Periodic expansion of horizontal adjustment loop (in this case, 15%) compensates for lingual molar movement.

Figure 4 Schémas d'activation du bras en TMA du Pendulum (20)

- A. L'activation du bras en TMA entraîne une tendance à la contraction d'arcade et à l'occlusion inversée (en pointillés)
- B. Le réglage de l'oméga permet de compenser cette contraction et de maintenir la dimension transversale

(2) Dispositifs en glissement

Les appareillages intra-oraux en **mécanique par glissement** utilisent des arcs rigides pour prévenir de la version coronaire.

En glissement, les **forces de friction** entre le dispositif de distalisation et le tube (fourreau) de la molaire tendent à s'opposer au déplacement. Ces appareils doivent alors délivrer des forces suffisamment légères pour être biologiquement compatibles, mais supérieures aux forces de friction pour permettre le mouvement dentaire. Plusieurs paramètres vont influencer les capacités de glissement du système (5) :

- **Paramètres biologiques** : présence et qualité de la **salive**, présence de **plaque** dentaire et de tartre, corrosion
- **Paramètres physiques** :
 - **Dimension** et **section** de l'arc : la friction augmenterait avec l'épaisseur de l'arc, et serait plus importante avec des sections rectangulaires que des sections rondes.
 - **État de surface** du dispositif : les micro-aspérités de surface et les altérations électrochimiques consécutives à l'usure des pièces augmenteraient les forces de friction.
 - **Alliage** utilisé : le poli de surface dépendrait de la nature de l'alliage. Le coefficient de friction des aciers étant inférieur à celui du Nickel-Titane ou du Titane-Molybdène.

Ainsi, selon Drescher (21), plus de 60% des forces appliquées aux dents ne servent qu'à contrer la résistance au glissement. Ceci explique le développement d'alliage orthodontique « à basse friction ».

Parmi les distaliseurs par glissement, on compte le Keles Slider (22) et le Distal-Jet qui a été décrit par Carano en 1996 (23). Ils utilisent également une pastille de Nance pour un ancrage muqueux, associée à un ancrage prémolaire antérieur (Figure 5). Un ressort en NiTi de 150gf pour les enfants, et 250gf pour les adultes doit être comprimé tous les mois entre la pastille de Nance et le tube de la molaire à distaler. Selon les auteurs (24)(25), la force étant appliquée par un couple proche du centre de résistance de la molaire maxillaire, le Distal-Jet induirait moins de distorsion coronaire et d'égression molaire que le GMD (Figure 6) et les FEO cervicales.

Ces appareils intra-oraux en glissement ont augmenté la part de translation des molaires par leur rigidité, mais avec une **perte d'ancrage antérieure importante**, quantifiée entre 24 et 55% (26).



Figure 5 Vue occlusale d'un Distal-Jet (27)



Figure 6 Vue occlusale d'un Greenfield Molar Distalizer (GMD)
Source : staalab.com

c) *Limites des dispositifs de distalisation conventionnels*

Outre l'utilisation de boucles et de ressorts superélastiques, l'utilisation d'aimant a aussi été décrite (28), associée à un ancrage muqueux palatin, ainsi que des plaques palatines à vérins (29). La distalisation maxillaire peut également se réaliser en utilisant un ancrage mandibulaire, lors d'utilisation de tractions inter-maxillaires (TIM) élastiques de classe II ou l'utilisation de Forsus et bielles apparentées. Mais ceux-ci sollicitent l'arcade mandibulaire, nécessitent une coopération du patient et présentent un inconfort de port important.

Dans une revue systématique de 2008 (30), Kinziger rapporte une distalisation molaire allant de 0.90 mm à 5.1 mm, tout dispositif conventionnel confondu ; avec une moyenne de 2.7 mm sur 27 études. Les dispositifs inclus dans cette étude étaient le Pendulum, le Pendulum K, les Magnets, les Supercoils, le Jones Jig et le Distal-Jet. Mais ces techniques dites conventionnelles impliquent un ancrage dentaire prémolaire et/ou antérieur et une structure métallique et/ou une pastille de Nance en résine appliquée sur le palais antérieur. Tous ces éléments permettent un certain degré de **perte d'ancrage** selon la 3^e Loi de Newton, et présentent alors des effets parasites importants : (3,31,32) (Figure 7)

- **Distorsion** coronaire des molaires maxillaires, entraînant une **égression** relative des cuspides mésiales et une **rotation horaire de la mandibule**, donc une ouverture de la dimension verticale antérieure de la face
- **Perte d'ancrage antérieure** :
 - Vestibuloversion incisive
 - Mésialisation des dents d'ancrage antérieures
- **Perte d'ancrage postérieure** : lors de la rétraction des dents antérieures, entraînant ainsi une **récidive** de la classe II molaire. Ngantung et al. rapportent un mouvement mésial de la première molaire maxillaire de 3.9mm en moyenne après leur distalisation, lors de la deuxième phase des traitements avec le Distal jet.

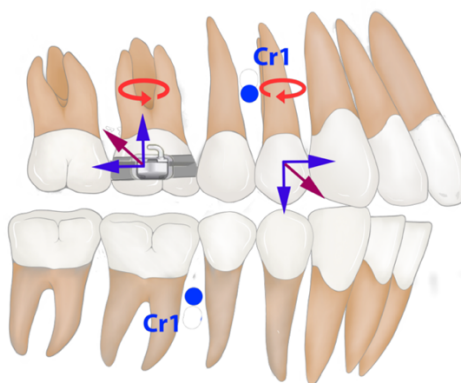


Figure 7 Schéma des effets dento-alvéolaires des appareils de distalisation maxillaire conventionnels
 Source : Marie Douce. Apports et effets dento-squelettiques du Carriere® Motion 3D™ Appliance (CMA) dans le traitement des malocclusions de classe II : revue systématique et méta-analyse. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022.

Il semble important de souligner que la perte d'ancrage antérieure est majorée (10° de vestibuloversion de l'incisive maxillaire) lorsque les dents antérieures sont appareillées. En effet, la valeur d'ancrage des dents mobilisées diminue. (24)

De plus, de par leur conception, ces appareils conventionnels rendent difficile le traitement des classes II subdivisions sans avoir des effets parasites sur le côté en classe I.

B. Ancrages squelettiques et distalisation

1. Définition des mini-implants

En orthodontie, les **ancrages osseux temporaires** sont des systèmes fixés temporairement dans l'os pour renforcer l'ancrage, généralement sous forme de **mini-implants** ou mini-plaques. Ils permettent d'obtenir un **ancrage absolu** et donc d'éviter la perte d'ancrage, c'est à dire le déplacement de l'unité d'ancrage en réaction à la force appliquée pour déplacer les dents. (32)

L'idée d'utiliser l'os pour obtenir un ancrage absolu remonte à 1945 avec Gainsforth et Hindley réalisant une rétraction canine sur des chiens. En 1969, Bränemark (33) développe le principe **d'ostéointégration** et introduit les implants comme remplacement des dents manquantes. Il décrit la capacité du tissu osseux à croître en contact direct avec les biomatériaux composant les implants dentaires.

La première étude clinique a été publiée en 1983 avec l'utilisation de vis en vitallium par Creekmore et Ekund. Puis, c'est en 1997 que Kanomi (7) décrit un mini-implant spécifiquement à usage orthodontique et en 1998 que Sugawara présente ses plaques d'ancrage Skeletal Anchorage System (SAS) dans le traitement des classes III. Enfin, dans la décennie suivante, les ancrages zygomatiques ont été présentés.

Ces mini-implants n'utilisent pas l'ostéointégration comme les implants dentaires traditionnels, mais la **stabilité primaire par rétention mécanique**. (34) Ainsi, le mini-implant est inerte par rapport au tissu osseux environnant, ce qui facilite sa dépose en fin d'utilisation ou en fin de traitement.

Depuis, de nombreux modèles de mini-implants ont été développés, de différentes **tailles** (diamètre, longueur), composés de différents **alliages** et de designs différents

(anatomie du **col**, anatomie de la **tête** de mini-implant) (Figure 8). Actuellement, les mini-implants utilisés sont majoritairement en **alliage de titane** associé au vanadium et à l'aluminium, assurant leur **biocompatibilité** et augmentant les propriétés mécaniques du titane pur.



Figure 8 Différentes têtes et cols de mini-implants

Tête bouton / Tête bracket / Tête cruciforme avec/sans collerette / Tête lisse avec collerette / Tête pour TopJet / Tête pour Beneslider / Différents diamètres et différentes longueurs proposées

Sources : rmoeurope.com et tadman.de/tadman-beneslider

2. Indications

Selon Melsen (35), les mini-implants sont indiqués en orthodontie comme moyens d'ancrage :

- Lorsque le support dentaire est quantitativement et/ou qualitativement insuffisant pour un ancrage conventionnel (édentement, atteinte parodontale)
- Lorsque les forces sur l'unité d'ancrage génèreraient des mouvements indésirables
- Lorsque les mouvements voulus sont asymétriques dans les différents plans de l'espace
- Pour des mouvements d'ingression
- Dans certains cas, comme alternative à la chirurgie orthognathique.

L'augmentation des traitements chez l'adulte, l'inconfort et le défaut de coopération liés à l'usage des techniques conventionnelles ont conduit à la démocratisation des ancrages osseux temporaires. Ils sont finalement utilisés dans la correction de nombreuses malocclusions dans les **trois dimensions**, comme la correction de supraclusions sévères ou de sourires gingivaux (36), la correction d'insuffisances transversales maxillaires (37), la traction de dents incluses (38), la fermeture d'espaces d'extractions, les rétractions incisives ainsi que la **mésialisation** et la **distalisation maxillaire** et mandibulaire.

De plus, chez l'enfant en croissance, ces ancrages osseux rendraient possible d'inhiber ou de freiner le développement physiologique vertical et sagittal de la molaire maxillaire au profit du développement alvéolaire de la molaire mandibulaire en haut et en avant, contribuant à la réduction du décalage occlusal de classe II. (39)

Les ancrages osseux permettraient ainsi de **limiter les effets indésirables** tels que la perte d'ancrage et les mouvements de va-et-vient augmentant le risque de résorptions radiculaires. En évitant certains effets parasites, ils favoriseraient, lors de la distalisation, un mouvement plus proche de la translation de la molaire maxillaire (évitant les disto-versions récidivantes).

Les principales **contre-indications générales** à l'usage des ancrages squelettiques sont les mêmes que pour les actes d'implantologie : les pathologies osseuses, endocriniennes, immunitaires et vasculaires.

Les **contre-indications locales** seraient relatives et liées à l'espace disponible sur les arcades (distance inter-radicaire suffisante, proximité des éléments anatomiques) et surtout au contrôle de plaque qui doit être suffisant pour éviter les échecs de stabilité. En effet, les échecs de mise en place de mini-implants seraient liés à une inflammation des tissus péri-implantaires ou à un mauvais positionnement de celui-ci (qualité et/ou quantité d'os insuffisante.s). (40)

3. Utilisation et facteurs de risque

Les mini-implants peuvent être utilisés comme (41):

- **Ancrage direct** : le mini-implant est une unité d'ancrage à part entière, il constitue à lui seul le point d'application de la force, et sa ligne d'action passe par sa tête. Un générateur de force (chainette élastomérique, ressort) est directement attaché au mini-implant.
- **Ancrage indirect** : le mini-implant renforce l'unité d'ancrage, donc les dents sur lesquelles la force est appliquée. Le point d'application de la force est alors déporté.

Le **protocole** de pose est souvent décrit comme suivant :

- Asepsie péri- et endo-buccale puis anesthésie muqueuse
- Repérage de la zone d'insertion identifiée radiologiquement et topographiquement par sondage, permettant d'évaluer l'épaisseur gingivale/muqueuse
- **Vissage** :
 - Un pré-forage (2-3mm) ou forage peut être réalisé avant l'insertion du mini-implant, s'il n'est pas autoforant ou si l'os cortical est dense, pour éviter la fatigue du matériau et le risque de fracture du mini-implant
 - En cas de mini-implant autoforant et autotaraudant, l'insertion est directe, à l'aide d'un tournevis manuel ou un contre-angle.
- Contrôle de la stabilité primaire et contrôle radiographique du positionnement.

Selon Kim (42), l'utilisation d'un contre-angle serait liée à un meilleur taux de succès du mini-implant, en permettant un contrôle de la vitesse et de la pression exercées lors du vissage.

La plupart des études s'accorde sur la **mise en charge immédiate** des mini-implants, avec des forces légères (entre 50 cN et 2N). (32) Si la mise en charge le jour de la pose n'est pas possible, il conviendra d'attendre deux semaines pour appliquer les forces. Selon Chopra (43), la mise en charge immédiate n'influence pas le taux d'échecs des mini-implants.

Selon la méta-analyse de Papageorgiou (44) de 2012, on considère comme **échec** un mini-implant qui ne peut pas être utilisé pour assurer le rôle pour lequel il a été posé. On peut donc considérer comme échec les inflammations ou infections des tissus, une absence ou perte de stabilité primaire, une atteinte des structures dentaires ou anatomiques environnantes (sinus), une fracture du mini-implant ou des échecs biomécaniques tels que la perte d'ancrage, les bascules du plan d'occlusion etc.

A l'inverse, on considère comme **succès** l'absence de complication ou d'effet secondaire indésirable. Le taux d'échec décrit selon ces termes est de 13,5%, avec une plus grande

fréquence des échecs à la mandibule. Aucune différence significative en termes d'échec n'est décrite en fonction de l'âge, du sexe, du côté concerné, ni de la chronologie de mise en charge.

4. Position des mini-implants

Trois grands systèmes de distalisation des molaires maxillaires à l'aide d'ancrage osseux peuvent être décrits :

- Les systèmes par ancrage alvéolaire vestibulaires
- Les systèmes par ancrage zygomatique (vestibulaires)
- Les systèmes par ancrage palatin

Dans une revue systématique basée sur 22 articles, Mohamed et al. décrivent en 2018 une quantité de distalisation variant de 1.8 à 6.4mm, avec une moyenne de 3.9mm et une version molaire allant de 1.7 à 11.38°, tout type d'appareillage sur mini-implants confondus. (45)

a) *Mini-implants d'ancrage vestibulaire inter-radicaire*

Le site osseux vestibulaire est très **accessible** pour le praticien. La corticale vestibulaire maxillaire est jugée suffisamment épaisse chez les patients ayant terminé leur croissance pour assurer une bonne stabilité primaire. (46) Par contre, chez les patients plus jeunes, l'os cortical d'une épaisseur plus faible et la présence des germes des dents définitives peuvent être une contre-indication à la pose du mini-implant.

L'utilisation d'ancrage alvéolaire vestibulaire, généralement entre la deuxième prémolaire et la première molaire maxillaire permet de réaliser une distalisation maxillaire en un ou deux temps, selon la quantité de recul nécessaire (moins de 3mm ou plus de 3mm) (47).

Le recul **en masse** de l'arcade sur moins de 3mm (4) peut se faire en un temps en **ancrage direct** sur le mini-implant d'ancrage vestibulaire, à l'aide d'un ressort NiTi de 150gf entre un crochet distal à la canine et le mini-implant, sur un arc rigide acier .019x.025 (Figure 9).

Lors d'un recul de plus de 3mm, on utilisera un **ancrage indirect**, en deux temps. Dans un premier temps il s'agira de distaler le secteur postérieur en renforçant l'ancrage antérieur par le mini-implant. Puis, une fois le recul prémolaire réalisé, il faudra dans un second temps rétracter le bloc antérieur par **ancrage direct** sur le mini-implant.

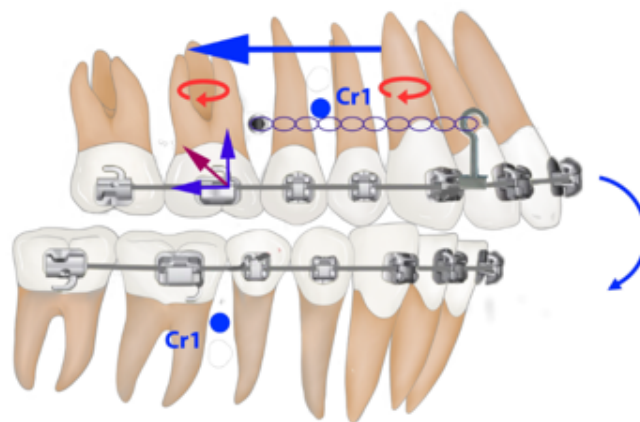


Figure 9 Schéma des effets dento-alvéolaires de la distalisation maxillaire en masse par mini-implant vestibulaire inter-radicaire

Source : Marie Douce. Apports et effets dento-squelettiques du Carriere® Motion 3D™ Appliance (CMA) dans le traitement des malocclusions de classe II : revue systématique et méta-analyse. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022. ffdumas-03843826

Lors de l'utilisation du mini-implant en position inter-radicaire, les auteurs emploient des forces de l'ordre de 200gf par quadrant (45).

Dans une revue systématique (48), Fudalej et al. concluent que le recul en masse (avec le Skeletal Anchorage System SAS) permettrait une distalisation moins importante que le recul dent par dent (avec le dual force distalizer). Ceci pourrait être expliqué par l'existence d'interférences entre les racines dentaires et le mini-implant, limitant ainsi le mouvement distal. Cependant, ces résultats sont à interpréter avec prudence car cette revue a été établie sur des articles de faible ou moyen niveau de preuve.

b) Mini-implants d'ancrage zygomatique

Les mini-implants ou mini-plaques d'ancrage peuvent également être mis en place sur le processus zygomatique de l'os maxillaire ou le processus maxillaire de l'os zygomatique (Figure 10). Leur mise en place est **plus complexe** et **invasive**, mais elle a comme avantage d'avoir un **meilleur taux de succès**, une plus grande résistance à des forces plus importantes, et la possibilité de reculer le maxillaire en un temps, grâce à l'absence d'interférence avec les racines dentaires. (49) De plus, ce positionnement est proche du centre de résistance de l'arcade maxillaire, diminuant les effets biomécaniques indésirables verticaux.

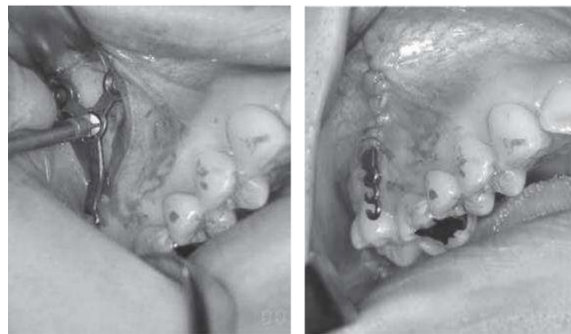


Figure 10 Vues endobuccales de mini-plaques d'ancrage zygomatique (50)

L'inflammation des tissus étant un facteur d'échec très courant, il est conseillé de laisser un espace d'un millimètre entre le col du mini-implant et la muqueuse gingivale (50).

Sugawara décrit le système SAS pour la distalisation des molaires maxillaires chez le patient adulte dans son étude de 2006 (51). Il s'agit de plaques en titane associées à des vis en titane de diamètre 2mm et de longueur 5mm insérées en mono-cortical sur le contrefort zygomatique. L'épaisseur corticale minimale décrite est de 2 à 3mm. Les forces orthodontiques peuvent débuter trois semaines après la mise en place du système SAS. La distalisation, sur un arc elgiloy bleu .018x.025, peut se faire dent par dent (Figure 11 - image A) avec une force appliquée de 200 gf ou en masse (Figure 11 - image B) avec une force de 500gf. Généralement, la force est générée par des ressorts ouverts en NiTi, ou des chainettes élastomériques.

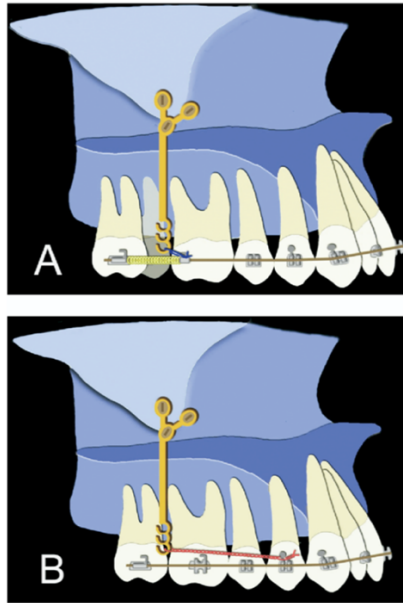


Figure 11 Schéma d'une mini-plaque d'ancrage zygomatique (51)

Grâce à ce système, Sugawara décrit un recul moyen de la couronne de la première molaire maxillaire de 3.78mm et de 3.20mm pour la racine en fin de traitement dans cette étude sur 25 patients sans croissance.

Cependant cette technique d'insertion verticale est plus difficile qu'en inter-radiculaire, et limite son indication aux praticiens expérimentés.

L'inconvénient de l'utilisation des ancrages maxillaires **vestibulaires inter-radiculaires** serait ainsi la nécessité de modifier la mécanique et donc la position du mini-implant après la phase de distalisation des molaires pour permettre le recul des dents antérieures. Celui de l'utilisation de **l'ancrage zygomatique** serait la difficulté de mise en place avec la présence du sinus maxillaire à proximité. Une solution pour pallier à ces écueils serait de positionner les mini-implants en **palatin**.

C. Distaliseurs à ancrage osseux palatin

Selon une méta-analyse publiée en 2021 (52), la distalisation sur mini-implants inter-radiculaires entraîne moins de distorsion de la molaire maxillaire mais également **moins de quantité de recul** qu'une distalisation sur mini-implants d'ancrage palatins. Il semble ainsi pertinent de s'intéresser spécifiquement à l'efficacité des différents appareils à ancrage osseux palatin dans la distalisation maxillaire.

Selon Bernhart et al. (53), l'aire palatine privilégiée pour le positionnement des mini-implants palatins se trouverait **6 à 9 mm en arrière des incisives maxillaires** et entre **3 et 6 mm de part et d'autre de la suture intermaxillaire**. Ceci correspond à « **l'aire en T** » décrite par Wilmes, située en regard des deuxièmes ou troisièmes papilles bunoïdes, sur le plan sagittal médian ou à 3 millimètres de la suture inter-maxillaire. (9) (Figure 12)

Une revue systématique (54) conclue en 2014 que la région située entre 3 et 4 mm du foramen incisif et entre 3 et 9 mm de la suture inter-maxillaire serait optimale. On y trouverait une **épaisseur d'os** optimale avec **l'absence de risques anatomiques**.

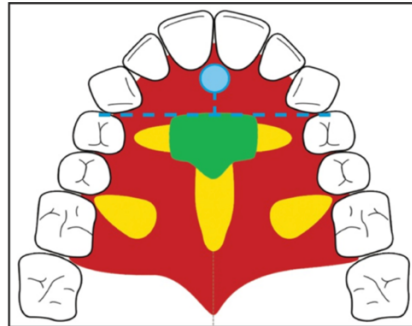


Figure 12 Schéma de « l'aire en T » (9)

Zone verte optimale ; Zone jaune : indication limitée en raison de la variabilité individuelle de l'épaisseur d'os ; Zone rouge : inadaptée car épaisseur de la muqueuse importante ou présence de faisceaux vasculaires ; en bleu : foramen incisif

On décrit une **excellente stabilité primaire** des mini-implants palatins, en comparaison avec les vestibulaires, notamment chez les enfants de moins de 15 ans ayant un os vestibulaire moins dense. (55) Le palais présente des qualités favorisant la mise en place des mini-implants : os cortical épais, recouvert d'une gencive attachée fixe et d'épaisseur suffisamment fine pour ne pas perturber la stabilité.

De plus, ce site présente l'avantage d'être **à distance des racines dentaires** et ainsi d'éviter les lésions radiculaires et les interférences avec le déplacement des dents tout au long du traitement.

La mise en place des mini-implants palatins nécessitera l'analyse de radiographies (téléradiographies de profil et/ou CBCT) afin d'optimiser l'axe d'insertion par rapport au niveau osseux et aux racines dentaires. Ensuite, celle-ci nécessite la réalisation d'une anesthésie locale superficielle des tissus mous, et d'un sondage permettant de mesurer l'épaisseur de la muqueuse présente. (32)

L'usage d'un tournevis sur contre-angle de longueur suffisante est nécessaire pour que le mouvement d'insertion ne soit pas bloqué par les dents antérieures maxillaires (Figure 13). (56)

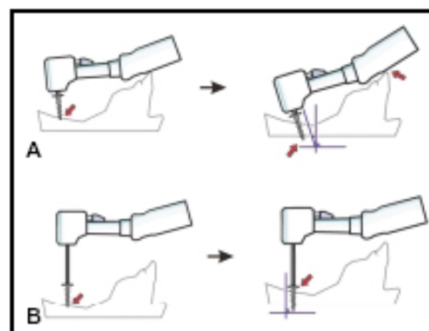


Figure 13 Schéma illustrant l'intérêt d'utiliser un contre-angle avec un tournevis de longueur suffisante (56)

Le taux de succès des mini-implants palatins a été estimé à 90.8% dans une étude de 2010 réalisée sur 128 patients (57) et celui des mini-implants palatins **antérieurs** à 98,4%, significativement supérieur à celui des mini-implants inter-radicaux de 71% (58).

Dans l'étude de Kim (57), les critères significatifs influençant le **succès** de leur mise en place étaient la **position** d'insertion dans la suture, la courbe d'apprentissage du praticien (le taux de succès augmente avec **l'expérience** du praticien) ainsi que le **nombre** de mini-implants mis en place. En effet, la présence de deux mini-implants solidarisés entre eux a montré une plus grande longévité et un risque de dévissage inférieur par rapport à la présence d'un unique mini-implant. Les autres facteurs de risque étudiés, tels que le mouvement réalisé, le diamètre du mini-implant ou la divergence squelettique du patient n'ont pas montré d'influence significative sur le succès du mini-implant.

La distalisation sur mini-implants peut être réalisée par technique de glissement ou par technique de boucles. Dans ce travail, nous avons choisi de nous focaliser uniquement sur les dispositifs en technique **par glissement**. Ils sont regroupés sous le terme de « distaliseurs », et correspondent aux appareils dans lesquels l'élément responsable de la force motrice exercée sur la dent est directement relié au mini-implant. Il s'agit donc d'une distalisation par **ancrage direct**.

Comme décrits dans les dispositifs conventionnels, ces dispositifs en glissement seront confrontés à la dissipation de la force appliquée par l'existence de forces de friction, diminuant l'amplitude de déplacement des dents.

Ces dispositifs en glissement doivent allier à la fois une rigidité du système (section importante) afin de contrôler les effets parasites et éviter les mouvements de versions (bowing effect), mais aussi une section réduite pour permettre le glissement de l'arc dans le tube de guidage. C'est cet équilibre glissement/contrôle qui différenciera éventuellement un appareil d'un autre.

Présenté en 2008 par Papadopoulos, le MISDS® (Miniscrew Implant Supported Distalization System) est le premier système de distalisation par glissement avec ancrage osseux palatin. Depuis, de nombreux autres dispositifs ont été décrits, notamment le Beneslider® par Wilmes en 2008 et le Topjet® de Kinzinger en 2006. Leurs dérivés et modifications feront l'objet d'une description dans ce travail, afin d'en comparer les spécificités de chacun. Ces appareils s'ancrent sur des mini-implants palatins antérieurs. Il existe également des distaliseurs en glissement à ancrage palatin postérieur, comme le MCPP® (Modified C-Palatal Plate) décrit par Kook en 2010.

À ce jour, ces distaliseurs sont nombreux à être décrits, mais aucune revue systématique n'a étudié les effets dento-alvéolaires en fonction du **design** du système employé. En effet, plusieurs revues systématiques se sont employées à comparer la quantité de distalisation en comparant l'usage d'ancrages osseux vestibulaires inter-radicaux, zygomatiques ou palatins, mais ils ne comparent pas les différents appareillages palatins entre eux. Or, les designs décrits sont multiples, et il semble donc intéressant de connaître les caractéristiques ainsi que les avantages et inconvénients de chacun.

D. Objectifs de l'étude

L'objectif principal de cette revue systématique est de décrire la **quantité de recul** de la **molaire maxillaire** obtenue grâce aux différents distaliseurs à ancrage osseux palatin en glissement en fonction de leur architecture. Il s'agira, en effet, de souligner les différences structurales entre les appareils utilisés, de préciser les designs de chacun et de comparer leur efficacité en termes de distalisation.

Les **objectifs secondaires** sont de décrire et comparer les effets obtenus dans les trois dimensions de l'espace sur les molaires, prémolaires et incisives maxillaires. Nous relèverons également les différences concernant les effets squelettiques et les modifications des tissus mous, mais aussi les facteurs influençant la quantité de recul de la molaire maxillaire obtenue par les différents distaliseurs à ancrage palatin en glissement.

II. Matériel et méthodes

Une **revue systématique** de la littérature a été réalisée conformément aux recommandations d'écriture des revues systématiques, dites recommandations PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (59), à partir des bases de données bibliographiques suivantes : Pubmed, Scopus et Web of Science, le 26 novembre 2023. Cette recherche avait pour objectif de retrouver tous les articles décrivant le traitement des classes II par distalisation maxillaire à l'aide d'ancrage osseux et répondait aux équations suivantes :

Dans Pubmed : (Malocclusion, Angle class II [MeSH] OR ("class II" OR "class II bite" OR "class 2")) AND ("distal molar movement" OR "distalisation" OR "distalization" OR "maxillary distalization" OR "intraoral distalizer*" OR "distalizer*" OR "orthodontic distalizer*") AND ("temporary skeletal anchorage*" OR "temporary palatal anchorage*" OR "microimplant*" OR "miniimplant*" OR "orthodontic implant*" OR "miniscrew*" OR "microscrew*" OR "skeletal anchorage system*" OR "palatal plate*" OR "temporary anchoring device*" OR "temporary anchorage device*" OR "skeletal anchoring" OR "miniscrew implant supported distalization system" OR "Beneslider" OR "MCP" OR "Longslider" OR "Topjet" OR "Implant distal jet" OR "miniscrew-supported distalizing device*" OR "distal screw appliance" OR "palatal anchorage plate*")

Dans Scopus : TITLE-ABS-KEY ("class II" OR "class 2" OR "angle class II malocclusion" OR "class II bite") AND TITLE-ABS-KEY (distalization OR distalisation OR "distal molar movement" OR "maxillary distalization" OR "intraoral distalizer" OR "distalizer*" OR "orthodontic distalizer") AND TITLE-ABS-KEY ("temporary skeletal anchorage" OR "temporary palatal anchorage*" OR "microimplant*" OR "miniimplant*" OR "orthodontic implant*" OR "miniscrew*" OR "skeletal anchorage system" OR "palatal plate" OR "temporary anchoring device*" OR "temporary anchorage device*" OR "skeletal anchoring" OR "miniscrew implant supported distalization system" OR "Beneslider" OR "MCP" OR "Longslider" OR "Topjet" OR "Implant distal jet" OR "miniscrew-supported distalizing device*" OR "distal screw appliance*" OR "palatal anchorage plate*")

Dans Web of Science : TS=("class II" OR "class 2" OR "angle class II malocclusion" OR "class II bite") AND TS=(distalization OR distalisation OR "distal molar movement" OR "maxillary distalization" OR "intraoral distalizer" OR "distalizer*" OR "orthodontic distalizer") AND TS=("temporary skeletal anchorage" OR "temporary palatal anchorage*" OR "microimplant*" OR "miniimplant*" OR "orthodontic implant*" OR "miniscrew*" OR "skeletal anchorage system" OR "palatal plate" OR "temporary anchoring device*" OR "temporary anchorage device*" OR "skeletal anchoring" OR "miniscrew implant supported distalization system" OR "Beneslider" OR "MCP" OR "Longslider" OR "Topjet" OR "Implant distal jet" OR "miniscrew-supported distalizing device*" OR "distal screw appliance*" OR "palatal anchorage plate*")

A. Critères de sélection

1. Critères d'inclusion

Les articles inclus devaient répondre aux critères PICO suivants :

a) *Type d'études*

Les articles en anglais et en français, disponibles en texte intégral, modèles animaux exclus, ont été pris en considération. Aucun filtre temporel n'a été appliqué.

Les études cliniques randomisées, les études cliniques prospectives ou rétrospectives non randomisées contenant au moins des mesures avant et après traitement par distaliseur en glissement avec ancrage osseux palatin uniquement ont été incluses.

b) *Type de participants*

Des adultes, des adolescents et des enfants sans distinction d'âge, de sexe ou d'ethnie, présentant une malocclusion de classe II nécessitant un traitement orthodontique ont été sélectionnés.

c) *Type d'intervention*

Les articles retenus devaient rapporter les effets d'un traitement orthodontique par un dispositif de recul des molaires maxillaires sur ancrage palatin antérieur ou postérieur par mécanique de glissement.

d) *Comparaison*

La comparaison des mesures pré- et post-traitement devait être répertoriée au minimum, permettant de quantifier le recul de la molaire maxillaire.

e) *Outcome : critère de jugement principal*

Le critère de jugement principal devait être la quantité de recul de la molaire maxillaire.

2. Critères de non inclusion et d'exclusion

Les articles rédigés et/ou disponibles uniquement dans une autre langue que le français ou l'anglais n'ont pas été inclus.

Les articles non accessibles en texte intégral n'ont pas pu être inclus.

Les méta-analyses ainsi que les revues systématiques ont été exclues, afin d'éviter les doublons. Les rapports de cas ont été exclus, car la majorité ne décrivent pas le design de l'appareillage utilisé, et/ou ne rapportent pas de valeurs chiffrées concernant la quantité de distalisation molaire obtenue.

Les articles ne décrivant pas l'échantillon, ou décrivant des traitements avec extractions (hors 3^e molaires) ou des appareillages sans ancrage osseux ou avec un ancrage osseux autre que palatin ou avec ancrage osseux et technique par boucles ont été exclus.

Ont été également exclus les articles décrivant les effets d'appareillages sur mini-implant palatin associé à du glissement vestibulaire dans le recul de la molaire maxillaire (ex : le

système MGBM qui présente une composante vestibulaire (ressorts) avec une technique en double câble (60)). De même, les appareillages associant un ancrage muqueux ont été exclus. Les études rapportant des analyses par éléments finis ont été exclues.

B. Recueil des données

La sélection des articles a été réalisée par deux examinatrices indépendantes, en double aveugle. La recherche bibliographique stratégique par mots-clés et équation de recherche a permis d'obtenir un pool d'articles. Après suppression des doublons, l'éligibilité de chaque référence a été évaluée sur le titre et le résumé, puis par lecture du texte intégral lorsque cela était nécessaire. Les bibliographies des articles retenus ont été vérifiées afin d'identifier des études supplémentaires pertinentes pour cette revue systématique.

1. Collecte des données

Le système PICO a été utilisé pour extraire les données des articles sélectionnés pour une partie des résultats, retranscrites sous forme de tableau à entrées multiples.

Les caractéristiques suivantes ont été extraites des études retenues de manière standardisée et synthétisées sous forme de tableaux :

Dans un premier tableau : les **caractéristiques des appareillages utilisés** :

- Nombre, position, taille des mini-implants, type de connexion entre eux
- Moyen de connexion aux molaires maxillaires
- Caractéristiques du dispositif de distalisation : générateur de force et force appliquée
- Présence ou non d'appareillage multi-attaches concomitant
- Fréquence d'activation

Dans un deuxième tableau : les **caractéristiques des études incluses** :

- Auteurs, année de publication, type d'étude
- Caractéristiques des participants :
 - o Taille de l'échantillon et nom des groupes
 - o Âge et sexe des participants
 - o Principaux critères d'inclusion
- Type d'intervention :
 - o Appareillage utilisé
 - o Durée moyenne de traitement
- Critères de jugements et méthode d'évaluation
- Principaux résultats de l'étude

Dans un troisième tableau : notre **critère de jugement principal**, et les critères de jugements secondaires :

- Les mouvements dentaires :
 - o **Quantité de recul de la couronne et de la racine de la première molaire maxillaire en millimètres**
 - o Quantité de version de la première molaire maxillaire en degrés
 - o Quantité d'ingression ou égression de la première molaire maxillaire en millimètres

- Quantité de diminution ou augmentation du surplomb en millimètres
- Quantité déplacement sagittal de la couronne de l'incisive maxillaire en millimètres
- Quantité de rotation du plan d'occlusion en degrés
- Les effets squelettiques : modifications du SNA et de l'ANB en degrés
- Les effets sur les tissus mous :
 - Modification de l'angle naso-labial en degrés
 - Quantité de déplacement de la lèvre supérieure par rapport à une référence verticale en millimètres
- La présence ou non des deuxième molaires maxillaires sur l'arcade lors de l'intervention

2. Méthode d'évaluation de la qualité des études incluses

L'évaluation de la **qualité des études** incluses a été faite à selon les grades de la Haute Autorité de Santé HAS (61) , décrivant trois niveaux de preuve distincts :

- **Grade A** : preuve scientifique établie
- **Grade B** : présomption scientifique
- **Grade C** : faible niveau de preuve scientifique

L'évaluation des **risques de biais** des études a été faite à l'aide d'outils préalablement établis pour les études de cohortes prospectives et rétrospectives d'une part avec l'outil ROBINS-1 (62), et pour les essais cliniques randomisés d'autre part, avec l'outil RoB 2 (63). Ces deux outils ont été développés par la fondation Cochrane. Pour chacune de ces évaluations, un tableau récapitulatif du niveau de risque de biais global a été généré, à l'aide de l'outil Robvis®.

Pour les études non randomisées, les risques de biais de **l'outil ROBINS-1** sont répartis en sept domaines :

- Domaine 1 : Biais dû à la **confusion**, comprenant le biais de sélection, biais d'affectation et le biais dû aux types de cas
- Domaine 2 : Biais dans la **sélection** des participants à l'étude
- Domaine 3 : Biais dans la **classification** des interventions : dû à l'erreur de classification, biais d'information, biais de mesure, biais des observateurs
- Domaine 4 : Biais dû à des déviations par rapport aux interventions prévues
- Domaine 5 : Biais dû à des données manquantes, biais **d'attrition**
- Domaine 6 : Biais dans la **mesure** des résultats
- Domaine 7 : Biais dans la **sélection** des résultats rapportés : biais dans la déclaration des résultats, biais dans la production de rapports sur l'analyse

Pour les études randomisées, les risques de biais de **l'outil RoB2** étaient :

- Domaine 1 : Biais provenant du processus de randomisation
- Domaine 2 : Biais du aux déviations des interventions prévues
- Domaine 3 : Biais du aux données manquantes sur les résultats
- Domaine 4 : Biais dans la mesure du résultat
- Domaine 5 : Biais dans la sélection du résultat apporté

III. Résultats

Lors de l'identification initiale, les trois équations de recherche nous ont permis d'identifier 413 références, 150 dans la base de données Pubmed, 148 pour Scopus, et 115 dans Web of Science. Deux références ont été ajoutées par la recherche bibliographique manuelle. Après suppression des doublons, et élimination des références ne répondant pas aux critères d'inclusion, **25 articles** ont été inclus dans la revue systématique.

La figure ci-dessous illustre le diagramme de flux PRISMA (64).

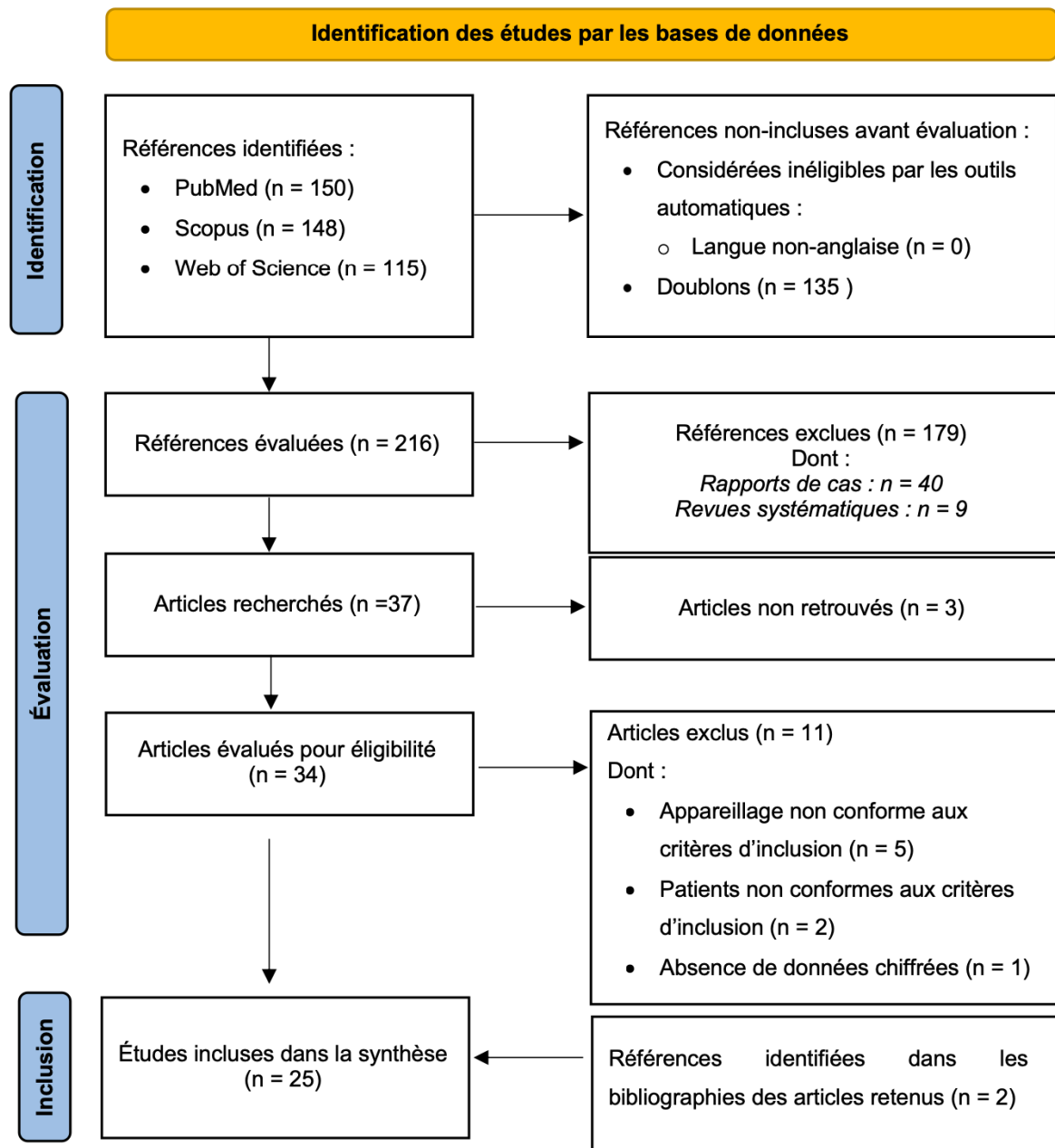


Figure 14 Diagramme de flux PRISMA 2020

Cette revue comprend un total de 25 articles rédigés en anglais. Parmi ceux-ci, un essai clinique randomisé a été inclus (**grade B**), et vingt-quatre études de cohorte non randomisées, pour la plupart rétrospectives ont été intégrées (**grade C** de preuve scientifique selon la HAS).

Les dates de publication de ces articles publiés entre 2009 et 2023 sont répertoriées dans le diagramme suivant :

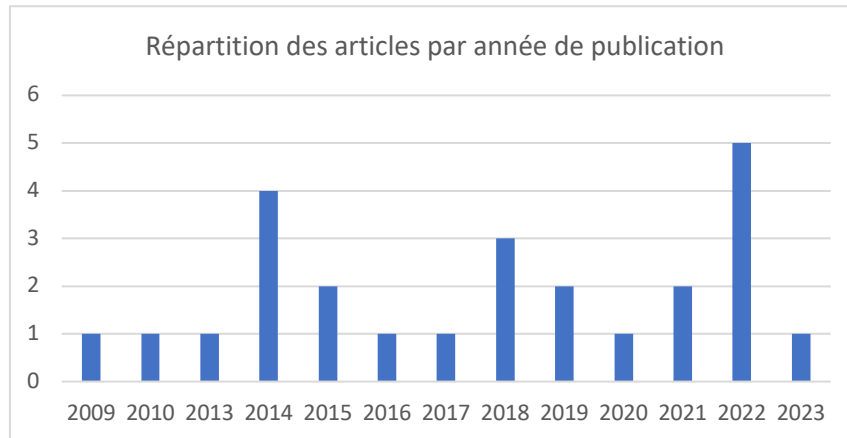


Figure 15 Histogramme de répartition du nombre d'articles par année de publication

Concernant le pays de publication des articles, qui correspond au lieu de réalisation des études, la Corée du Sud et l'Allemagne sont les plus représentées dans cette revue, avec respectivement 13 et 5 articles. La répartition des différents pays est représentée dans l'histogramme ci-dessous.

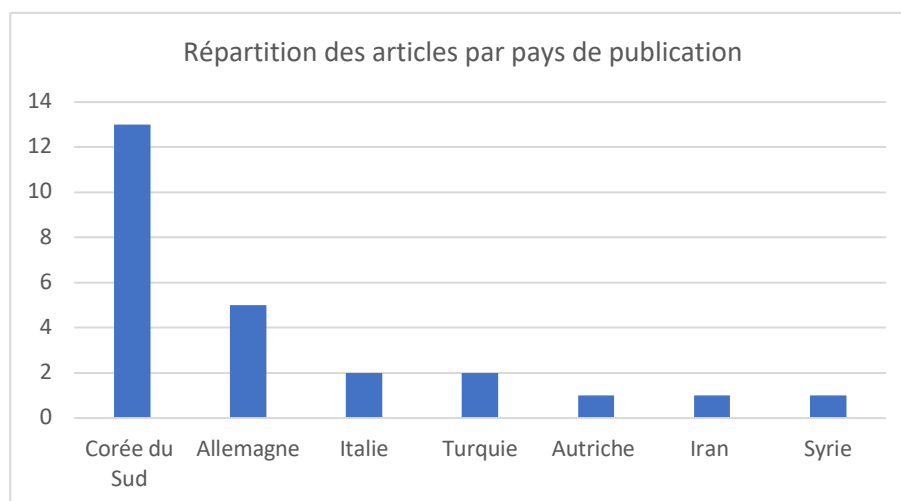


Figure 16 Histogramme de répartition du nombre d'articles par pays de publication

Les articles coréens portaient tous sur le MCP. Les articles allemands concernaient le Beneslider et le Longslider. Les articles italiens concernaient le Distal-Jet sur Mini-Implants.

Les groupes de distalisation maxillaire en glissement avec ancrage osseux palatin ont constitué un ensemble de 553 patients, avec pour critère d'inclusion principal une malocclusion de classe II division 1, avec un encombrement maxillaire modéré, et une absence d'extraction dentaire pendant le traitement. **Neuf appareillages** de distalisation maxillaire en glissement avec ancrage osseux palatins différents ont été décrits.

A. Description des différents distaliseurs à ancrage osseux palatin par mécanique de glissement

Neuf distaliseurs à ancrage osseux palatin en glissement ont rempli les critères d'inclusion de cette revue. En effet, ils avaient tous pour objectifs de traiter la classe II par recul de la molaire maxillaire en glissement.

Il s'agissait donc :

- Du MCPP : Modified C-Palatal Plate
- De la plaque palatine coulée
- Du MMAMMD : Midpalatal Miniscrew Assisted Maxillary Molar Distalizer
- Du Beneslider
- Du Longslider
- Du DJMI : Distal-Jet sur Mini-Implants
- Du Top-Jet
- Du MIA-TPA : Mini-Implant Aided Trans-Palatal Arch
- Du MISDS : Miniscrew Implant Supported Distalization System

Ils s'appuient tous sur des mini-implants en **ancrage direct** ; reliés aux molaires maxillaires baguées et présentent tous une **structure rigide** en acier ou elgiloy.

Parmi les neuf appareils utilisés dans les 25 articles retenus, seul le MCPP présente trois mini-implants, les autres en présentent deux.

Le MCPP fonctionne à l'aide d'une mécanique d'activation en traction par chaînette élastomérique ou ressort NiTi fermé. Les mini-implants se situent dans une position paramédiane, et plutôt « postérieure », en regard du point de contact interdentaire entre la deuxième prémolaire et la première molaire maxillaire. Un appareillage multi-attaches vestibulaire est positionné dans le même temps thérapeutique afin d'obtenir une distalisation en masse. (Figure 17)



Figure 17 Photographie en vue occlusale du MCPP (65)

Les autres distaliseurs se composent de deux mini-implants.

La **plaque palatine coulée** (Figure 18) et le **MMAMMD** (Figure 19) sont des dérivés du MCPP, ils fonctionnent également par mécanique d'activation en traction entre les mini-implants « postérieurs » et un arc transpalatin à proximité des collets des dents et relié aux premières molaires. Ils ont également pour objectif de permettre une distalisation en masse de l'arcade maxillaire, par la mise en place de l'appareillage multi-attaches vestibulaire à la pose du distaliseur.



Figure 18 Photographie en vue occlusale de la plaque palatine coulée (66)



Figure 19 Photographie d'un modèle maxillaire avec le MMAMMD (67)

Le **MIA-TPA** utilise également des mini-implants postérieurs et un arc palatin et une technique en traction, mais il ne connecte pas les mini-implants entre eux. (Figure 20)



Figure 20 Photographie en vue occlusale du MIA-TPA (68)

Le **Beneslider** (Figure 21), le **Longslider** (Figure 22), le **Distal-Jet sur Mini-Implants** (Figure 23) et le **MISDS** (Figure 24) s'ancrent sur des mini-implants plus antérieurs, situés entre la deuxième et la troisième papille buccoïde ou rugosité palatine (*rugae*).

Ces appareils s'activent en compression, à l'aide de ressorts NiTi ouverts bloqués par des stops vissés. Le guidage transversal et vertical est alors effectué par des bras palatins. Ils permettent une **distalisation séquentielle**, par le recul initial de la molaire maxillaire seule, suivie ensuite par la mise en place du multi-attaches dans un second temps ; ou une **distalisation en masse** si l'appareil multi-attache est positionné dans le même temps, avec un arc vestibulaire en acier de section importante (variable selon les études et le type de brackets utilisé). Le type de distalisation (séquentielle ou en masse) par ces appareillages était variable selon les études.



Figure 21 Photographie en vue occlusale du Beneslider (69)



Figure 22 Photographie d'un modèle maxillaire avec le Longslider (70)



Figure 23 Photographie en vue occlusale du DJMI (71) (72)



Figure 24 Photographie en vue occlusale du MISDS (73)

Seul le Top-Jet (Figures 25-26) ne peut s'appuyer que sur un mini-implant par côté, en cas de recul unilatéral. Sinon deux mini-implants non solidarisés entre eux sont positionnés, au niveau de la zone dite M4 : sur la ligne reliant les premières prémolaires, à égale distance entre celles-ci et la suture palatine. Il fonctionne également en mécanique de compression d'un ressort NiTi ouvert, mais activé par un système de « clip » permis par un bras télescopique présentant différents crans.



Figure 25 Photographie en vue occlusale du Top-Jet (74)

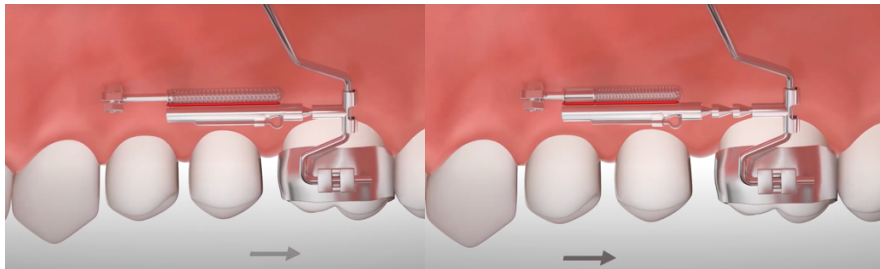


Figure 26 Schéma d'activation du Top-Jet
Source : rmoeurope.com/distaliseur-topjet/




Les mini-implants utilisés varient entre **1.4 et 2mm de diamètre** et **8 et 14mm de longueur**. La plupart des dispositifs nécessite des mini-implants spécifiques au distaliseur utilisé, notamment au niveau de leur col afin de pouvoir positionner l'élément connecteur.





Les forces appliquées varient entre 150 gf par côté (MIA-TPA) et 600 gf par côté (Longslider), avec une majorité située autour de 300 gf.





La fréquence d'activation rapportée varie entre 2 semaines (MCPPE étude de Kim 2022) et 3-4 semaines pour les autres appareillages, sauf le Longslider qui ne nécessite qu'une seule activation réalisée lors de sa mise en place.

L'ensemble des caractéristiques de ces neuf distaliseurs est répertorié dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 Caractéristiques des neuf distaliseurs étudiés

Distaliseur	Articles : Nombre (Réf)	Mini-implant				Superstructure : connexion aux molaires	Dispositif de distalisation : force motrice		Présence d'un multiattache concomitant	Fréquence d'activation
		Nombre	Position palatine	Taille Diamètre / Longueur	Connexion entre mini- implants		Générateur de force	Force par côté		
<p>MCPP</p> 	12 (65,75– 85)	3	Paramédiane Entre U5-U6 2 postérieures et 1 antérieure	2/8 mm	Plaque palatine avec trois encoches à chaque extrémité Espacée de 2mm de la voûte palatine Positionnée à l'aide d'un jig de transfert	Arc palatin 1mm de diamètre soudé aux bagues sur U6, avec deux crochets antérieurs	Chainettes élastomériques ou ressorts NiTi fermés	300 gf (240gf (75))	Oui	3-4 semaines (2 semaines (75))
<p>Plaque palatine coulée</p> 	1 (66)	2	Paramédiane Entre U5-U6	1.6/8mm	Barre en vitalium avec 2 orifices de 2mm de diamètre et 1 crochet à chaque extrémité à 10mm du niveau de l'arc principal	Arc palatin avec deux crochets antérieurs, inséré dans les fourreaux de bagues de U6	Chainettes élastomériques	200 gf	Oui	3-4 semaines
<p>MMAMMD</p> 	1 (67)	2	Paramédiane 2 à 3mm de part et d'autre de la suture Sur la ligne reliant les U6	? Avec gorges .0215x.025 0 inch	Arc rectangulaire avec des crochets en direction distale à ses extrémités, inséré dans la gorge des vis	Arc palatin 0.8-0.9 mm inséré dans les fourreaux de U6 avec 2 crochets antérieurs en en direction mésiale Longueur variable	Chainettes élastomériques ou ressorts fermés NiTi	?	Oui	?

Distaliseur	Articles	Nombre	Position	Taille	Connection entre MI	Superstructure	Générateur de F	Force	Multiattache	Fréq activ
Beneslider 	4 (69,86–88)	2	Médiane ou paramédiane Une antérieure : 2 ^e rugae et 3 ^e rugae Une postérieure située à 6-8mm de la première	2/11 ou 2/9 mm en <u>antérieur</u> 2/7 ou 2/8 ou 2/9 mm en <u>postérieur</u>	<i>Beneplaque</i> avec bras d'extension 1.1mm acier à adapter à la courbure de la voûte palatine et parallèle au plan d'occlusion À distance de 1mm de la muqueuse	<i>Benetube</i> inséré dans les fourreaux des bagues de U6 et présentant un fourreau pour loger le bras de la <i>Beneplaque</i> 	Ressort ouvert NiTi activé par un stop vissé	400-450gf 240gf 2.4N sans U7 5.0N avec U7 à partir du 3 ^e mois	Variable selon les études	4 semaines
Longslider 	1 (70)	2	Médiane	?	<i>Beneplaque</i> avec tige guide transpalatine incurvée 1.1mm soudée, pliée verticalement en mésial de U6 à hauteur de sa furcation	Manchon de guidage : bague molaire double tube sur laquelle un <i>Benetube</i> de 1.15mm de diamètre est soudé en palatin, avec deux crochets antérieurs	2 ressorts fermés, maintenus ouverts par un stop vissé sur la tige guide, présentant les deux crochets postérieurs	600gf	Non	4 semaines
Distal-Jet sur Mini-Implants 	3 (71,72,89)	2	Paramédiane Antérieure en mésial des U4	Variable selon CBCT 1.6/8-9mm	Plaque vissée soudée à un arc acier à direction distale Pour Kinzinger (72) : arc acier au contact distal des vis, avec appuis occlusaux sur U5, ensemble sécurisé au composite	Tube déporté en apical de la molaire, relié à la bague molaire d'une part et permettant à l'arc acier de coulisser d'autre part	Ressort ouvert NiTi superélastique télescopiques	200 à 250cN	Non	4 semaines

Distaliseur	Articles	Nombre	Position	Taille	Connection entre MI	Superstructure	Générateur de F	Force	Multiattache	Fréq activ
Top-Jet 	1 (74)	1 si classe 2 unilatérale 2 si bilatérale	Paramédiane Antérieure Sur la ligne reliant les U4, à égale distance de U4 et de la suture palatine = « position M4 »	2/10 ou 2/12 ou 2/14 mm	Aucune Un système de clip relie le dispositif télescopique au col de la vis	Arc transpalatin Elgiloy bleu ou acier .036'' inséré dans les bagues de U6	Barre télescopique de longueur ajustable avec butée de caoutchouc qui s'active par incréments de 1.5mm Longueur entre 14 et 28mm  (cf. Figure 27)	250 ou 360 cN	Variable	?
MIA-TPA 	1 (68)	2	Interdentaire Entre U5 et U6, à 5-6 mm de la crête gingivale	1.4 ou 1.6 ou 2.0 mm diamètre 8-10 mm longueur	Aucune	Arc transpalatin 0.8 mm acier inséré dans les fourreaux de bagues de U6 Avec 2 crochets en regard des U2	Module élastique ligaturé au crochet de l'arc transpalatin par une ligature métallique	?	Oui	?
MISDS (90) 	1 (73)	2	Paramédiane 3-4 mm de part et d'autre de la suture Antérieure : 4-5mm postérieure au foramen incisif	2/8 mm	Arc .036'' avec deux boucles antérieures, parallèle au plan d'occlusion ; ligaturé en métal aux vis	Tubes de .045'' de diamètre soudés en palatin des bagues molaires, verticalement à hauteur des apex molaires (10-13mm sous la face occlusale de U6)	Ressort ouvert NiTi comprimé par un stop vissé	230gf	?	4 semaines

U6 : première molaire maxillaire ; U5 : deuxième prémolaire maxillaire ; U4 : première prémolaire maxillaire ; U2 : incisive latérale maxillaire ; ? : non spécifié dans l'article ; rugae : rugosité palatine = papille bunoïde – Source des images des composants du Beneslider : orthomax.com.au

B. Description des études

Douze des études incluses, incluant un total de **296 patients**, ont utilisé le MCPP (Modified C-Palatal Plate) pour réaliser une distalisation maxillaire en masse. Huit de ces études intéressaient 184 adultes (75,76,79–83,85), et cinq intéressaient 112 adolescents (65,77–79,84). Une des études décrivait un dérivé du MCPP, la plaque palatine coulée (66).

Dans quatre études (69,86–88), le Beneslider a été utilisé sur **127 patients**, dont des adolescents et des adultes. Une étude pilote décrivait le Longslider, un dérivé du Beneslider, sur **6 patients** (70).

Trois études décrivaient les effets du Distal-Jet sur Mini-Implants (DJMI), impliquant **42 patients** en cours de croissance (71,72,89).

Le Top-Jet (74), le MMAMMD (Midpalatal Miniscrew Assisted Maxillary Molar Distalizer) (67), le MIA-TPA (Mini-Implant Aided Trans-Palatal Arch) (68) et le MISDS (Miniscrew Implant Supported Distalization System) (73) ont été retrouvés chacun dans une seule étude, présentant respectivement **15, 7, 26 et 14 patients**.

Les **groupes de contrôle ou de comparaison** étaient soit non traités (56 patients), ou traités par d'autres techniques, comme les extractions de prémolaires (57 patients), les mini-implants vestibulaires (61 patients), les Forces Extra Orales (43 patients), le Greenfield Molar Distalizer (18 patients), le Distal-Jet (34 patients), le Pendulum et apparentés (21 patients). Dans certaines études, le même appareil était utilisé dans les deux groupes, mais les participants présentaient des caractéristiques initiales distinctes, telles que le volume sinusien, la divergence squelettique ou la présence ou non des deuxièmes molaires sur l'arcade. Dans d'autres études, il n'y avait pas de groupe contrôle.

La **taille des groupes** étudiés variait entre dix et vingt-cinq personnes, sauf dans l'étude de Longerich en 2014 où 6 patients ont été inclus, et dans l'étude de Mah en 2016 incluant 4 patients dans chaque groupe. Dans l'ensemble des échantillons étudiés, la population féminine était la plus représentée.

La **durée du traitement** par distalisation maxillaire variait entre 5.9 mois avec le Top-Jet, et 38.6 mois avec le MCPP ; cependant il n'était pas toujours précisé s'il s'agissait de la durée du traitement global de la classe II, ou de la durée de la distalisation de la molaire maxillaire pour obtenir une classe I molaire.

Dans la majorité des études, les **critères de jugement principaux** étaient évalués sur des téléradiographies de profil, par comparaison d'analyses céphalométriques sur les radiographies prises avant puis après la distalisation. Dans quatre études les mesures étaient faites à l'aide d'imagerie tridimensionnelle CBCT (Cone Beam Computed Tomography), et dans huit études, les mesures ont été réalisées sur des modèles numériques. Les critères évalués étaient les modifications dentaires telles que les déplacements de la molaire maxillaire dans les trois dimensions de l'espace, parfois les déplacements des prémolaires et/ou des incisives maxillaires et/ou mandibulaires. Les évaluations sur modèles ont permis de mettre en

évidence les rotations de la molaire maxillaire, ainsi que sa translation dans la dimension vestibulo-palatine.

Les modifications squelettiques ont été également évaluées, avec les variations des angles SNA, SNB, ANB, FMA...

Les changements en regard des tissus mous étaient les moins mesurés en fréquence, avec huit études les évaluant, toutes suite à l'utilisation du MCPP ou sa dérivée la plaque palatine coulée.

Une étude (82) a évalué les modifications des voies aériennes suite à la distalisation maxillaire.

Dans l'ensemble des études, la distalisation de la molaire maxillaire par translation était significative, et quantifiée en millimètres.

Les caractéristiques des études incluses sont rapportées dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 Caractéristiques des études incluses

Auteurs, Année de publication (réf)	Type d'étude	Participants					Intervention		Comparaison	Critères de jugement		Résultats principaux de l'étude	
		Groupes	Taille de l'échantillon	Age (ans)	Sexe (F/M)	Principaux critères d'inclusion		Appareil		Durée (mois)	Critère principal		Méthode d'évaluation
Kim et al., 2022 (75)	Retro Av/Ap	M CPP Sinus procident	20	20.2 ±6.8	13/7	Cl II div1 <i>1/4 cusp : 37 côtés</i> <i>1/2 cusp : 13 côtés</i> <i>3/4 cusp : 8 côtés</i> <i>Full cusp : 12 côtés</i>		M CPP	26.0 ±13.0	M CPP sinus procident vs. M CPP sinus à distance	Modif. Squelettiques, dentaires et tissus mous	Ceph bilatérale sur CBCT	Distorsion U7 plus importante avec sinus procident Mouvements sagittaux et verticaux similaires pour U6
	1 centre		M CPP Sinus à distance	15	25.1 ±7.6				14/1				
Alfawaz et al., 2021 (76)	Retro Av/Ap	M CPP	25	22.5 ± 7.2	15/10	Cl II molaire Surplomb > 7mm <i>3/4 cusp : 10</i> <i>Full cusp : 15</i>		M CPP	26.5 ±6.0	M CPP vs. EP+MV	Modif. Squelettiques, dentaires et tissus mous	Ceph	Modif. squelettiques et diminution du surplomb similaires
	2 centres		EP + MV	21	23.4 ± 6.5								
Jung et al., 2021 (65)	Retro Av/Ap	M CPP Hypo-divergent	20	12.3 ± 1.5	22/18	FMA ≤22 Cl II sq (ANB >4) Enc <4mm	M CPP	14.9 ±1.5	M CPP hypo vs. hyper-divergents	Modif. Squelettiques, dentaires	Ceph	Distalisation U6 supérieure chez les hypodivergents	
	1 centre		M CPP Hyper-divergent	20				12.1 ± 1.1					FMA ≥28

Auteurs, année	Type	Groupes	Taille	Age	Sexe	Critères inclusion		Appareil	Durée	Comparaison	Critère principal	Méthode éval	Résultats
Park et al., 2021 (77)	Cohorte Retro	MCPP 1	15	13.2 ±1.32	10/5	Avec U7	Cl II molaire > 1/4 cusp	MCPP	18.1 ±13.12	MCPP 1 vs. MCPP 2 vs. Contrôle 1 Comparaison à long-terme (5.2 ans) MCPP 1 et 2 vs. Contrôle 2	Modif. Squelettiques, dentaires	CBCT	Distorsion moins importante quand présence U7 A long terme éruption normale des U7 dans MCPP2 Position favorable des U8 quel que soit le groupe
		MCPP 2	12	12.0 ±1.24	7/5	Sans U7	Enc modéré <5mm		13.1 ±7.04				
	Contrôle 1	20	12.65 ±1.14	8/12		Age 11-14 ans	Aucun traitement	12.9 ±4.04					
	Contrôle 2	15	19.4 ±1.69	11/4									
Alfaifi et al., 2020 (78)	Retro Av/Ap	MCPP	21	11.7 ± 1.3	12/9	Cl II div 1 Enc modéré <5mm <i>1/4 cusp : 4</i> <i>1/2 cusp : 7</i> <i>Full cusp : 10</i>		MCPP	38.6 ± 17.6	MCPP vs. GMD	Modif. Squelettiques, dentaires et tissus mous	Ceph	Distalisation de U6 sans version significatives dans les deux groupes Incisives maxillaires égressées significativemen t dans groupe GMD
	2 centres	GMD	18	11.2 ± 0.9	12/6	Cl II div 1 Enc modéré <5mm <i>1/4 cusp : 2</i> <i>1/2 cusp : 8</i> <i>Full cusp : 8</i>		GMD <i>(piston, ancrage muqueux, double câble)</i>	35.9 ± 15.3				
Shoaib et al., 2019 (79)	Retro Non contrôlée Av/Ap 1 centre	MCPP	23	20.1 [16;30]	14/9	Cl II div 1 <i>1/4 cusp : 16 côtés</i> <i>1/2 cusp : 13 côtés</i> <i>3/4 cusp : 12 côtés</i> <i>Full cusp : 5 côtés</i>		MCPP	12.2	MCPP Av/Ap Puis à long terme 3.5 [2.0-7.2] ans	Modif. Squelettiques, dentaires et tissus mous	Ceph	Stabilité des modifications squelettiques, dentaires et des tissus mous Récidive de 12% de la quantité de distalisation après 3.5 ans

Auteurs, année	Type	Groupes	Taille	Age	Sexe	Critères inclusion	Appareil	Durée	Comparaison	Critère principal	Méthode éval	Résultats
Jo et al., 2018 (80)	Retro Av/Ap 1 centre	M CPP	20	22.4 ± 6.3	16/4	Cl II div 1 Enc modéré <5mm Surplomb >4mm <i>1/4 cusp : 6</i> <i>1/2 cusp : 5</i> <i>3/4 cusp : 7</i> <i>Full cusp : 2</i>	M CPP	25.8 ± 10.8	M CPP vs. EP+MV	Modif. Squelettiques, dentaires et tissus mous	Ceph	Distalisation molaire significative avec M CPP Rétraction incisive supérieure avec EP
		EP+MV	20	24.6 ± 7.6	19/1	Cl II div 1 Enc modéré <5mm Surplomb >4mm <i>1/4 cusp : 7</i> <i>1/2 cusp : 8</i> <i>3/4 cusp : 1</i> <i>Full cusp : 4</i>	Extraction U4 et L4 + MV mésiale de U6	28.3 ± 7.3				
Lee et al., 2018 (81)	Retro Av/Ap 2 centres	M CPP	22	21.9 ±6.6	?	Cl II div 1 Normo-divergent Enc modéré ≤5mm	M CPP	?	M CPP vs. MV	Modif. Squelettiques, dentaires et tissus mous	Ceph	Distalisation et ingression de U6 supérieures avec M CPP Recul labial supérieur significatif avec M CPP
		MV	18	24.2 ±6.8	?		1 MV par côté, mésiale U6	?				
Park et al., 2018 (82)	Retro Av/Ap 1 centre	M CPP	17	21.5	Total : 27/6	Cl II div 1 <i>1/4 cusp : 18 côtés</i> <i>1/2 cusp : 9 côtés</i> <i>3/4 cusp : 1 côté</i> <i>Full cusp : 6 côtés</i>	M CPP	?	M CPP vs. EP	Modif. Squelettiques, dentaires et volume des voies aériennes	CBCT	Distalisation maxillaire signif avec M CPP sans déplacement significatif des dents dans le sens transversal Diminution non significative de l'espace aéropharyngé
		EP	16	22.9		Cl II div 1 <i>1/4 cusp : 21 côtés</i> <i>1/2 cusp : 6 côtés</i> <i>Full cusp : 5 côtés</i>	EP	?				

Auteurs, année	Type	Groupes	Taille	Age	Sexe	Critères inclusion	Appareil	Durée	Comparaison	Critère principal	Méthode éval	Résultats
Park et al., 2017 (83)	Retro Av/Ap 2 centres	MCPP	22	24.7 ±7.7	16/6	Cl II div 1 Enc maxillaire <5mm Enc mand <3mm <i>1/4 cusp : 5</i> <i>1/2 cusp : 4</i> <i>3/4 cusp : 9</i> <i>Full cusp : 4</i>	MCPP	29.9 ±11.9	MCPP vs. FEO	Modif. Squelettiques, dentaires et tissus mous	Ceph	Quantité de distalisation U6 supérieure avec MCPP, avec moins de distorsion et d'ingression Absence de différence squelettique ni des tissus mous entre les deux groupes
		FEO cervicale	22	23.0 ±7.7	16/6	Cl II div 1 Enc maxillaire <5mm Enc mand <3mm <i>1/4 cusp : 4</i> <i>1/2 cusp : 2</i> <i>3/4 cusp : 13</i> <i>Full cusp : 3</i>	FEO	24.1 ±9.1				
Sa'aed et al., 2015 (84)	Retro Av/Ap 2 centres	MCPP	24	12.42 ±1.69	18/6	Cl II div 1 Normo- divergent Enc <5mm <i>1/4 cusp : 8</i> <i>1/2 cusp : 6</i> <i>3/4 cusp : 8</i> <i>Full cusp : 2</i>	MCPP	28.0 ±8.2	MCPP vs. FEO	Modif. Squelettiques, dentaires	Ceph	Absence de différence significative entre les deux groupes
		FEO	21	12.05 ±1.40	10/11	Cl II div 1 Normo- divergent Enc <5mm <i>1/4 cusp : 4</i> <i>1/2 cusp : 8</i> <i>3/4 cusp : 8</i> <i>Full cusp : 1</i>	FEO	28.9 ±10.5				

Auteurs, année	Type	Groupes	Taille	Age	Sexe	Critères inclusion	Appareil	Durée	Comparaison	Critère principal	Méthode éval	Résultats
Kook et al., 2014 (85)	Retro Av/Ap Non contrôlée 1 centre	MCPP	20	22.9 [17.3 ;33]	13/7	Cl II molaire <i>1/4 cusp : 15 côtés</i> <i>1/2 cusp : 12 côtés</i> <i>3/4 cusp : 7 côtés</i> <i>Full cusp : 6 côtés</i>	MCPP	12.5	Pas de contrôle MCPP Av/Ap	Modif. Squelettiques, dentaires	Ceph bilatérale sur CBCT	Distalisation de U6 en minimisant sa mésioversion et son extrusion Pas de différence significative si absence ou présence de U8
Raghis et al., 2023 (66)	ECR 1 centre	Plaque palatine coulée	20	18.8 ±2.8	15/5	Cl II dentaire Normodivergent Enc < 5mm	Plaque palatine coulée	11.2 ±3.7	PP vs. MV	Modif. Squelettiques, dentaires et tissus mous	Ceph	Quantité de recul U6 plaque supérieure à MV Ingression et distorsion plus imp avec plaque, non significatif Diminution ANB avec plaque seulement
		MV	20	21.1 ±3.0	18/2		MV entre U6 et U7	13.03 ±3.11				
Tunçer et al., 2022 (69)	Retro Av/Ap 1 centre	Beneslider	21	14.8 ±1.8	17/4	Cl II molaire bilat ≥ 1/2 cusp	Beneslider	15 ±5	Beneslider vs. MBDA vs. Contrôle	Modif. Squelettiques, dentaires	Ceph Modèles numériques à partir d'empreinte PVS	Quantité de distalisation radiculaire de U6 plus importante avec 3D-MBDA et mésioversion de U6 Distorsion de U6 avec Beneslider
		3D-MBDA sur MV	23	15.5 ±2.2	19/4		3D-MBDA sur 2 MV	14 ±4				
		Contrôle	21	15.3 ±1.7	17/4		Aucun	14 ±3				

Auteurs, année	Type	Groupes	Taille	Age	Sexe	Critères inclusion		Appareil	Durée	Comparaison	Critère principal	Méthode éval	Résultats
Longerich et al., 2022 (86)	Pro Av/Ap 1 centre Non contrôlée	Beneslider 1	16	12.3 ±1.7	10/6	Sans U7	Indica- tion de distali- sation max	Beneslider	18.5 ±8.28	Beneslider sans M2 vs. Beneslider avec M2	Modif. Squelettiques, dentaires	Ceph Modèles	Pas de différence significative avec et sans U7, translation distale de U6 Absence d'effets squelettiques significatifs
		Beneslider 2	21	16.0 ±4.2	11/12	Avec U7		Beneslider	20.0 ±10.3				
Nienkemper et al., 2014 (87)	Retro Av/Ap 1 centre Non contrôlée	Beneslider 1	14	11.5 ±1.5	9/5	Ado Sans U7	Cl II molaire	Beneslider	6.9 ± 1.6	Beneslider sans M2 vs. Beneslider avec M2 ado vs. Beneslider avec M2 adulte	Modif. dentaires	Ceph	Distalisation par translation dans les 3 groupes sans différence significative Intérêt d'augmenter les forces appliquées lorsque les U7 sont présentes
		Beneslider 2	23	13.7 ±1.8	11/12	Ado avec U7		Beneslider					
		Beneslider 3	14	30.9 ±9.5	10/4	Adultes		Beneslider					
Wilmes et al., 2010 (88)	Retro 1 centre Non contrôlée	Beneslider	18	[10-47]	10/8	?		Beneslider	[6-10]	Pas de contrôle Beneslider Av/Ap	Modif. dentaires	Ceph Modèles	Distalisation significative de U6 par translation avec effets indésirables négligeables
Longerich et al., 2014 (70)	Pro 1 centre Non contrôlée	Longslider	6	22.1 ±5.4	5/1	Cl II bilat et symétrique		Longslider	?	Pas de contrôle Longslider Av/Ap	Modif. dentaires	Ceph	Distalisation significative de U6 en diminuant les forces de friction

Auteurs, année	Type	Groupes	Taille	Age	Sexe	Critères inclusion	Appareil	Durée	Comparaison	Critère principal	Méthode éval	Résultats
Altieri et al., 2022 (71)	Pro Av/Ap 1 centre	DJMI	22	13.2 ±1.7	?	Cl II bilat	DJMI	?	DJMI vs. Distal-Jet conventionnel	Modif. Squelettiques, dentaires	Ceph Modèles	Expansion dans les 2 groupes Distalisation supérieure avec DJMI, avec absence de mésialisation des prémolaires et incisives
		Distal-Jet	24		?		Distal-Jet	?				
Cassetta et al., 2019 (89)	Pro Av/Ap 1 centre	DJMI	10	13.1	11/9	Cl II div 1 bilat	DJMI	?	DJMI vs. Distal-Jet conventionnel	Modif. dentaires	Ceph Modèles	Distalisation U6 significativemen t supérieure avec l'ancrage sur mini- implants à 6 mois
		Distal-Jet	10	12.3			Distal-Jet	?				
Kinzinger et al., 2009 (72)	Pro Av/Ap 1 centre Non contrôlée	DJMI	10	12.1	8/2	Cl II	DJMI	6.7	Pas de contrôle DJMI Av/Ap	Modif. Squelettiques, dentaires	Ceph Modèles	Distalisation U6 par translation Expansion intermolaire, rotation mésiopalatine U6
Pseiner et al., 2014 (74)	Retro Av/Ap 1 centre Non contrôlée	Top-Jet	15	[10-48]	8/7	Cl II uni ou bilat	Top-Jet	5.9	Pas de contrôle Top-Jet Av/Ap	Modif. dentaires	Modèles	Distalisation U6 sup quand classe 2 bilatérale Expansion rotation mésiopalatine U6 Mise en place de l'appareil sans étape de laboratoire

Auteurs, année	Type	Groupes	Taille	Age	Sexe	Critères inclusion	Appareil	Durée	Comparaison	Critère principal	Méthode éval	Résultats
Mah et al., 2016 (67)	Pro	MMAMMD	7	19.2 ±4.4		Cl II uni ou bilat	MMAMMD		MMAMMD vs. PTA	Modif. dentaires	Ceph	MMAMMD : distalisation en translation Distoversion et ingression de U6 plus importante avec PTA
	Av/Ap 1 centre	PTA	7	20.9 ±7.6			PTA					
Miresmaeili et al., 2015 (68)	Pro Av/Ap 1 centre Non contrôlée	MIA-TPA	26	19 ±6.3	22/4	Cl II < 1 cusp	MIA-TPA	6.8 ±2.8	Pas de contrôle MIA-TPA Av/Ap	Modif. dentaires	Modèles	Distalisation signif de U6, accompagnée d'une expansion inter- molaire Intrusion de U6 Rotation mésio palatine de U6 non significative
Sar et al., 2013 (73)	Pro / Retro	MISDS	14	14.8 ±3.6	8/6	Cl II div 1 1/2 cusp	MISDS	10.2 ±2 .4	MISDS vs. BAPA	Modif. Squelettiques, dentaires et tissus mous	Ceph	Distalisation U6 significative dans les 2 groupes, quantité similaire Translation U6 avec MISDS Distoversion U6 avec BAPA
	Av/Ap 2 centres	BAPA	14	14.5 ±1.3	8/5		BAPA : ancrage muqueux associé	8.2 ±4.3				

ECR : Essai Clinique Randomisé ; Retro : Rétrospective ; Av/Ap : Comparaison avant/après ; Pro : Prospective ; Enc : Encombrement ; PP : Plaque Palatine Vissée ; MV : Mini-implant Vestibulaire ; MCP : Modified C-Palatal Plate ; EP : Extractions Prémolaires ; U4 : première prémolaire maxillaire ; L4 : première prémolaire mandibulaire ; U6 : 1ere molaire maxillaire ; U7 : deuxième molaire maxillaire ; U8 : troisième molaire maxillaire ; GMD : Greenfield Molar Distalizer ; FEO : Forces Extra-Orales ; 3D MBDA : 3-dimensional Maxillary Bimetric Distalizing Arch ; DJMI : Distal-Jet sur Mini-Implants ; MMAMMD : Midpalatal Miniscrew Assisted Maxillary Molar Distalizer ; PTA : Pendulum Type Appliance (distaliseur avec mécanique à boucles, sans ancrage muqueux) ; MIA-TPA : Mini-Implant Aided Trans-Palatal Arch ; MISDS : Miniscrew Implant Supported Distalization System ; BAPA : Bone-Anchored Pendulum Appliance ; Ceph : Céphalométrie sur téléradiographie de profil ; ? : non spécifié dans l'article

C. Évaluation de la qualité des études

L'évaluation des **risques de biais** pour l'étude clinique randomisée est illustrée en figure 27, et celle des études non randomisées en figure 28.

L'outil RoB2 a permis d'évaluer la qualité de l'étude clinique randomisée de Raghis et al., comme présentant un faible risque de biais.

Avec l'outil ROBINS-1, quatre études non randomisées présentaient un niveau de risque de biais **critique**. Trois études présentaient un niveau de risque de biais **sérieux**, dix-sept études présentaient un niveau de risque de biais **modéré**, et une seule présentait un **faible** niveau de risque de biais.

La majorité des articles ont révélé un risque de biais modéré, avec, le plus souvent, un risque de **biais dû à la confusion**. Ils ont été évalués comme « critiques » pour deux études, « sérieux » pour trois études, puisque des facteurs de confusion majeurs n'étaient pas pris en considération. En effet, la sévérité de la malocclusion initiale n'était pas toujours mentionnée, ainsi que le schéma de croissance dans les études sur les sujets en croissance. Pour ces mêmes sujets, le groupe contrôle constitué de sujets en croissance sans appareillage était rarement possible. Il manquait également des données pré-intervention, notamment les valeurs d'analyse céphalométrique, afin de pouvoir évaluer la comparabilité des groupes. Dans certaines études, les valeurs pré-intervention présentées étaient significativement différentes entre les groupes dès le départ.

Parmi les **biais de sélection**, certaines études (71,72,88) ne donnaient pas précisément leurs critères d'éligibilité (inclusion, exclusion), ou présentaient un échantillon de taille très réduite (67,70), diminuant la fiabilité des résultats obtenus. Certains auteurs ont comparé des groupes avec des participants d'âge très hétérogène (74,79,85,88) ou différents initialement, ce qui augmente ce risque de biais (66,75,86). Certains auteurs donnaient uniquement l'âge moyen des participants sans écart-type ni valeur limite (72,82,89).

Les **biais de classification** des interventions et liés à des **déviations du protocole** prévu étaient généralement faibles, sauf dans l'étude de Wilmes (88), où quatre patients ont reçu des mini-implants « spider screw », et les quatorze autres patients du même groupe ont reçu des mini-implants « Benefit ». Dans certaines études (65,67,69,70,72,75,77,78,84,88) le consentement éclairé des participants n'était pas rapporté.

Du fait du caractère rétrospectif de la plupart des études incluses, le biais lié aux **données manquantes** était souvent faible, mais de nombreuses évaluations n'ont pas été faites en aveugle (souvent difficile), ce qui induit un biais de mesure du critère d'évaluation (Domaine 6). Enfin, certaines données étaient manquantes dans les résultats, notamment avec une absence des p-values associées aux résultats chiffrés rapportés (88).

Ainsi, en ce qui concerne les biais recherchés d'une manière globale, l'outil ROBINS-1 a permis d'évaluer un risque de biais modéré de la plupart des études. Ce qui signifie qu'elles étaient rigoureuses pour des études non randomisées, mais ne peuvent être comparées aux résultats d'un essai randomisé bien mené.

Study	Risk of bias domains					Overall
	D1	D2	D3	D4	D5	
Raghis et al., 2023						

Domains:
D1: Bias arising from the randomization process.
D2: Bias due to deviations from intended intervention.
D3: Bias due to missing outcome data.
D4: Bias in measurement of the outcome.
D5: Bias in selection of the reported result.

Judgement
 Low

Figure 27 Évaluation des risques de biais des études randomisées selon RoB2

Study	Risk of bias domains							Overall
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	
Kim et al., 2022								
Alfawaz et al., 2021								
Jung et al., 2021								
Park et al., 2021								
Alfaifi et al., 2020								
Shoaib et al., 2019								
Jo et al., 2018								
Lee et al., 2018								
Park et al., 2018								
Park et al., 2017								
Sa'aed et al., 2015								
Kook et al., 2014								
Tunçer et al., 2022								
Longerich et al., 2022								
Nienkemper et al., 2014								
Wilmes et al., 2010								
Longerich et al., 2014								
Altieri et al., 2022								
Cassetta et al., 2019								
Kinzinger et al., 2009								
Pseiner et al., 2014								
Mah et al., 2016								
Miresmaeili et al., 2015								
Sar et al., 2013								

Domains:
D1: Bias due to confounding.
D2: Bias due to selection of participants.
D3: Bias in classification of interventions.
D4: Bias due to deviations from intended interventions.
D5: Bias due to missing data.
D6: Bias in measurement of outcomes.
D7: Bias in selection of the reported result.

Judgement
 Critical
 Serious
 Moderate
 Low
 No information

Figure 28 Évaluation des risques de biais dans les études non randomisées selon ROBINS-1

D. Description des effets dentaires, squelettiques et sur les tissus mous obtenus par les distaliseurs à ancrage osseux palatin

Les moyennes et les écarts-types des critères de jugement principaux et secondaires ont été répertoriés dans le tableau 3.

1. Effets dentaires

a) *Recul de la molaire maxillaire*

Concernant le critère de jugement principal de cette revue, la quantité de recul de la molaire maxillaire par ces distaliseurs à ancrage osseux palatin en glissement décrite au niveau de la couronne varie entre **2.3mm** (68) et **5.58mm** (70) selon les études. La plus petite valeur a été obtenue avec le **MIA-TPA** et la plus grande avec le **Longslider**, toutes deux obtenues chez des patients adultes. La mesure était le plus souvent calculée sur les téléradiographies de profil, en prenant un repère sur une des cuspides de la molaire maxillaire, et en mesurant la distance avec la ligne verticale de référence constituée par la ligne perpendiculaire au plan de Francfort passant par le point ptérygoïde (Pt). De la même manière, le recul radiculaire pouvait être mesuré, en prenant pour repère un des apex visibles sur les deux radiographies. Le recul radiculaire a été évalué dans 14 des 25 études. Les mesures sur CBCT ont permis de différencier les mesures du côté droit et celles du côté gauche des patients, en se basant sur des coupes reproduisant des vues de téléradiographie de profil.

Dans les études mesurant les critères de jugement sur les modèles numériques, un logiciel a été utilisé afin de superposer les modèles pré- et post-distalisation sur les rugosités palatines. Wilmes (88) mesure ainsi le déplacement de la face mésiale de la première molaire en mesurant la distance entre un point pré-distalisation de la face mésiale et le même point correspondant en post-distalisation. La distance entre le centre de la papille incisive et la cuspide méso-palatine de la première molaire maxillaire a permis de déterminer la quantité de recul dans l'étude de Miresmaeili (68). Dans l'étude de Pseiner (74), c'est la distance entre le point de contact distal de l'incisive latérale supérieure et le point de contact mésial de la première molaire qui a été utilisée.

Le **MCPP** permettrait, selon les études (65,75–85), un recul molaire coronaire compris entre **2.69mm** (65) et **4.36mm** (77) dans la population en croissance, et entre **3.24mm** (82) et **5.4mm** (76) chez les patients adultes. Le recul radiculaire variait entre 2.17mm et 4.9mm, les deux valeurs ayant été mesurées chez les adultes (76,85).

L'action du **Beneslider** (69,86–88) a été évaluée majoritairement chez des sujets en croissance, avec ou sans la présence des deuxièmes molaires. Le recul coronaire variait entre **2.9mm** (chez des adultes) (87) et **4.6mm** (88). Le recul radiculaire moyen mesuré uniquement chez les adolescents était de **1.7mm** pour Tunçer (69), et de **3.81** et **3.34 mm** dans les deux groupes de l'étude de Longerich de 2014 (70).

Les études concernant le **Distal-Jet sur Mini-Implants** (71,72,89) n'ont concerné que des adolescents en croissance, en comparaison avec le Distal-Jet conventionnel. Le recul de la molaire était compris entre **3.9mm** et **5.3mm** (71,89).

Le **Top-Jet** a permis un recul de **4.04mm** (74), le **MMAMMD** de **2.4mm** (67) et le **MISDS** de **2.81mm** (73).

b) *Version mésio-distale de la molaire maxillaire*

L'**inclinaison corono-radicaire** de la première molaire maxillaire n'était pas toujours statistiquement significative, et n'était pas dans la même direction selon les appareillages et même pour un appareillage donné. De manière générale, la version coronaire évaluée variait entre -2.6° (**mésioversion** coronaire avec le Beneslider dans le groupe des adolescents avec 2^e molaires de Nienkemper) et $+8.2^\circ$ (**distoersion** coronaire avec le Beneslider dans l'étude de Tunçer).

Dans les études concernant le MCP, la distoersion coronaire était comprise entre 0.28° (groupe hyperdivergent de l'étude de Jung 2021) et 5.23° (groupe avec sinus procident de l'étude de Kim 2022).

Seule l'étude de Kinzinger de 2009 a montré une distoersion coronaire significative avec le Distal-Jet sur Mini-Implants, quantifiée à 3.0° en moyenne.

Seuls le Beneslider (86,87) et le MMAMMD ont montré une mésioversion de la couronne de la première molaire, mais non statistiquement significative.

c) *Déplacement vertical de la molaire maxillaire*

La première molaire maxillaire a le plus souvent été **ingressée** dans les études de cette revue, et ce de manière statistiquement significative. L'ingression rapportée variait entre 0.04mm (77) et 2.53mm dans le groupe de sinus à distance de Kim 2022 et l'étude de Park 2017. Ces deux valeurs ont été obtenues avec le MCP.

Dans l'étude de Alfaifi (78), la molaire maxillaire a été égressée en moyenne de 1.60mm avec le MCP, mais cette valeur n'était pas significative ; de même que dans l'étude de Sa'aed, où l'égression moyenne était de 1.66mm avec le MCP.

Tunçer a mesuré une **égression** significative de la molaire de 1.2mm avec le Beneslider, chez des adolescents.

d) *Déplacement transversal et rotation de la molaire maxillaire*

Les mesures réalisées par **analyse des modèles d'étude** ont permis de décrire les déplacements de la molaire maxillaire dans la **dimension transversale**.

La **distance inter-molaire** a significativement **augmenté** de 2.7mm avec le Beneslider dans l'étude de Tunçer. De même, Longerich évalue une augmentation moyenne de 1.6mm de la distance inter-molaire avec le même distaliseur. Wilmes décrit une expansion molaire de 1.9mm en moyenne avec le Beneslider, ce qui est identique à l'expansion décrite par Altieri avec le Distal-Jet sur Mini-Implants (1.9mm). Cassetta décrit une expansion molaire moyenne de 3mm avec le DJMI. Kinzinger avait décrit en 2009 une expansion molaire de 2.58mm. Avec le Top-Jet, une expansion molaire a également été mesurée, de 1.05mm par côté. L'expansion molaire était également significative avec le MIA-TPA (2.9mm).

Une **rotation mésiopalatine** des molaires maxillaires a été mise en évidence par ces mêmes études. Elle a été évaluée à 6.8° par Tunçer, 3.4° par Wilmes avec le Beneslider. Altieri décrit une rotation distopalatine à droite (1.5°) et mésiopalatine (0.3°) à gauche, significativement inférieure à celle obtenue avec le Distal-Jet sans ancrage osseux. Cassetta décrit une rotation mésiopalatine significative, plus importante à gauche $6,2^\circ$ qu'à droite 2.1° avec le DJMI. Avec le même distaliseur, Kinzinger avait décrit une rotation mésiopalatine plus importante à droite 8.35° qu'à gauche 7.88° .

La rotation mésiopalatine avec le MIA-TPA de 0.9 et 0.3° n'était pas significative.

Avec le Top-Jet, la rotation distopalatine de 1.35° n'était pas statistiquement significative.

e) Vitesse de distalisation de la molaire maxillaire

Dans certaines études, la vitesse de recul de la molaire maxillaire a été quantifiée.

Dans l'étude de Tunçer, elle est évaluée à 0.27mm/mois avec le Beneslider. Elle est inférieure à celle décrite par Nienkemper, de 0.5 à 0.6mm/mois avec le même distaliseur. Longerich décrit une distalisation de 0.21mm/mois avec le Beneslider, et de 0.81mm/mois avec le Longslider.

Pseiner décrit un recul de la molaire de 0.8mm/mois en moyenne avec le Top-Jet, en se basant sur une durée de traitement de 5.9 mois.

Cette vitesse de distalisation molaire est de 0.4mm/mois dans l'étude de Miresmaeili sur le MIA-TPA, pour une durée moyenne de traitement de 6.8 mois.

Avec le MISDS, Sar décrit une vitesse de distalisation de 0.2mm/mois, pour une durée de traitement moyenne de 8.2 mois.

f) Effets sur les prémolaires maxillaires

Les déplacements des prémolaires n'ont pas été répertoriés dans les études portant sur le MCPD chez le patient en croissance. Chez le patient adulte (75,85), les prémolaires ont été distalées entre 2.94 et 4.36mm avec une distorsion autour de 9° (entre 7.87 et 9.46°) et une ingression entre 0.76 et 1.82mm ou une égression de 0.16mm pour Kook.

Dans l'étude de Tunçer sur le Beneslider, une distalisation significative des prémolaires a eu lieu (en moyenne 3.6mm pour la première prémolaire et 4.3mm pour la deuxième prémolaire), en l'absence d'appareillage sur ces dents.

Dans l'étude de Longerich de 2022, la deuxième prémolaire est significativement distalée de 4.05mm dans le groupe sans 2^e molaire sur l'arcade et 3.47mm dans le groupe avec 2^e molaire, avec respectivement une distorsion coronaire de 4.13° et 7.07°. Les patients étaient, dans cette étude, appareillés d'un multi-attaches associé au Beneslider.

Avec le DJMI, Kinzinger décrit une mésialisation de 0.72mm de la première prémolaire, mais une distalisation de 1.87mm de la deuxième prémolaire, avec une distorsion de 3° par rapport au plan palatin. Ces résultats diffèrent de ceux de Altieri, qui décrit une distalisation de 2.2mm de la première prémolaire, avec une distorsion de 2.4°. Il semble important de souligner ici que le DJMI de Kinzinger, contrairement à celui de Altieri, présente des bras d'appuis occlusaux sur les premières prémolaires. Les valeurs étaient plus élevées dans l'étude de Cassetta, avec une distalisation de 4.3mm de la première prémolaire et une distorsion de 7.7°.

Pour Sar, le MISDS a permis de distaler les premières et deuxièmes prémolaires d'en moyenne 2.73mm avec une version de 9.65°.

g) Effets sur les incisives maxillaires

Selon les distaliseurs, les incisives maxillaires pouvaient être prises en charge par l'appareil multi-attaches ou laissées libres.

Lors de l'utilisation du MCPD avec multi-attaches chez le patient en croissance (65,78,84), une palatoversion et une rétraction significative ont été mises en évidence, quantifiée entre 7.13° et 8.20° et entre 1.63 et 3.77mm en moyenne ; associées à une égression entre 2.82 et 3.71mm. Chez le patient adulte (75,76,80–83,85), la rétraction incisive variait entre 2.89 et 6.1mm avec une palatoversion entre 4.42 et 14.1° et une égression entre 0.09 et 1.59mm.

Sans multi-attaches, les mouvements des incisives supérieures étaient le plus souvent non significatifs dans les études.

Elles se sont palatoversées de 1.38° et déplacées distalement de 0.31mm sous l'effet du MISDS dans l'étude de Sar, mais de manière non significative par rapport à la situation initiale. De la même manière dans l'étude pilote de Longerich sur le Longslider, les incisives maxillaires des 6 patients inclus se sont rétroversées de 10.40° en moyenne, et rétractées de 3.27mm.

Avec le Beneslider, Tunçer relevait une palatoversion significative de 2.8°, alors que pour Tunçer, la palatoversion de 2.45° n'était pas significative.

Avec le DJMI, le déplacement incisif n'était pas significatif pour Kinzinger, alors qu'il l'était pour Altieri, mesurant une palatoversion de 3.4° par rapport au plan palatin, et de 4.9° par rapport à SN. Cassetta décrit une palatoversion incisive de 2.1° par rapport au plan palatin, et 3.7° par rapport à SN.

De manière générale, le surplomb décrit dans les études a diminué de manière significative avec le MCPD, entre 1.17mm (85) et 4.8mm (76). Alors qu'avec le Beneslider, les modifications du surplomb n'étaient pas significatives.

h) Rotation du plan d'occlusion

Seules les études sur le MCPD ont rapporté les modifications du plan d'occlusion. Il s'agirait de la survenue d'une **rotation horaire du plan d'occlusion** dans la plupart de ces études, statistiquement significative. Elle est évaluée entre 2.08° (80) et 6,36° (79).

2. Effets squelettiques

Toutes les études incluses rapportent une diminution du SNA, la plupart du temps non significative. Elle varie entre 0.19° avec le DJMI chez l'adolescent (72) et 3.17°, valeur statistiquement significative avec le MCPD chez les patients adultes avec un sinus procident (75).

Seule l'étude de Longerich de 2022 sur le Beneslider rapporte une augmentation du SNA, non significative de 0.72° et 0.76° dans ses deux groupes (sans et avec deuxièmes molaires).

Les modifications de l'ANB sont également la plupart du temps non significatives, variant entre 0.29° (80) et 2.10° (75,78) avec le MCPD chez des adultes.

3. Effets sur les tissus mous

Les effets de la distalisation en masse par le distaliseur MCPD entraînent le recul de la lèvre supérieure, ainsi que l'ouverture de l'angle naso-labial. Le recul de la lèvre supérieure varie entre 0.44mm (78) et 2.30mm (79) selon les études. Ces deux valeurs étant statistiquement significatives.

Ces paramètres n'ont pas été évalués dans les études portant sur les autres distaliseurs, sauf l'étude de Sar sur le MISDS, rapportant un recul de la lèvre supérieure non significatif de 0.46mm.

4. Effets sur les voies aériennes

Seule une étude portait sur les changements de volume des voies aériennes (82) mesurés sur des CBCT pris avant et après distalisation par MCPP. Le volume des voies aériennes a diminué de 0.92 cm³, passant de 16.3 à 15.3 cm³, et l'aire transversale minimale oropharyngée a diminué de 7.82 mm², correspondant à une diminution de 8 à 10% de l'aire. Ces deux mesures étaient statistiquement non significatives.

5. Influence des deuxièmes et troisièmes molaires

Deux études, l'une portant sur le MCPP (77) et l'autre portant sur le Beneslider (87), se sont intéressées à l'influence de la position des deuxièmes molaires au début de la distalisation sur les déplacements dans les trois dimensions de l'espace de la première molaire.

Avec le **MCPP**, les différences mises en évidence n'étaient pas statistiquement significatives, mais on observait une plus grande distoersion des premières molaires et une plus faible distoersion des germes des troisièmes molaires quand les deuxièmes molaires n'avaient pas fait leur éruption. La quantité de recul des molaires semblait plus faible sans les deuxièmes molaires sur l'arcade.

En effet, dans le groupe avec les deuxièmes molaires sur l'arcade, les premières molaires se sont distalées de 4.36mm avec une distoersion de 0.94°, les deuxièmes molaires se sont distalées de 4.26mm avec une distoersion de 3.22° et les troisièmes molaires se sont distalées de 3.40mm avec une distoersion de 8.91°.

Dans le groupe sans deuxième molaire (en cours d'éruption), les premières molaires se sont distalées de 3.18mm avec une distoersion de 4.36°, les deuxièmes molaires se sont distalées de 2.85mm avec une distoersion de 7.39° et les troisièmes molaires se sont distalées de 3.82mm avec une distoersion de 3.08°.

De plus, le temps de traitement était significativement plus réduit en l'absence de deuxième molaire sur l'arcade (13.1 mois versus 18.1 mois).

Avec le **Beneslider**, il n'y a pas non plus de différence significative entre les groupes deuxièmes molaires en cours d'éruption, deuxièmes molaires sur l'arcade et patients adultes.

Chez l'adulte, les deuxièmes molaires maxillaires montraient un recul distal entre 2.44 mm et 3.64 mm, une distoersion entre 0.17° et 3.48° ; ainsi qu'une ingression entre 1.03 mm et 2.18 mm avec le MCPP (75,79–81,83,85).

Avec le Beneslider (69,86,87), le recul de la deuxième molaire variait entre 2.2mm et 5.7mm, avec entre 3.5° et 12.9° de distoersion, 2.1mm d'expansion et une rotation mésiovestibulaire (angle formé entre les deux deuxièmes molaires controlatérales augmente de 10.2°).

Avec le MISDS (73), le recul de la deuxième molaire était de 2.58mm, avec une distoersion de 6.88°.

Deux études ont comparé l'influence de l'extraction des troisièmes molaires sur la quantité de distalisation.

Avec le MCP (85), aucune différence significative entre les patients dont les troisièmes molaires ont été extraites et les patients ayant conservé leurs troisièmes molaires n'a été mise en évidence. Cependant, dans cette étude, 31 patients ont constitué le groupe avec extractions, contre 9 patients dans le groupe sans extraction.

Avec le Beneslider (69), il y avait une différence significative dans la quantité de recul de la première molaire avec ou sans la présence des troisièmes molaires, avec une plus grande quantité suite à l'extraction de la troisième molaire.

En effet, en présence des troisièmes molaires, la distalisation de la première molaire était de 4.9mm alors que sans troisième molaire, elle était de 6.4mm ; de même pour le recul des deuxièmes molaires, qui était de 5.2mm versus 6.4mm sans troisième molaire.

De plus, lorsque les troisièmes molaires étaient présentes, la distorsion des premières et deuxièmes molaires était significativement plus importante, respectivement 5.8° versus 12.3° pour la première molaire, et 8.4° versus 16.3° pour la deuxième molaire.

6. Influence du schéma de croissance vertical

Seule une étude (65) a comparé les déplacements dentaires en fonction du schéma de croissance hypo- ou hyper- divergent des sujets adolescents. Les patients hypodivergents avaient un FMA $\leq 22^\circ$, et les hyperdivergents un FMA $\geq 28^\circ$. Dans cette étude, la quantité de distalisation était significativement supérieure dans le groupe des hypodivergents, avec 4.26mm de recul versus 2.69mm. Cependant, la distorsion et l'ingression étaient comparables dans les deux groupes.

Par ailleurs, on observait selon cette même étude, une augmentation du FMA chez les hypodivergents, et une absence de modification du FMA chez les hyperdivergents, en lien avec une égression incisive plus importante chez les hypodivergents.

7. Influence de la pneumatisation des sinus maxillaires

Seule une étude (75) a pris en compte la position antrale ou non des molaires maxillaires avant la distalisation par MCP. Dans cette étude, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les deux groupes, concernant la quantité de distalisation, de version, et d'ingression de la molaire maxillaire.

Cependant, dans cette même étude, la distorsion coronaire de la deuxième molaire maxillaire était plus importante dans le groupe présentant des sinus procidents.

8. Durée du traitement

Certains articles ont mentionné le temps de traitement nécessaire au passage de la classe II molaire à la classe I, et d'autres ont mentionné la durée globale du traitement.

Avec le MCP, la durée totale du traitement variait entre 14.9 et 38.6 mois chez l'adolescent (65,78), et entre 21 et 29.9 mois chez l'adulte (75,83).

Avec le Beneslider, le traitement a duré entre 15 et 20 mois en moyenne (69,86). La durée de distalisation de la molaire maxillaire pour obtenir la classe I variait entre 6 et 10 mois dans l'étude de Wilmes, ce qui corrélait avec l'étude de Nienkemper.

Pseiner décrit une durée de distalisation moyenne de 5.9 mois avec le Top-Jet, et Sar décrit une durée moyenne de 10.2 mois avec le MISDS.

9. Stabilité du traitement par distaliseur à ancrage palatin en glissement

Une étude (79) a comparé les résultats post-distalisation immédiate par MCPP et après trois ans de contention par plaques de Hawley maxillaire et mandibulaire pendant un an, associées à un fil de contention collé de canine à canine. Après les trois années de contention, la molaire maxillaire qui avait été distalée de 3.44 mm avec une ingression de 1.42 mm et une distoversion de 2.35° s'était **mésialée** de 0.41mm, **égressée** de 0.50 mm (statistiquement significatif) et mésioversée de 0.92° (non significatif). Ceci correspondrait au maintien de 88% des résultats de la distalisation à trois ans (12% de récidence), à la récidence de 35% de l'ingression et de 39.1% de la distoversion.

Tableau 3 Critères de jugement principaux et secondaires

Articles	Distaliseur	Méthode d'évaluation		Mouvements premières molaires maxillaires				Autres mouvements dentaires				Effets squelettiques		Effets tissus mous		Présence des 2 ^e molaires
				Sagittal : quantité de distalisation (mm)		Tipping U6 Positif = distoersion (°)	Mouvement vertical U6 (mm) Négatif = ingression	Overjet (mm)	Mouvement sagittal incisif (mm)	Mouvement vertical incisive (mm)	Plan d'occlusion (°)	SNA (°)	ANB (°)	ANL (°)	Recul lèvre sup (mm)	
				Couronne (mm)	Racine (mm)											
Kim et al., 2022	MCPP	Ceph sur CBCT	Sinus proci dent	-4.25 mm (SD 2.63)*		5.23° (SD 7.05)*	-1.42 mm (SD 2.73) NS	-1.83 mm (SD 1.50)*	-4.35 mm (SD 3.32)*	+1.00 mm (SD 3.06) NS	+3.68° (SD 3.66)*	-3.17° (SD 1.10)*	-1.98° (SD 2.27)NS	+12.26° (SD 8.99)*	-1.89 mm (SD 1.50)*	Oui (patients adultes)
			Sinus à distance	-3.48 mm (SD 2.20)*		5.09° (SD 4.23)*	-2.53 mm (SD 2.39)*	-2.24 mm (SD 1.56)*	-4.4 mm (SD 2.50)*	+0.09 mm (SD 2.76) NS	+3.36° (SD 3.28)*	-2.46° (SD 3.43)*	-2.10° NS	+16.57° (SD 9.76)*	-1.98 mm (SD 1.18)*	
Alfawaz et al., 2021	MCPP	Ceph		-5.4 mm (SD 1.1)*	-4.9 mm (SD 1.3)*	3.3° (SD 1.4)*	-1.3 mm (SD 1.8)*	-4.8 mm (SD 0.9)*	-6.1 mm (SD 2.6)*	+1.0 mm (SD 2.5) NS	-0.9° (SD 2.7) NS	-1.0° (SD 0.4) *	-0,9° (SD 0.5)*	+7.5° (SD 4.0)*	-1.8 mm (SD 1.2)*	Oui (patients adultes)
Jung et al., 2021	MCPP	Ceph	Hypo	-4.26 mm (SD 1.68)*	-3.28 mm (SD 1.29)*	2.18° (SD 2.82)*	-0.15 mm (SD 1.76) NS		-2.33 mm (SD 2.80)*	+3.71 mm (SD 2.45)*		-0.82° (SD 1.26)*	-0.71° (SD 0.67)*			
			Hyper	-2.69 mm (SD 1.76)*	-2.57 mm (SD 1.58)*	0.28° (SD 3.24) NS	-0.57 mm (SD 1.90) NS		-1.63 mm (SD 3.12)*	+2.82 mm (SD 1.84)*		-0.51° (SD 1.10) NS	-0.37° (SD 1.41) NS			
Park et al., 2021	MCPP	CBCT	Avec U7	-4.36 mm (SD 4.26)		0.94° (SD 6.59)	-0.04 mm (SD 2.54)					-0.18° (SD 0.47)	-0.69° (SD 0.50)*			Oui
			Sans U7	-3.18 mm (SD 3.33)		4.36° (SD 8.54)	-0.95 mm (SD 2.55)						0.04° (SD 0.39)	-1.04° (SD 0.60)*		

Articles	Distaliseur	Méthode éval	Couronne	Racine	Tipping U6	Vertical U6	Overjet	Sagittal U1	Vertical U1	PO	SNA	ANB	ANL	Lèvre sup	U7 ?
Alfaifi et al., 2020	MCPP	Ceph	-3.96 mm (SD 1.46)*	-3.25 mm (SD 0.83)*	1.86° (SD 1.94) NS	1.60 mm (SD 1.45) NS	-1.86 mm (SD 1.30) NS	-3.77 mm (SD 1.46)*	+3.15 mm (SD 0.47) NS	+2.26° (SD 1.19) NS	-2.19° (SD 0.84) NS	-2.10° (SD 0.91)*	+0.38° (SD 1.81) NS	-0.44 mm (SD 0.35)*	Oui 11 molaires/ en cours pour 31 autres
Shoab et al., 2019	MCPP	Ceph	-3.44 mm (SD 1.08)*	-2.66 mm (SD 1.44)*	2.35° (SD 6.76) NS	-1.42 mm (SD 1.12)*	-2.74 mm (SD 2.35)*			+6.36° (SD 4.10)*	-1.74° (SD 1.21)*	-1.36° (SD 1.51)*	+9.36° (SD 6.04)*	-2.30 mm (SD 0.99)*	Oui (patients adultes)
Jo et al., 2018	MCPP	Ceph	-3.97 mm (SD 0.67)*	-2.69 mm (SD 1.08)*	2.93° (SD 1.90)*	-1.31 mm (SD 1.33)*	-1.76 mm (SD 1.44)*	-3.35 mm (SD 1.49)*	+1.03 mm (SD 1.02)*	+2.08° (SD 1.37)*	-0.66° (SD 0.62)*	-0.29° NS	+5.52° (SD 3.40)*	-1.09 mm (SD 0.38)*	Oui (patients adultes)
Lee et al., 2018	MCPP	Ceph	-4.22 mm (SD 1.25)*	-3.77 mm (SD 1.61)*	1.98° (SD 4.20) NS	-1.64 mm (SD 2.06)*	-0.54 mm (SD 1.24) NS	-2.89 mm (SD 2.93)*	+0.76mm (SD 2.85) NS	+4.08° (SD 3.91)*	-0.82° NS	-0.32° NS	+5.72° (SD 8.27) NS	-1.18 mm (SD 0.99)*	Oui (patients adultes)
Park et al., 2018	MCPP	CBCT	-3.24mm (SD 1.79)*	-2.43 mm (SD 1.97)*	3.07° (SD 6.77) NS	-1.41 mm (SD 2.07)*		-1.41 mm (SD 2.23)*	+0.59 mm (SD 1.05)*						Oui (patients adultes)
Park et al., 2017	MCPP	Ceph	-4.22 mm (SD 2.00)*	-3.51 mm (SD 2.34)*	3.85° (SD 3.11)*	-2.53 mm (SD 1.40)*	-2.69 mm (SD 1.20)*	-3.18 mm (SD 3.19)*	+1.59 mm (SD 2.21) NS	+3.84° (SD 3.03)*	-1.12° (SD 1.28)*	-0.81° (SD 1.08)*	+5.07 (SD 4.95)*	-1.14 mm (SD 0.75)*	Oui (patients adultes)
Sa'aed et al., 2015	MCPP	Ceph	-3.06 mm (SD 0.54)*	-3.11 mm (SD 0.48)*	1.53° (SD 0.98) NS	+1.66 mm (SD 0.55) NS	-2.18 mm (SD 0.32)*	-3.32 mm (0.79)*	+3.17 mm (SD 0.52)*	+2.15° (SD 0.82) NS	-1.96° (SD 0.47)*	-1.53° (SD 0.24)*	+ 2.67° (SD 1.81) NS	-1.25 mm (SD 0.33)*	Oui pour 16 patients /en cours pour les 8 autres
Kook et al., 2014	MCPP	Ceph sur CBCT	-3.30 mm (SD 1.80)*	-2.17 mm (SD 1.85)*	3.42° (SD 5.79)*	-1.75 mm (SD 1.35)*	-1.17 mm (SD 1.90)*	-2.99 mm (SD 2.73)*	+1.09 mm (SD 3.51) NS	+2.81° (SD 3.37)*	-0.76° NS	-1.01° (SD 1.46)*	+3.26° (SD 4.87)*	-1.18 mm (SD 1.99)*	Oui (patients adultes)

Articles	Distaliseur	Méthode éval	Couronne	Racine	Tipping U6	Vertical U6	Overjet	Sagittal U1	Vertical U1	PO	SNA	ANB	ANL	Lèvre sup	U7 ?
Raghis et al., 2023	Plaque palatine coulée	Ceph	-4.33 mm (SD 1.52)*	-2.95 mm (SD 3.50)*	3.10° (SD 4.58) NS	-1.85 mm (SD 1.73)*		-4.95 mm (SD 3.35)*	-0.90 mm (SD 2.79) NS	+1.35° (SD 3.72) NS	-0.95° (SD 1.82) NS	-1.53° (SD 1.33)*	+7.75mm (SD 4.56)*	-1.50 mm (SD 0.71)*	Oui (patients adultes)
Tunçer et al., 2022	Beneslider	Ceph	-3.3 mm (SD 1.6)*	-1.7 mm (SD 1.4)*	8.2° (SD 4.7)*	+1.2 mm (SD 1.4)*	-0.2 mm (SD 0.8) NS	-0.2 mm (SD 1.5) NS		-0.7° (SD 1.2)*	0.0° (SD 0.3) NS	+0.5° (SD 1.5)*			Oui
Longerich et al., 2022	Beneslider	Ceph	Sans U7	-3.64 mm (SD 1.61)*	-3.81 mm (SD 1.54)*	-0.64° (SD 5.12) NS					+0.72° (SD 2.42) NS				Non
			Avec U7	-3.65 mm (SD 1.15)*	-3.34 mm (SD 1.18)*	1.78° (SD 4.84) NS						+0.76° (SD 1.53) NS			Oui
Nienkemper et al., 2014	Beneslider	Ceph	Sans U7	-4.3 mm (SD 1.6)*		-2.4 ° (SD 6.5) NS		+0.2mm (SD 1.2) NS							Non
			Avec U7 ado	-4.1 mm (SD 2.0)*		-2.6° (SD 7.4) NS		-0.9 mm (SD 1.7) NS							Oui
			Avec U7 adultes	-2.9 mm (SD 1.8)*		-1.2° (SD 5.4) NS		-0.9 mm (SD 12.9) NS							Oui
Wilmes et al., 2010	Beneslider	Ceph Modèles	-4.6 mm (SD 1.5) ?		1.9° (SD 1.3) ?									?	
Longerich et al., 2014	Longslider	Ceph	-5.58 mm (SD 1.15)?	-5.38 mm (SD 1.10) ?	-0.25° (SD 0.74) ?	0.37 mm (SD 0.40) ?		-3.27 mm (SD 0.94) ?	0.68 mm (SD 0.49) ?						Oui (patients adultes)

Articles	Distaliseur	Méthode éval	Couronne	Racine	Tipping U6	Vertical U6	Overjet	Sagittal U1	Vertical U1	PO	SNA	ANB	ANL	Lèvre sup	U7 ?
Altieri et al., 2022	Distal-Jet sur Mini-Implants	Ceph	-3.9 mm (SD 1.2)*		0.1° (SD 3.0) NS	0.6 mm (SD 3.6) NS	-0.6 mm (SD 0.5)*					-0.3° (SD 0.8) NS			
Cassetta et al., 2019	Distal-Jet sur Mini-Implants	Ceph	-5.3 mm (SD 2.1)*		0.01° (SD 12.4) NS	-0.4 mm (SD 0.7) ?					-2,3° (SD 4.9) ?				Oui
Kinzinger et al., 2009	Distal-Jet sur Mini-Implants	Ceph Modèles	-3.92 mm (SD 0.53)*		3.00° (SD 2.31)*	-0.16 mm (SD 0.26)*					-0.19° (SD 0.80) NS				Non sauf 4 molaires
Pseiner et al., 2014	Top-Jet	Modèles	-4.04 mm (SD 2.18)*												Oui ou en cours
Mah et al., 2016	MMAMMD	Ceph	-2.4 mm (SD 3.1)*		-0.8° (SD 2.0)*	-0.3 mm (SD 1.2) NS <i>intrusion</i>									Oui (patients adultes)
Miresmaeili et al., 2016	MIA-TPA	Modèles	-2.3 mm (SD 1.1)*			-0.7 mm (SD 0.6) NS <i>intrusion</i>									
Sar et al., 2013	MISDS	Ceph	-2.81 mm (SD 2.70)*		1.65° (SD 7.29) NS		0.65 mm (SD 1.01) NS	0.31 mm (SD 1.75) NS			-0.31° (SD 1.07) NS	0.04° (SD 1.23) NS		0.46 mm (SD 1.70) NS	Oui

U1 : incisive centrale maxillaire ; U6 : première molaire maxillaire ; PO : Plan d'Occlusion ; SD : Écart-type ; * : Statistiquement Significatif dans l'étude ; NS : Statistiquement Non Significatif dans l'étude ; ? : p-value non renseignée dans l'étude

IV. Discussion

A. Méthodologie et caractéristiques des études retenues

L'objectif de cette **revue systématique** était de comparer les effets dento-squelettiques obtenus par le traitement des malocclusions de classe II par distalisation maxillaire à l'aide des distaliseurs à ancrage osseux palatin en glissement, afin de retrouver des caractéristiques techniques permettant ou non d'augmenter les quantités de recul, tout en maîtrisant les effets parasites.

La recherche bibliographique initiale a été réalisée sur trois bases de données pour réduire le risque de biais de publication. De même que la sélection des articles suivant les critères d'éligibilité a été réalisée par deux opératrices indépendantes, limitant les biais de sélection.

La détermination des critères d'inclusion et d'exclusion a entraîné la suppression d'un ensemble d'appareillages à ancrage osseux palatin ayant démontré leur efficacité dans les précédentes revues systématiques (91), notamment le Bone Anchored Pendulum Appliance (BAPA), afin d'améliorer la comparabilité des résultats obtenus. En effet, le choix de n'inclure que les appareillages utilisant le glissement seul a permis de mettre en lumière des effets indésirables potentiellement imputables à la structure du distaliseur.

Quinze articles (65,69,74–77,79–85,87,88) sur les vingt-cinq inclus utilisaient un schéma **rétrospectif**. Afin de pallier le manque de puissance de ce schéma, le pool de patient sélectionné se doit d'être important. Or, parmi ces études, aucune ne calcule le nombre de sujets nécessaires à la mise en évidence d'une différence significative, et dix disposent d'un nombre de sujets inférieur à trente (67,68,70,72–74,79,85,88,89), ce qui diminue fortement leur puissance. Une étude (73) présentait un schéma prospectif, mais utilisait un groupe d'une autre étude rétrospectif comme contrôle.

Une méta-analyse n'a pas pu être réalisée, du fait de l'hétérogénéité des protocoles des études incluses.

1. Biais de sélection et de publication

La majorité des études (treize articles) a été menée en **Corée du Sud**, et concernait le MCPP. Ce même appareil n'a pas été étudié dans un autre pays ou continent ; de même que les études européennes sur le Distal-Jet sur Mini-Implants ou le Beneslider n'ont pas été réalisées en Asie. Il est ainsi plus difficile de généraliser les résultats obtenus avec chaque distaliseur à une population générale, puisque des caractéristiques ethniques interviennent potentiellement dans les effets mesurés.

Le nombre important d'études publiées en Asie pourrait s'expliquer par la proportion de malocclusions de classe II sur ce continent. Cependant, c'est sur le continent européen qu'elle est significativement plus grande, évaluée à 33.51% par une récente revue systématique (92), contre 15.25% en Amérique, 12.26% en Asie et 11.45% en Afrique. Selon cette même étude, 22.9% des personnes dites caucasiennes présenteraient une malocclusion de classe II contre 14.14% des personnes dites mongoloïdes et 6.76% des personnes dites africaines. Ces résultats coïncident avec une méta-analyse de 2020 (93).

De plus, dans la totalité des études incluses dans cette revue, les groupes étaient constitués d'une proportion plus grande de **femmes**. La population mondiale étant composée majoritairement d'hommes (50.4%) jusqu'à la tranche d'âge de 50-54 ans (94), la population orthodontique étudiée ne devrait pas inclure significativement plus de femmes que d'hommes. Cette disparité des genres pourrait s'expliquer par la faible taille des échantillons, mais aussi potentiellement par un biais de sélection des participants. Aucune donnée n'a été trouvée dans la littérature concernant la proportion de femmes dans la population orthodontique ni la proportion de femmes présentant une malocclusion de classe II.

Seule une étude (77) avec des sujets en croissance a utilisé un groupe contrôle non traité. Pour les autres, il y a un risque que les effets observés soient imputables à la croissance ou autre facteur de confusion non pris en considération.

Sept études (68,70,72,74,79,85,88) ne présentaient pas de groupe contrôle.

Les autres études ont comparé les résultats du distaliseur avec ceux d'un autre appareillage de distalisation, tel que les mini-implants vestibulaires (66,76,81), les forces extra-orales (83,84), le GMD (78), le 3D-MBDA (69), le Distal-Jet conventionnel (71,89), le PTA (67) et le BAPA (73). Ceci permet donc de comparer les effets désirables et indésirables que l'on pourrait imputer à tel ou tel appareillage. Cependant, aucune étude n'a comparé deux distaliseurs à ancrage osseux palatin en glissement entre eux.

Certaines études ont comparé deux groupes qui n'ont pas été traités par le même opérateur, ce qui diminue la comparabilité initiale des groupes, ni dans le même centre, ce qui diminue la possibilité de généralisation des résultats à une population bien définie (73,76,78,81,83,84).

De ce fait, les études incluses présentaient un risque de biais modéré, ce qui diminue la puissance de cette revue.

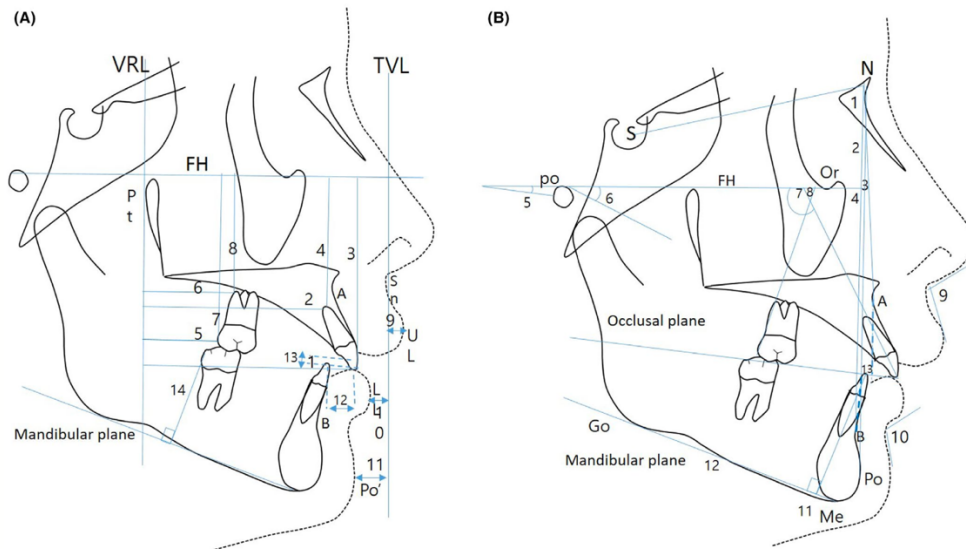
Concernant les dates de publications, les études incluses étaient assez récentes, et uniformément réparties dans le temps en fonction des différents distaliseurs. Les études concernant le MCPP ont été publiées entre 2014 et 2022 ; celles concernant le Beneslider entre 2010 et 2022, et celles sur le DJMI entre 2009 et 2022. Les autres distaliseurs ne présentaient qu'une seule étude.

2. Biais de mesure

Dix-neuf études ont apprécié les effets dento-squelettiques et des tissus mous sur des **examens radiographiques bidimensionnels** (téléradiographies de profil) (65–67,69–73,76,78–81,83,84,86–89) et **tridimensionnels** (CBCT) pour quatre études (75,77,82,85), avant et après traitement par distaliseur.

Cependant, elles n'ont pas toutes utilisé les mêmes **références verticales et horizontales** pour effectuer leurs mesures, ni même les mêmes points pour une même dent, ce qui rend les résultats difficilement comparables entre eux.

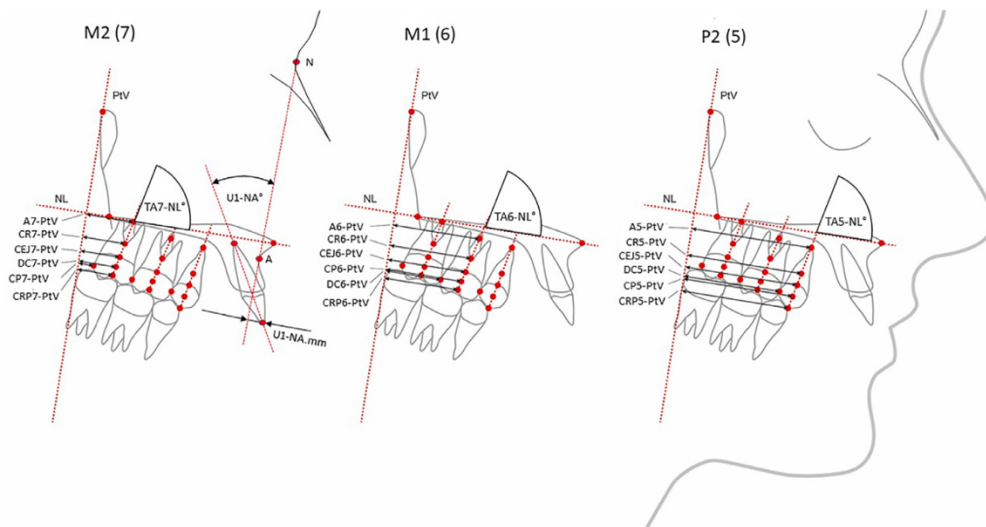
Douze études (65,75–85) ont utilisé les repères illustrés en figure 29. Toutes étudiaient le MCPP, ce qui facilite la comparabilité de ces résultats.



(A), Cephalometric linear measurements were used in this study. 1. Upper incisor (U1) crown to vertical reference line (VRL)*, 2. U1 root to VRL, 3. U1 crown to Frankfort horizontal plane (FH), 4. U1 root to FH, 5. Upper first molar (U6) crown to VRL, 6. U6 root to VRL, 7. U6 crown to FH, 8. U6 root to FH, 9. Upper lip to true vertical line (TVL), 10. Lower lip to TVL, 11. Soft pogonion to TVL, 12. Overjet, 13. Overbite. * VRL : A perpendicular line to FH plane with passing through the pterygoid point. (B), Cephalometric angular measurements were used in this study. 1. SNA, 2. SNB, 3. ANB, 4. Facial angle, 5. Occlusal plane angle, 6. Mandibular plane angle, 7. U1 to FH, 8. U6 axis-FH, 9. Nasolabial angle, 10. Mentolabial angle, 11. IMPA, 12. Lower first molar (L6) to mandibular plane (MP) angle, 13. Wits

Figure 29 Références céphalométriques utilisées pour le MCPP (76)

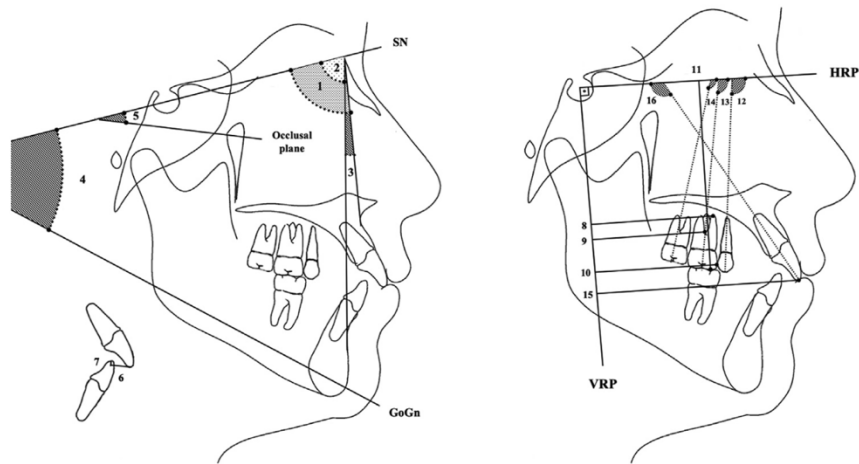
Deux études (86,87) utilisaient les références illustrées en figure 30, pour évaluer les effets du Beneslider. Une différence importante était le point de repère coronaire sur les molaires, le point le plus comparable avec les études du MCPP étant le plus distal : DC6-PtV. De plus, la référence horizontale dans ces études n'était pas le plan de Francfort, mais le plan palatin.



Measurements of the distances from the dental reference points (A) M2 (seventh), (B) M1 (sixth), and (C) P2 (fifth) to the pterygoid vertical.

Figure 30 Références céphalométriques utilisées pour le Beneslider (86)

Trois études (66,69,73) utilisaient les références illustrées en figure 31, elles portaient sur la plaque palatine coulée, le Beneslider et le MISDS. La référence horizontale était SN, comme pour les études sur le MCPP, mais la référence verticale ne passait pas par Pt, mais par le point S. Le repère molaire était pris sur la fosse intercuspidienne, et non la cuspide distale, ce qui s'apparenterait au point CRP6-PtV des trois études précédentes.



Reference planes and cephalometric variables used in the study. Reference planes: SN plane; *occlusal plane*, passing through mesiobuccal cusp tip of the maxillary first molar and the incisal edge of the maxillary central incisor; GoGn plane; *HRP*, horizontal plane angulated 7° clockwise to the SN plane at Sella; *VRP*, perpendicular plane to the HRP passing through Sella. Cephalometric variables: 1, SNA; 2, SNB; 3, ANB; 4, GoGn.SN; 5, Occ plane.SN; 6, overjet; 7, overbite; 8, U6root-VRP (perpendicular distance between mesiobuccal root apex of maxillary first molar and VRP); 9, U6trifurc.-VRP (perpendicular distance between trifurcation point of maxillary first molar and VRP); 10, U6M-VRP (perpendicular distance between the mesial contact point of maxillary first molar crown and VRP); 11, U6MB-HRP (perpendicular distance between mesiobuccal cusp tip of maxillary first molar and HRP); 12, U5.HRP; 13, U6.HRP; 14, U7.HRP; 15, U1i-VRP; 16, U1.HRP.

Figure 31 Références céphalométriques utilisées pour la plaque palatine coulée, le Beneslider et le MISDS (66,69,73)

Pour le DJMI, les repères sont illustrés en figure 32. Le point de repère coronaire a cette fois été pris au centre de la couronne. Le plan palatin a été pris en référence pour mesurer le déplacement vertical de la molaire et le plan SN pour évaluer sa version méso-distale.

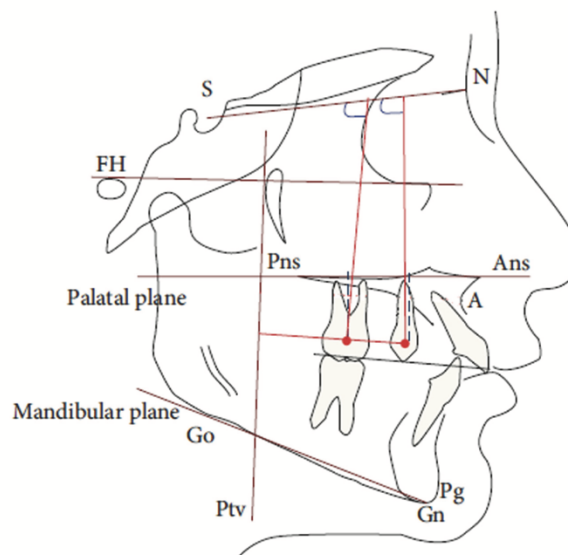


Figure 32 Références céphalométriques utilisées pour le DJMI (71)

Il semble adéquat de réaliser les mesures sur les téléradiographies de profil, puisqu'elles constituent les éléments essentiels du **bilan orthodontique** (obligation médico-légale) ainsi que de la **réévaluation orthodontique**. Cependant, outre l'utilisation de repères variables entre les études, ces techniques bidimensionnelles entraînent, par définition, une **superposition des structures**, et donc de potentielles erreurs de mesures.

En effet, les résultats céphalométriques vont dépendre du positionnement du patient lors de la prise du cliché, pouvant entraîner des **déformations** et **distorsions** des structures (95,96) et donc des **erreurs de mesures** des critères de jugement principaux. Aucune étude de notre revue n'a réalisé la superposition à l'aide des mini-implants mis en place. Les mini-implants étant des structures fixes, radio-opaques et sans modification de forme au cours du temps, ils pourraient aider à la reproductibilité de la superposition. Cependant, la majorité des études utilisait la radiographie réalisée lors du bilan comme temps initial, sans la présence du mini-implant.

Les structures étant superposées, il ne sera pas possible de différencier le côté droit du côté gauche, ce qui est problématique car la classe II occlusale n'est pas toujours symétrique chez un même patient. Il sera également important d'utiliser des radiographies à la même échelle afin de pouvoir les comparer et les superposer. Dans ce sens, la sélection des structures stables de référence semble parfois difficile et diminue alors la précision des mesures.

Enfin, les mouvements dans la dimension transversale (expansion et rotation), ne peuvent pas être appréhendés sur ces clichés bidimensionnels.

Les études de Kook en 2014 et de Kim en 2022 ont utilisé l'imagerie tridimensionnelle. Cependant, elles ont extrait des coupes de reconstitution de téléradiographies de profil pour chaque côté, et perdent donc également les informations concernant la dimension transversale.

Les **analyses céphalométriques tridimensionnelles** sur CBCT (97), plus fastidieuses, peinent à se démocratiser, malgré leur développement depuis plusieurs années. En effet, selon une récente revue systématique (98), la fiabilité de ces méthodes semble bonne, mais les études sont encore de faibles niveaux de preuves et ne permettent pas de conclure avec certitude.

De plus, il semble difficile d'imaginer la réalisation de CBCT avant et après distalisation (donc espacées d'environ 6 mois) en respectant les principes de précautions ALARA vis-à-vis des rayonnements ionisants, malgré l'existence de protocoles à faibles doses (99). En effet, selon une étude de 2021 (100), les risques de cancers oraux seraient fortement augmentés par l'usage du CBCT en orthodontie, sans respecter les recommandations, avec plus de 50% de survenue de cancer évitable.

Sept études ont également réalisé leurs mesures sur **modèles** (69,71,72,86,89), dont deux sur modèles uniquement (68,74).

Dans ces études, le recul de la molaire a été mesuré en comparant la distance entre le point de contact distal de l'incisive maxillaire et le point de contact mésial de la molaire maxillaire, avant et après distalisation, ou en mesurant la distance entre un point de repère sur la molaire avec une ligne repérée par la troisième rugosité palatine.

Ces comparaisons impliquent de pouvoir superposer de manière fiable et précise les modèles obtenus avant et après distalisation, et permettraient une objectivation des mouvements dans tous les sens de l'espace, sans irradier le patient. Cependant, il n'existe aucun consensus concernant les repères à utiliser afin de superposer les modèles d'études, et ces techniques n'ont pas été précisées dans les études incluses de cette revue.

Une étude de 2021 (101) compare deux techniques de superpositions, et semble mettre en évidence deux algorithmes fiables, l'un basé sur les rugosités palatines, et l'autre sur le meilleur ajustement local (« local best fit »).

Bien que moins fiables que les superpositions de CBCT (102), les superpositions de modèles semblent être une piste intéressante afin de pallier aux manques de précision liés aux analyses céphalométriques bidimensionnelles, majoritaires dans les études de cette revue et diminuer la dose d'irradiation du patient.

De plus, avec la présence de mini-implants, il est possible d'imaginer une superposition des modèles numériques sur ces zones fixes et identiques en pré- et post-distalisation. Or, une étude de 2015 (103) réalisée sur la stabilité tridimensionnelle de mini-implants zygomatiques a montré un déplacement significatif des mini-implants (extrusion et version) en six mois. Il faudra donc rester prudent quant à l'usage des mini-implants comme repère stable dans le temps.

B. Discussion des résultats

1. Comparaison de la structure des distaliseurs à ancrage osseux palatin

Les distaliseurs décrits utilisent tous les mini-implants palatins en ancrage direct et présentent des avantages et inconvénients communs et d'autres spécifiques à leur structure.

a) *Forces appliquées*

La majorité des distaliseurs utilisait des forces autour de 300gf. Cependant, il n'y a pas de consensus concernant la quantité de force nécessaire et optimale à la distalisation de la molaire ; l'objectif étant de déployer suffisamment de force pour dépasser les **forces de friction** liées au frottement du système, tout en respectant la **physiologie** du **remaniement osseux** lors du déplacement dentaire.

Il semble également intéressant de se demander si la distalisation en masse nécessite des forces plus importantes que la distalisation séquentielle. Cependant, nous n'avons pas de comparaison faite dans les articles inclus.

Dans son étude sur le Longslider (70), Longerich utilise ainsi deux ressorts de 300gf pour compenser la dissipation des forces appliquées liées au frottement lors du glissement du dispositif dans le manchon de guidage. La quantité de recul molaire alors mesurée était importante ($5.38 \text{ mm} \pm 1.10\text{mm}$), mais évaluée uniquement sur six patients.

Dans les études portant sur le DJMI, d'architecture proche du Beneslider, on observe une quantité de distalisation proche de celle obtenue avec le Beneslider, alors que les forces appliquées pour le premier sont autour de 250gf et pour le second autour de 400gf. Le DJMI pourrait présenter un design avec des forces de friction inférieures. Malheureusement, nous n'avons pas d'informations concernant la section de l'arc acier du DJMI, ni la composition de la Beneplaque du Beneslider.

Les différentes sections de l'arc et du tube, ainsi que les alliages utilisés ne sont pas référencés de manière exhaustive dans les études de cette revue, ce qui limite la comparaison possible de ces dispositifs en termes de friction s'opposant au glissement. La longueur du tube ou fourreau de la bague molaire étant corrélée à la fois aux forces de friction et au contrôle tridimensionnel de la dent, elle constitue une information manquante et

indispensable à la compréhension de chaque système. En effet, plus on augmente la section de remplissage, plus on contrôle les effets parasites (notamment de version), mais plus on a de frottements.

Il semble alors pertinent de faire des études comparant spécifiquement une architecture en modifiant seulement un paramètre influant sur le glissement : l'état de surface de l'alliage, le diamètre de l'arc, l'utilisation d'un système de lubrification du fourreau etc. (104)

b) Avantages communs

Des avantages communs à l'ensemble des distaliseurs comparés peuvent être décrits :

- Ancrage palatin : le palais est une zone à faible risque anatomique, avec un taux d'échecs des mini-implants très faible de moins de 2% (58). De plus, quand il y a de la croissance, il n'y a pas de risque de lésion des germes dentaires. Absence de risque de dommage radiculaire, densité et qualité osseuses et tissulaires adéquates au palais.
- Utilisation de bagues molaires conventionnelles avec tubes palatins du commerce
- Possibilité d'utiliser n'importe quelle technique orthodontique en association : multi-attaches vestibulaires, linguales ou aligneurs
- Couplage de deux implants ou plus : contrôle de la symétrie de la forme d'arcade et diminution de l'effet de torsion (90). Grâce au système « tandem implants » (88) : on obtient une meilleure distribution des forces et diminue la version mésiale des mini-implants
- Application de la force de distalisation à hauteur du centre de résistance de la molaire par un système rigide, permettant de diminuer les effets parasites de version tout en augmentant la translation
- Renfort d'ancrage pour la rétraction antérieure
- Esthétique et coopération peu sollicitée
- Système peu rétenteur de plaque
- Mise en place et dépose aisées : pas de chirurgie nécessaire, possibilité de pose des mini-implants au fauteuil avec asepsie adaptée, avec pré-forage le plus souvent. Dépose sans lambeau nécessaire, le plus souvent sans anesthésie.

c) *Avantages spécifiques*

- Avec le MCPP
 - Distalisation en masse
 - Système très rigide
 - Adaptation du point d'application de la force par différents crans (3 encoches) de positionnement de la chaînette, permettant d'anticiper le déplacement vertical et transversal (105)

- Avec le Beneslider :
 - Étape de laboratoire facultative

- Avec le Longslider :
 - Pas de réactivation nécessaire ; l'appareil est construit pour distaler la quantité nécessaire par la longueur du bras

- Avec le Top Jet :
 - Possibilité de distalisation unilatérale, mais moins efficace qu'avec une biomécanique bilatérale
 - Possibilité de modification de l'intrusion et extrusion molaire par enfoncement du mini-implant
 - Absence d'étape de laboratoire, système pré-fabriqué adaptable au fauteuil

- Avec le MMAMMD :
 - Comme avec le MCPP, la longueur de l'arc reliant les mini-implants est variable ; plus les crochets sont proches de la molaire, plus on aura de mouvement coronaire, et plus l'arc est court, plus on aura de mouvement radiculaire. Pour un mouvement de translation, positionner le crochet à hauteur de la furcation

- Avec le MIA-TPA :
 - Arc transpalatin amovible, permettant un réglage dans les 3 ordres

d) *Inconvénients communs*

- Importance de la mise en place symétrique des deux vis pour avoir l'arc parallèle au plan d'occlusion et donc éviter effets verticaux indésirables
- Difficulté de déroter les molaires maxillaires, à faire avant ou après (les rotations mésiopalatines augmentent la classe II molaire) et de modifier la forme d'arcade pendant la distalisation
- Difficulté de réintervention, en cas d'échec de mini-implants, nécessité de déposer le système
- Nécessitent une étape de laboratoire et des mini-implants spécifiques (sauf MIA-TPA)
- Nécessitent une hygiène renforcée pour le maintien des ancrages osseux
- Gêne fonctionnelle
- Coût du système (autour de 450 euros par dispositif)

e) *Inconvénients spécifiques*

- Avec le MCPP :
 - o Plaque préformée adaptée sur le modèle en plâtre du patient, donc parfois présence d'un défaut d'adaptation induisant une inflammation de la muqueuse palatine (106)
 - o Position des mini-implants dans une zone anatomique moins favorable (9), avec un tissu cellulo-graisseux épais, donc nombre de mini-implants supérieur
- Avec le Beneslider, le DJMI, le MISDS :
 - o Forces de friction importantes diminuant leur efficacité. Les frictions lors du glissement peuvent engendrer une perte de 50 à 80% des forces de distalisation créée par la compression d'un ressort NiTi pseudoélastique (107).

2. Comparaison des effets dento-squelettiques

Tous efficaces en translation selon les différentes études, présentant un mouvement spontané ou associé des prémolaires et incisives, les distaliseurs à ancrage osseux palatin en glissement semblent être une solution fiable dans la correction des malocclusions de classe II par distalisation maxillaire.

Les effets squelettiques ne faisaient pas partie des objectifs de traitement par distalisation maxillaire dans ces études. Ils ont surtout été évalués pour estimer les effets associés à cette distalisation en masse ou séquentielle.

a) *Effets des distaliseurs à ancrage osseux palatins*

Les effets obtenus, à savoir une quantité de distalisation de la première molaire maxillaire comprise entre 2.3 mm et 5.58mm, une distorsion maximale de 8.2° avec une ingression autour de 1mm, semblent cohérents avec les méta-analyses récentes. (91)

Les distaliseurs dont la structure mesurait moins de 1mm de diamètre (MMAMD, MIA-TPA, MISDS) et donc moins rigides, ont mis en évidence une plus faible quantité de distalisation que les autres, mais nous ne pouvons pas conclure de manière significative, puisqu'il n'y a qu'une seule étude pour chacun.

Les versions coronaires décrites dans la plupart des études (de 3 à 5° le plus souvent) semblent cliniquement acceptables. Certaines études relèvent uniquement la distalisation de la couronne et non la racine donc induisent un **risque de surestimation de la quantité de recul** global en translation.

De plus, évaluer la quantité de distalisation par mois semblerait plus comparable que la quantité de distalisation en millimètres. Dans sa revue systématique, Fudalej décrit une vitesse de distalisation entre 0.2 et 1.2mm/mois en prenant en considération l'ensemble des techniques de distalisation avec ancrage osseux (48), ce qui est en accord avec nos résultats.

Dans les résultats relevés dans cette étude, il ne semble pas y avoir de différence entre les distaliseurs ancrés sur deux mini-implants et trois mini-implants. Ces résultats sont en accord avec les résultats de la dernière méta-analyse sur ce sujet (91).

Dans cette même méta-analyse, l'auteur a mis en évidence une différence cliniquement et statistiquement significative de quantité de version molaire entre les distaliseurs rigides (1.97°) et les non rigides (9.84°) ; les appareillages non-rigides correspondant aux distaliseurs par mécanique de boucles. Dans notre revue, seule une étude (69) semble mettre en évidence une distorsion coronaire plus importante (8.2°) avec le Beneslider, que l'on ne retrouve pas dans les autres concernant ce distaliseur. Cette différence s'expliquerait par l'usage de Benetube plus courts, ne permettant pas d'appliquer les forces de distalisation proche du centre de résistance et donc augmentant la version.

Le MIA-TPA semble être le distaliseur le moins rigide des appareillages inclus dans ce travail, cependant l'étude le concernant ne mesure pas la version molaire donc nous ne pouvons pas comparer les résultats avec celle de la dernière méta-analyse.

Toutes les études tridimensionnelles incluses, sur modèles (69,71,72,86,89) ou sur CBCT (75,77,82,85) ont relevé une augmentation de la distance inter-molaire entre 1.6 et 3mm après la distalisation. Il semble ainsi judicieux de prendre en compte la quantité de compensation transversale initiale de la classe II dans l'évaluation de l'efficacité de ces dispositifs. En effet, l'expansion molaire réalisée faciliterait la correction de la classe II, mais elle doit être nécessaire pour ne pas induire une déformation de l'arcade qui s'opposerait à la stabilité du traitement.

b) Comparaison avec les ancrages vestibulaires

Le MCPP s'est montré **comparable** au traitement par distalisation par mini-implants vestibulaires en termes de recul molaire dans l'étude de Alfawaz (76), alors que la quantité de recul était **supérieure** avec le MCPP par rapport aux mini-implants vestibulaires dans l'étude de Lee et celle de Raghis (66,81).

Cette supériorité de l'ancrage palatin par rapport à l'ancrage vestibulaire a été modélisée dans une **analyse par éléments finis**. En effet, Yu (105) conclue que le MCPP (modélisé) permettrait une plus grande quantité de distalisation en translation, avec moins de distorsion et moins d'extrusion de la molaire maxillaire par rapport aux mini-implants vestibulaires. Ceci est concordant avec la méta-analyse de Bayome de 2021 (52), dans laquelle les distaliseurs sur mini-implants palatins (4.07mm) et zygomatique (4.17mm) permettraient un plus grand recul que les mini-implants vestibulaires inter-radiculaires (2.75mm). Cependant, la distorsion molaire serait moins importante avec les ancrages inter-radiculaires que les palatins.

En revanche, selon la méta-analyse de Ceratti en 2023 (91), il n'y a pas de différence significative entre l'ancrage osseux palatin (3.74mm), zygomatique (3.68mm) et inter-radiculaire vestibulaire (3.23mm) dans la distalisation de la molaire maxillaire. L'ingression serait supérieure avec l'utilisation d'un ancrage zygomatique, mais la différence n'était pas significative. Ceci pourrait être lié au fait que, en moyenne, les forces appliquées sont comparables, autour de 200gf.

Une explication plausible de cette différence entre les ancrages inter-radiculaires vestibulaires et les ancrages palatins, bien que pas toujours significative, pourrait être la proximité des racines avec les mini-implants en vestibulaire, limitant le recul et nécessitant le déplacement de l'ancrage osseux en cours de distalisation.

c) Comparaison avec les techniques conventionnelles

L'utilisation des ancrages osseux permet la **suppression des effets parasites de réciprocité des mouvements** sur les prémolaires et les incisives.

En effet, en comparaison avec les effets dento-alvéolaires des appareils de distalisation conventionnels, les valeurs des distaliseurs à ancrage osseux palatin semblent supérieures, avec moins d'effets parasites. Dans une revue systématique de 2008 (3), les appareils de distalisation conventionnels intra-oraux permettraient un recul moyen de 2.9mm avec 1.8mm de perte d'ancrage antérieure.

Concernant le DJMI, dans les deux études incluses le comparant au Distal-Jet conventionnel, la quantité de distalisation était supérieure avec l'ancrage palatin, avec une absence de mésialisation des prémolaires et incisives. Lorsque le DJMI est associé à un appui occlusal (étude de Kinzinger (72)), on observe une perte d'ancrage en regard des prémolaires, mais d'une moindre intensité que sans ancrage osseux (27).

Les FEO font également partie des techniques conventionnelles, mais nécessitant une grande coopération du patient. Les résultats du MCPP sont comparables à ceux obtenus par distalisation par FEO dans l'étude de Sa'aed (84), alors qu'ils sont supérieurs à ceux obtenus par FEO l'étude de Park de 2017 (83). Dans cette dernière, d'une part la distalisation était supérieure avec le MCPP, mais d'autre part la distorsion coronaire chez l'adulte était significativement supérieure avec les FEO (8.57°) qu'avec le MCPP (3.85°), alors qu'il n'y avait

pas de différence significative chez l'adolescent. Cela laisse présupposer que l'âge est un facteur modifiant les effets des FEO, contrairement au distaliseur à ancrage osseux palatin.

3. Facteurs influençant la distalisation

Peu d'études ont pris en compte **l'influence du schéma de croissance vertical** des patients adolescents sur la distalisation maxillaire par distaliseur à ancrage osseux palatin. Il semblerait selon nos résultats, que la distalisation serait moins importante chez l'hyperdivergent que l'hypodivergent, mais celui-ci présenterait une distorsion plus importante (65). Ceci pourrait s'expliquer d'une part par la présence de mésioversion initiale chez les patients hyperdivergents, masquant éventuellement la distorsion liée au distaliseur (108) ; et d'autre part par une différence de profondeur de la voûte palatine entre ces sujets. En effet, les hyperdivergents présenteraient un **palais plus profond et plus étroit** que les hypodivergents, ce qui apicaliserait les forces de distalisation et diminuerait le mouvement coronaire (109).

L'anatomie du palais influencera également la forme de l'arc transpalatin utilisé, en effet, une forme en « U » limiterait l'expansion molaire (69), mais parfois la profondeur du palais ou la forme de l'arcade initiale oblige une confection en « V » du distaliseur.

Enfin, la forme de la voûte palatine, ainsi que l'épaisseur de sa muqueuse, pourrait influencer la stabilité des mini-implants d'ancrage du distaliseur. C'est la raison pour laquelle des zones préférentielles ont été décrites (zone T de Wilmes, ou position M4 de Pseiner), mais aucune étude n'a été retrouvée concernant les taux d'échecs mini-implantaires comparant les zones paramédianes antérieures et postérieures, ainsi qu'inter-radiculaires palatines.

Concernant la **pneumatisation des sinus**, il n'y a pas de consensus sur la faisabilité et la stabilité de déplacer les dents à travers les sinus. Une revue systématique de 2018 (110) rapporte que le mouvement serait possible, et le quantifie à une vitesse de 0.16mm par mois, ce qui semble inférieur aux résultats décrits dans notre revue.

La **présence des troisièmes molaires maxillaires** semble être un frein à la distalisation maxillaire dans une étude (69). Ainsi, les extraire pour avoir un remaniement osseux et une quantité d'os suffisante pour distaler semble indiqué par l'auteur. Cependant, ceci ne fait pas consensus, car selon l'analyse par éléments finis de Kang (111), la présence ou l'absence de la troisième molaire n'a aucun effet sur la distalisation. En revanche, dans cette même étude, la position de la deuxième molaire influencerait la quantité de distalisation de l'apex ainsi que la rotation de la première molaire lors du recul. En présence de la **deuxième molaire** sur l'arcade on obtiendrait une plus grande distalisation apicale. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les germes des deuxièmes molaires non encore éruptées agissent comme un centre de rotation pour la première molaire et augmentent ainsi la quantité de distorsion coronaire au dépend du mouvement de gression.

Chez l'enfant, la distalisation molaire maxillaire serait plus efficace avant l'éruption des deuxièmes molaires selon Karlsson et Gianelly (112,113). Ce n'est pas en concordance avec les résultats de cette revue, où il n'y a souvent pas de différence significative dans la quantité de recul molaire entre le groupe sans et le groupe avec deuxième molaire.

Enfin, l'intérêt des **corticotomies** (114) sera à prendre en compte, surtout face à un objectif de distalisation important et/ou devant un mouvement se faisant avec difficulté. Cette technique augmenterait la vitesse de distalisation molaire de 1.17 fois.

4. Généralisation et applicabilité des résultats

Finalement, le choix d'un appareil de distalisation approprié semble surtout dépendre de la quantité de classe II, de la présence initiale de mésioversion molaire (favorable), de la rotation molaire, de la forme de la voûte palatine ainsi que de l'espace postérieur disponible.

Lorsqu'ils sont indiqués, les distaliseurs à ancrage osseux palatin semblent devoir être les plus rigides possible dans leur structure, avec le moins de friction s'opposant au déplacement, et une architecture anticipant le contrôle vertical et transversal nécessaire à la correction de la malocclusion.

Il n'y a actuellement pas d'étude spécifique sur **l'expérience du patient** porteur d'un distaliseur à ancrage osseux palatin, même si une sensation d'encombrement au palais et inflammation de la muqueuse a été décrite (48). Il est possible d'imaginer un risque d'aggravation d'une éventuelle dysfonction linguale pendant le traitement, augmentant le surplomb et rendant plus difficile la correction de la classe II. Une étude par questionnaire (115), montre que la plupart des patients se sont habitués à leurs implants palatins en 2 semaines, et 75% des patients ont trouvé la construction orthodontique entre les dents d'ancrage et l'implant palatin moins confortable que les mini-implants eux-mêmes. Selon Kook (85), les troubles de l'élocution liés à la mise en place du MCPD seraient résolus en deux semaines.

Concernant **l'expérience du praticien**, aucune étude n'a été publiée à ce sujet. La mise en place de ces distaliseurs nécessite une formation spécifique et la connaissance des protocoles précis permettant l'usage d'un matériel et plateau technique, pouvant être onéreux.

Cependant, à l'ère du « tout numérique », la mise en place de ces mini-implants palatins et du dispositif de distalisation pourrait être **planifiée** et facilitée, par la réalisation de guides de pose, permettant éventuellement de s'affranchir de l'étape de prise d'empreinte puis de confection, pour tout réaliser en une seule fois.

Des études complémentaires concernant la facilité de mise en œuvre, l'acceptabilité des patients, la prédictibilité et la stabilité des résultats obtenus à l'aide de ces dispositifs permettraient de démocratiser l'usage des distaliseurs à ancrage osseux palatin. Il faudrait ainsi davantage d'études prospectives qui comparent les designs entre eux pour plus de comparabilité des participants et contrôler certains facteurs de confusion.

A l'aune de la médecine personnalisée, couplée à l'essor des nouvelles technologies de pointe, il semble intéressant d'envisager la conception d'un appareillage totalement personnalisé en fonction des caractéristiques propres au patient, notamment la quantité de classe II molaire, l'anatomie et l'épaisseur de son palais, et des objectifs thérapeutiques ; permettant au praticien un outil totalement individualisé.

V. Conclusion

De nombreux distaliseurs à ancrage osseux palatin en mécanique de glissement ont été décrits dans la littérature.

Ce sont des appareillages **fiables** dans le recul des molaires maxillaires. Grâce à leur structure **rigide**, ils leur permettent un mouvement de **translation**, avec peu de version coronaire et un contrôle du sens vertical, ce qui augmente la **stabilité des résultats** du traitement à long terme.

Ils ne sollicitent pas l'arcade mandibulaire, ce qui permet une préservation de la position et du parodonte de l'incisive inférieure. Cependant, l'absence d'effets mandibulaires réduit l'indication de ces distaliseurs à une classe II par promaxillie ou pour répondre à un échec de thérapeutique d'avancée mandibulaire chez le patient en croissance, ou à un traitement de compromis chez le patient adulte.

Face aux réticences actuelles des patients et des praticiens vis-à-vis des traitements orthodontiques avec extractions de prémolaires ou molaires, et vis-à-vis des traitements orthodontico-chirurgicaux, l'usage des ancrages osseux permettrait de proposer une alternative thérapeutique efficace.

La mise en place de ces distaliseurs ne doit pas diminuer la vigilance des praticiens concernant les indications, les effets indésirables, et nécessite une formation adaptée à la mise en place de ces ancrages palatins, ainsi que la gestion de la biomécanique qui en découle.

Ce travail a isolé les distaliseurs par glissement, mais il semblerait intéressant de réaliser une même étude en isolant les appareillages à système de boucles et de comparer les résultats obtenus entre eux.

L'essor des nouvelles technologies et de l'intelligence artificielle pourrait aider la recherche concernant les effets de ces différents appareillages, grâce aux études sur éléments finis évaluant la quantité de friction plus objectivement. De plus, en automatisant et systématisant les mesures à réaliser, ces évolutions digitales rendraient plus fiables les superpositions sur modèles numériques et permettraient d'éliminer les irradiations ionisantes des patients et de réaliser des études de plus grande ampleur.

Bibliographie

1. Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé (ANAES). Indications de l'orthopédie dento-faciale et dento-maxillo-faciale chez l'enfant et l'adolescent. 2002.
2. Société Française d'Orthopédie Dento Faciale (SFODF). Dictionnaire d'orthognathodontie. 2015.
3. Antonarakis GS, Kiliaridis S. Maxillary molar distalization with noncompliance intramaxillary appliances in Class II malocclusion. A systematic review. *Angle Orthod.* 2008;78(6):1133–40.
4. Skander Ellouze, François Darqué. Mini-implants, l'orthodontie de demain. 2012.
5. Boileau Marie-José. Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte - Principes, Moyens, Traitements. 1ere édition. 2011.
6. Bussick TJ, McNamara JA. Dentoalveolar and skeletal changes associated with the pendulum appliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 2000 Mar;117(3):333–43.
7. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod JCO.* 1997;31(11):763–7.
8. Kaaouara Y, Sara EA, Rerhrhaye W. La perception des minivis d'ancrage par les patients. *Int Orthod.* 2018 Dec 1;16(4):676–83.
9. Ludwig B, Glasl B, Bowman SJ, Wilmes B, Kinzinger GSM, Lisson JA. Anatomical guidelines for miniscrew insertion: palatal sites. *J Clin Orthod JCO.* 2011;45(8):433–41; quiz 467.
10. Angle EH (Edward H. Treatment of malocclusion of the teeth and fractures of the maxillae : Angle's system. Philadelphia : S. S. White Dental Mfg. Co.; 1900. 342 p.
11. Ballard C. Facial musculature and anomalies of the dento-alveolar structures. *Trans. Eur. Orthod. Soc.* 1951.
12. Gerard Duminil, Olivier Laplanche, Jean-Philippe Re, Jean-Francois Carlie. L'occlusion tout simplement. 2015
13. Joss-Vassalli I, Grebenstein C, Topouzelis N, Sculean A, Katsaros C. Orthodontic therapy and gingival recession: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2010 Aug;13(3):127–41.
14. Rinchuse DJ, Miles PG, Sheridan JJ. Orthodontic retention and stability: a clinical perspective. *J Clin Orthod JCO.* 2007 Mar;41(3):125–32.
15. Bernard-Granger C. Techniques de distalisation des molaires maxillaires par ancrage osseux maxillaire [Thèse d'exercice : Odontologie]. Université de Lyon; 2015.
16. Dardengo C de S, Fernandes LQP, Capelli J. Frequency of orthodontic extraction. *Dent Press J Orthod.* 2016;21(1):54–9.
17. Nanda RS, Dandajena TC. The Role of the Headgear in Growth Modification. *Semin Orthod.* 2006 Mar;12(1):25–33.
18. Pernier CM, Challe EJ, Gebeile-Chauty SM, Akin JJ. Traitements interceptifs de la

classe II en denture mixte : thérapeutiques intra-orales de distalisation. *Orthod Fr.* 2006 Mar;77(1):139–49.

19. Clemmer EJ, Hayes EW. Patient cooperation in wearing orthodontic headgear. *Am J Orthod.* 1979 May;75(5):517–24.

20. Hilgers JJ. The pendulum appliance for Class II non-compliance therapy. *J Clin Orthod JCO.* 1992;26(11):706–14.

21. Drescher D, Bourauel C, Schumacher HA. Frictional forces between bracket and arch wire. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 1989 Nov;96(5):397–404.

22. Keles A, Sayinsu K. A new approach in maxillary molar distalization: intraoral bodily molar distalizer. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 2000 Jan;117(1):39–48.

23. Carano A, Testa M. The distal jet for upper molar distalization. *J Clin Orthod JCO.* 1996;30(7):374–80.

24. Bowman SJ. Upper-Molar Distalization and the Distal Jet. *J Clin Orthod JCO.* 2016 Mar;50(3):159–69.

25. Ferguson DJ, Carano A, Bowman SJ, Davis EC, Gutierrez Vega ME, Lee SH. A comparison of two maxillary molar distalizing appliances with the distal jet. *World J Orthod.* 2005;6(4):382–90.

26. Fortini A, Lupoli M, Giuntoli F, Franchi L. Dentoskeletal effects induced by rapid molar distalization with the first class appliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 2004 Jun;125(6):697–704; discussion 704-705.

27. Reis RS, Henriques JFC, Janson G, Freitas KMS, Moura W. Dental, skeletal and soft tissue effects of the Distal Jet appliance: A prospective clinical study. *Dent Press J Orthod.* 2019;24(6):56–64.

28. Gianelly AA, Vaitas AS, Thomas WM. The use of magnets to move molars distally. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 1989 Aug;96(2):161–7.

29. Walde KC. The simplified molar distalizer. *J Clin Orthod JCO.* 2003 Nov;37(11):616–9; quiz 626.

30. Kinzinger GSM, Eren M, Diedrich PR. Treatment effects of intraoral appliances with conventional anchorage designs for non-compliance maxillary molar distalization: a literature review. *Eur J Orthod.* 2008;30(6):558–71.

31. Ngantung V, Nanda RS, Bowman SJ. Posttreatment evaluation of the distal jet appliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 2001 Aug;120(2):178–85.

32. Papadopoulos MA, Tarawneh F. The use of miniscrew implants for temporary skeletal anchorage in orthodontics: A comprehensive review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2007;103(5):e6–15.

33. Brånemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindström J, Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg.*

1969;3(2):81–100.

34. Prabhu J, Cousley RRJ. Current products and practice: bone anchorage devices in orthodontics. *J Orthod*. 2006 Dec;33(4):288–307.
35. Melsen B. Mini-implants: Where are we? *J Clin Orthod JCO*. 2005;39(9):539–47; quiz 531–2.
36. AlMaghlouth B, AlMubarak A, Almaghlouth I, AlKhalifah R, Alsadah A, Hassan A. Orthodontic Intrusion Using Temporary Anchorage Devices Compared to Other Orthodontic Intrusion Methods: A Systematic Review. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2021;13:11–9.
37. 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 Apr 21;43(3):313–23.
38. Migliorati M, Cevitanes L, Sinfonico G, Drago S, Dalessandri D, Isola G, et al. Three dimensional movement analysis of maxillary impacted canine using TADs: a pilot study. *Head Face Med*. 2021 Jan 15;17:1.
39. Darque F, Cazenave C, Ellouze S. Mini-vis : l'orthodontie de demain. *Actual Odonto-Stomatol*. 2010 Dec;(252):299–309.
40. Findik Y, Baykul T, Esenlik E, Turkkahraman MH. Surgical difficulties, success, and complication rates of orthodontic miniplate anchorage systems: Experience with 382 miniplates. *Niger J Clin Pract*. 2017 May;20(5):512–6.
41. Casals AS. Mini-vis de traction orthodontique: analyse de la littérature. 2020;
42. Kim JS, Choi SH, Cha SK, Kim JH, Lee HJ, Yeom SS, et al. Comparison of success rates of orthodontic mini-screws by the insertion method. *Korean J Orthod*. 2012 Oct;42(5):242–8.
43. Chopra SS, Chakranarayan A. Clinical evaluation of immediate loading of titanium orthodontic implants. *Med J Armed Forces India*. 2015 Apr;71(2):165–70.
44. Papageorgiou SN, Zogakis IP, Papadopoulos MA. Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants: a meta-analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2012 Nov;142(5):577-595.e7.
45. Mohamed RN, Basha S, Al-Thomali Y. Maxillary molar distalization with miniscrew-supported appliances in Class II malocclusion: A systematic review. *Angle Orthod*. 2018 Jul;88(4):494–502.
46. Lee JS, editor. *Applications of orthodontic mini implants*. Chicago: Quintessence; 2007. 274 p.
47. Turrel B, Valran V, Gebeile-Chauty S. Biomécanique des mini-implants : analyse des effets parasites de quatre situations cliniques et propositions de résolutions. *Orthod Fr*. 2021 Jun 1;92(2):195–214.
48. Fudalej P, Antoszevska J. Are orthodontic distalizers reinforced with the temporary skeletal anchorage devices effective? *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2011;139(6):722–9.
49. Lee JY. Distalisation des molaires utilisant des mini-vis d'ancrage placées verticalement. *Orthod Fr*. 2012 Dec 1;83(4):257–66.

50. Sugawara J, Nishimura M. Minibone plates: The skeletal anchorage system. *Semin Orthod*. 2005 Mar 1;11(1):47–56.
51. Sugawara J, Kanzaki R, Takahashi I, Nagasaka H, Nanda R. Distal movement of maxillary molars in nongrowing patients with the skeletal anchorage system. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2006 Jun;129(6):723–33.
52. Bayome M, Park JH, Bay C, Kook YA. Distalization of maxillary molars using temporary skeletal anchorage devices: A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res*. 2021 Mar;24 Suppl 1:103–12.
53. Bernhart T, Vollgruber A, Gahleitner A, Dörtbudak O, Haas R. Alternative to the median region of the palate for placement of an orthodontic implant. *Clin Oral Implants Res*. 2000;11(6):595–601.
54. Winsauer H, Vlachojannis C, Bumann A, Vlachojannis J, Chrubasik S. Paramedian vertical palatal bone height for mini-implant insertion: a systematic review. *Eur J Orthod*. 2014 Oct;36(5):541–9.
55. Jong Suk Lee, Jung Kook Kim, Young-Chel Park, Robert Vanarsdall. Applications cliniques des mini-implants en orthodontie. *Quintessence international*; 2007.
56. Kyung SH, Hong SG, Park YC. Distalization of maxillary molars with a midpalatal miniscrew. *J Clin Orthod JCO*. 2003 Jan;37(1):22–6.
57. Kim YH, Yang SM, Kim S, Lee JY, Kim KE, Gianelly AA, et al. Midpalatal miniscrews for orthodontic anchorage: factors affecting clinical success. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2010 Jan;137(1):66–72.
58. Hourfar J, Bister D, Kanavakis G, Lisson JA, Ludwig B. Influence of interradicular and palatal placement of orthodontic mini-implants on the success (survival) rate. *Head Face Med*. 2017 Jun 14;13(1):14.
59. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *J Clin Epidemiol*. 2021 Jun;134:178–89.
60. Mariani L, Maino G, Caprioglio A. Skeletal versus conventional intraoral anchorage for the treatment of class II malocclusion: dentoalveolar and skeletal effects. *Prog Orthod*. 2014 Jul 30;15(1):43.
61. Haute Autorité de Santé. Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique. 2013.
62. Sterne JA, Hernán MA, Reeves BC, Savović J, Berkman ND, Viswanathan M, et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ*. 2016 Oct 12;i4919.
63. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 2019 Aug 28;366:l4898.
64. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *J Clin Epidemiol*. 2009 Oct;62(10):e1-34.

65. Jung CY, Park JH, Ku JH, Lee NK, Kim Y, Kook YA. Dental and skeletal effects after total arch distalization using modified C-palatal plate on hypo- and hyperdivergent Class II malocclusions in adolescents. *Angle Orthod.* 2021 Jan 1;91(1):22–9.
66. Raghis TR, Alsulaiman TMA, Mahmoud G, Youssef M. Skeletal and dentoalveolar changes after total maxillary arch distalization using the casted palatal plate vs. buccal miniscrews: A randomized clinical trial. *Int Orthod.* 2023 Aug 28;21(4):100808.
67. Mah SJ, Kim JE, Ahn EJ, Nam JH, Kim JY, Kang YG. Analysis of midpalatal miniscrew-assisted maxillary molar distalization patterns with simultaneous use of fixed appliances: A preliminary study. *Korean J Orthod.* 2016 Jan;46(1):55–61.
68. Miresmaeili A, Sajedi A, Moghimbeigi A, Farhadian N. Three-dimensional analysis of the distal movement of maxillary 1st molars in patients fitted with mini-implant-aided transpalatal arches. *Korean J Orthod.* 2015 Sep;45(5):236–44.
69. Tunçer Nİ, Arman-Özçırpıcı A. Clinical effectiveness of buccally and palatally anchored maxillary molar distalization: The miniscrew-supported 3-dimensional maxillary bimetric distalizing arch vs the Beneslider. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 2022 Dec;162(6):e337–48.
70. Longerich UJJ, Thurau M, Kolk A. Development of a new device for maxillary molar distalization with high pseudoelastic forces to overcome slider friction: the Longslider--a modification of the Beneslider. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2014 Jul;118(1):22–34.
71. Altieri F, Mezio M, Guarnieri R, Cassetta M. Comparing Distal-Jet with Dental Anchorage to Distal-Jet with Skeletal Anchorage: A Prospective Parallel Cohort Study. *Dent J.* 2022 Sep 27;10(10):179.
72. Kinzinger GSM, Gülđen N, Yildizhan F, Diedrich PR. Efficiency of a skeletonized distal jet appliance supported by miniscrew anchorage for noncompliance maxillary molar distalization. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 2009 Oct;136(4):578–86.
73. Sar C, Kaya B, Ozsoy O, Özçirpici AA. Comparison of two implant-supported molar distalization systems. *Angle Orthod.* 2013 May;83(3):460–7.
74. Pseiner BC, Wunderlich A, Freudenthaler JW. Upper molar distalization with skeletally anchored TopJet appliance. *J Orofac Orthop.* 2014;75(1):42–50.
75. Kim S, Lee NK, Park JH, Ku JH, Kim Y, Kook YA, et al. Treatment effects after maxillary total arch distalization using a modified C-palatal plate in patients with Class II malocclusion with sinus pneumatization. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 2022 Oct;162(4):469–76.
76. Alfawaz F, Park JH, Lee NK, Bayome M, Tai K, Ku JH, et al. Comparison of treatment effects from total arch distalization using modified C-palatal plates versus maxillary premolar extraction in Class II patients with severe overjet. *Orthod Craniofac Res.* 2022 Feb;25(1):119–27.
77. Park JH, Kim Y, Park JH, Lee NK, Kim SH, Kook YA. Long-term evaluation of maxillary molar position after distalization using modified C-palatal plates in patients with and without second molar eruption. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc*

Am Board Orthod. 2021 Dec;160(6):853–61.

78. Alfaifi M, Park JH, Tai K, Ku JH, Vaid NR, Kook YA, et al. Comparison of Treatment Effects with Modified C-Palatal Plates vs Greenfield Molar Distalizer Appliances in Adolescents. *J Clin Pediatr Dent.* 2020;44(3):202–8.

79. Shoaib AM, Park JH, Bayome M, Abbas NH, Alfaifi M, Kook YA. Treatment stability after total maxillary arch distalization with modified C-palatal plates in adults. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 2019 Dec;156(6):832–9.

80. Jo SY, Bayome M, Park J, Lim HJ, Kook YA, Han SH. Comparison of treatment effects between four premolar extraction and total arch distalization using the modified C-palatal plate. *Korean J Orthod.* 2018 Jul;48(4):224–35.

81. Lee SK, Abbas NH, Bayome M, Baik UB, Kook YA, Hong M, et al. A comparison of treatment effects of total arch distalization using modified C-palatal plate vs buccal miniscrews. *Angle Orthod.* 2018 Jan;88(1):45–51.

82. Park JH, Kim S, Lee YJ, Bayome M, Kook YA, Hong M, et al. Three-dimensional evaluation of maxillary dentoalveolar changes and airway space after distalization in adults. *Angle Orthod.* 2018 Mar;88(2):187–94.

83. Park CO, Sa'aed NL, Bayome M, Park JH, Kook YA, Park YS, et al. Comparison of treatment effects between the modified C-palatal plate and cervical pull headgear for total arch distalization in adults. *Korean J Orthod.* 2017 Nov;47(6):375–83.

84. Sa'aed NL, Park CO, Bayome M, Park JH, Kim Y, Kook YA. Skeletal and dental effects of molar distalization using a modified palatal anchorage plate in adolescents. *Angle Orthod.* 2015 Jul;85(4):657–64.

85. Kook YA, Bayome M, Trang VTT, Kim HJ, Park JH, Kim KB, et al. Treatment effects of a modified palatal anchorage plate for distalization evaluated with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 2014 Jul;146(1):47–54.

86. Longerich UJJ, Thureau M, Grill F, Stimmer H, Gahl CM, Kolk A. Does molar distalization by the Beneslider have skeletal and dental impacts? A prospective 3D analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2022 Jul;134(1):36–48.

87. Nienkemper M, Wilmes B, Pauls A, Yamaguchi S, Ludwig B, Drescher D. Treatment efficiency of mini-implant-borne distalization depending on age and second-molar eruption. *J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopadie Organ Official J Dtsch Ges Kieferorthopadie.* 2014 Mar;75(2):118–32.

88. Wilmes B, Drescher D. Application and effectiveness of the Beneslider: a device to move molars distally. *World J Orthod.* 2010;11(4):331–40.

89. Cassetta M, Brandetti G, Altieri F. Miniscrew-supported distal jet versus conventional distal jet appliance: A pilot study. *J Clin Exp Dent.* 2019 Jul;11(7):e650–8.

90. Papadopoulos MA. Orthodontic treatment of Class II malocclusion with miniscrew implants. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 2008 Nov;134(5):604.e1-16; discussion 604-605.

91. Ceratti C, Serafin M, Del Fabbro M, Caprioglio A. Effectiveness of miniscrew-supported

maxillary molar distalization according to temporary anchorage device features and appliance design: systematic review and meta-analysis. *Angle Orthod.* 2023 Oct 24;

92. Alhammadi MS, Halboub E, Fayed MS, Labib A, El-Saaidi C. Global distribution of malocclusion traits: A systematic review. *Dent Press J Orthod.* 2018;23(6):40.e1-40.e10.

93. Lombardo G, Vena F, Negri P, Pagano S, Barilotti C, Paglia L, et al. Worldwide prevalence of malocclusion in the different stages of dentition: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Paediatr Dent.* 2020 Jun;21(2):115–22.

94. Unies N. *World Population Prospects 2019 - Volume II: Demographic Profiles.* United Nations; 2020.

95. Chen G, Chen S, Zhang XY, Jiang RP, Liu Y, Shi FH, et al. Stable region for maxillary dental cast superimposition in adults, studied with the aid of stable miniscrews. *Orthod Craniofac Res.* 2011 May;14(2):70–9.

96. Olmez H, Gorgulu S, Akin E, Bengi AO, Tekdemir I, Ors F. Measurement accuracy of a computer-assisted three-dimensional analysis and a conventional two-dimensional method. *Angle Orthod.* 2011 May;81(3):375–82.

97. Faure J, Oueiss A, Marchal-Sixou C, Braga J, Treil J. Céphalométrie tridimensionnelle : applications en clinique et en recherche. *Orthod Fr.* 2008 Mar;79(1):13–30.

98. Ponce-Garcia C, Lagravere-Vich M, Cevidanes LHS, de Olivera Ruellas AC, Carey J, Flores-Mir C. Reliability of three-dimensional anterior cranial base superimposition methods for assessment of overall hard tissue changes: A systematic review. *Angle Orthod.* 2018 Mar;88(2):233–45.

99. Yeung AWK, Jacobs R, Bornstein MM. Novel low-dose protocols using cone beam computed tomography in dental medicine: a review focusing on indications, limitations, and future possibilities. *Clin Oral Investig.* 2019 Jun;23(6):2573–81.

100. Benn DK, Vig PS. Estimation of x-ray radiation related cancers in US dental offices: Is it worth the risk? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2021 Nov;132(5):597–608.

101. Camcı H, Salmanpour F. Effects of Type and Amount of Orthodontic Tooth Movement on Digital Model Superimposition Accuracy. *Turk J Orthod.* 2021 Dec 1;34(4):220–6.

102. Pan Y, Wang X, Dai F, Chen G, Xu T. Accuracy and reliability of maxillary digital model (MDM) superimposition in evaluating teeth movement in adults compared with CBCT maxillary superimposition. *Sci Rep.* 2020 Nov 9;10(1):19384.

103. Garg KK, Gupta M. Assessment of stability of orthodontic mini-implants under orthodontic loading: A computed tomography study. *Indian J Dent Res Off Publ Indian Soc Dent Res.* 2015;26(3):237–43.

104. Wagner D. Quantification et modélisation des forces et des moments appliqués à l'intérieur des attaches orthodontiques placées sur une arcade dentaire dans les trois dimensions de l'espace. 2018.

105. Yu IJ, Kook YA, Sung SJ, Lee KJ, Chun YS, Mo SS. Comparison of tooth displacement between buccal mini-implants and palatal plate anchorage for molar distalization: a finite element study. *Eur J Orthod.* 2014 Aug;36(4):394–402.

106. Bayome M, Park JH, Kook YA. Clinical applications and treatment outcomes with

modified C-palatal plates. *Semin Orthod*. 2018 Mar 1;24(1):45–51.

107. Schneevoigt R, Bourauel C, Harzer W, Eckardt L. Biomechanical analysis of arch-guided molar distalization when employing superelastic NiTi coil springs. *J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopadie OrganOfficial J Dtsch Ges Kieferorthopadie*. 1999;60(2):124–35.

108. Ellis E, McNamara JA, Lawrence TM. Components of adult Class II open-bite malocclusion. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. 1985 Feb;43(2):92–105.

109. Paoloni V, Lione R, Farisco F, Halazonetis DJ, Franchi L, Cozza P. Morphometric covariation between palatal shape and skeletal pattern in Class II growing subjects. *Eur J Orthod*. 2017 Aug 1;39(4):371–6.

110. Sun W, Xia K, Huang X, Cen X, Liu Q, Liu J. Knowledge of orthodontic tooth movement through the maxillary sinus: a systematic review. *BMC Oral Health*. 2018 May 23;18(1):91.

111. Kang JM, Park JH, Bayome M, Oh M, Park CO, Kook YA, et al. A three-dimensional finite element analysis of molar distalization with a palatal plate, pendulum, and headgear according to molar eruption stage. *Korean J Orthod*. 2016 Sep;46(5):290–300.

112. Gianelly AA. Distal movement of the maxillary molars. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 1998 Jul;114(1):66–72.

113. Karlsson I, Bondemark L. Intraoral maxillary molar distalization. *Angle Orthod*. 2006;76(6):923–9.

114. Gulduren K, Tumer H, Oz U. Effects of micro-osteoperforations on intraoral miniscrew anchored maxillary molar distalization : A randomized clinical trial. *J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopadie OrganOfficial J Dtsch Ges Kieferorthopadie*. 2020 Mar;81(2):126–41.

115. Gündüz E, Schneider-Del Savio TT, Kucher G, Schneider B, Bantleon HP. Acceptance rate of palatal implants: a questionnaire study. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2004 Nov;126(5):623–6.

Table des figures

Figure 1 Illustration d'une classe II division 1 et d'une classe II division 2	15
Figure 2 Incidence du type de traction par FEO sur les composantes de la force exercée (5)	17
Figure 3 Photographies d'un Pendulum (20).....	18
Figure 4 Schémas d'activation du bras en TMA du Pendulum (20).....	18
Figure 5 Vue occlusale d'un Distal-Jet (27).....	19
Figure 6 Vue occlusale d'un Greenfield Molar Distalizer (GMD).....	20
Figure 7 Schéma des effets dento-alvéolaires des appareils de distalisation maxillaire conventionnels	21
Figure 8 Différentes têtes et cols de mini-implants.....	22
Figure 9 Schéma des effets dento-alvéolaires de la distalisation maxillaire en masse par mini-implant vestibulaire inter-radiculaire.....	24
Figure 10 Vues endobuccales de mini-plaques d'ancrage zygomatique (50).....	25
Figure 11 Schéma d'une mini-plaque d'ancrage zygomatique (51).....	26
Figure 12 Schéma de « l'aire en T » (9)	27
Figure 13 Schéma illustrant l'intérêt d'utiliser un contre-angle avec un tournevis de longueur suffisante (56).....	27
Figure 14 Diagramme de flux PRISMA 2020	34
Figure 15 Histogramme de répartition du nombre d'articles par année de publication.....	35
Figure 16 Histogramme de répartition du nombre d'articles par pays de publication	35
Figure 17 Photographie en vue occlusale du MCPP (65).....	36
Figure 18 Photographie en vue occlusale de la plaque palatine coulée (66)	37
Figure 19 Photographie d'un modèle maxillaire avec le MMAMMD (67).....	37
Figure 20 Photographie en vue occlusale du MIA-TPA (68)	37
Figure 21 Photographie en vue occlusale du Beneslider (69).....	38
Figure 22 Photographie d'un modèle maxillaire avec le Longslider (70).....	38
Figure 23 Photographie en vue occlusale du DJMI (71) (72)	39
Figure 24 Photographie en vue occlusale du MISDS (73)	39
Figure 25 Photographie en vue occlusale du Top-Jet (74).....	40
Figure 26 Schéma d'activation du Top-Jet.....	40
Figure 27 Évaluation des risques de biais des études randomisées selon RoB2	55
Figure 28 Évaluation des risques de biais dans les études non randomisées selon ROBINS-155	
Figure 29 Références céphalométriques utilisées pour le MCPP (76).....	69

Figure 30 Références céphalométriques utilisées pour le Beneslider (86)	69
Figure 31 Références céphalométriques utilisées pour la plaque palatine coulée, le Beneslider et le MISDS (66,69,73)	70
Figure 32 Références céphalométriques utilisées pour le DJMI (71)	70

Table des tableaux

Tableau 1 Caractéristiques des neuf distaliseurs étudiés.....	41
Tableau 2 Caractéristiques des études incluses	46
Tableau 3 Critères de jugement principaux et secondaires	63

Vu, Le Président du Jury,

Date, Signature :

Vu, la Directrice de l'UFR des Sciences Odontologiques,

Date, Signature :

Vu, le Président de l'Université de Bordeaux,

Date, Signature :

Collège des Sciences de la Santé

UFR des Sciences Odontologiques

Serment

En présence de mes Maîtres et de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de l'art dentaire.

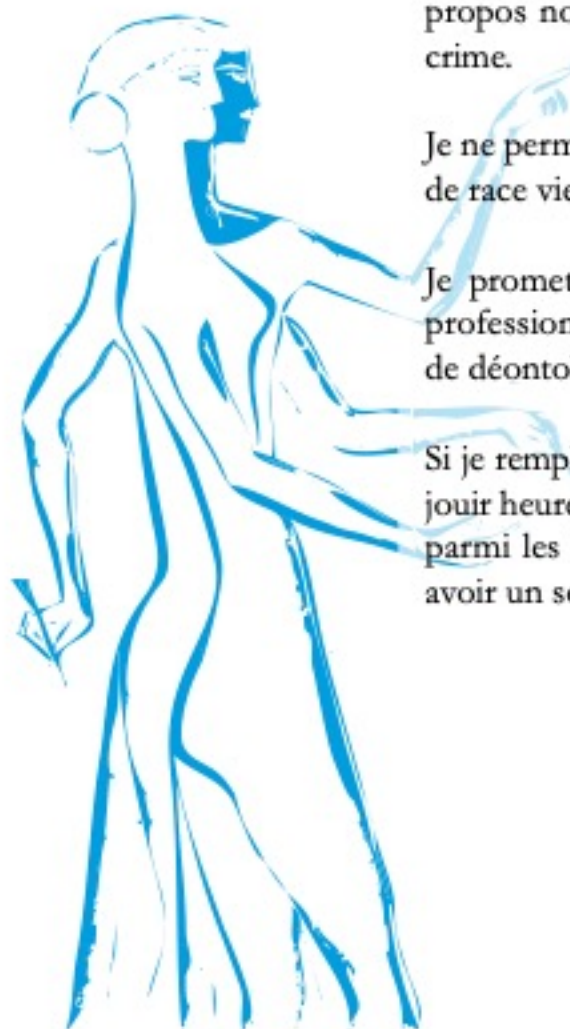
Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un honoraire au-dessus de mon travail. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés. Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Mes connaissances et mon état ne serviront ni à diffuser des propos non avérés, ni à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des conditions de croyance, de nation et de race viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je promets et je jure de conformer strictement ma conduite professionnelle aux principes et aux règles prescrites par le code de déontologie.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes. Si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.



Titre : Efficacité des différents distaliseurs fixes par glissement à ancrage osseux palatin dans le recul de la molaire maxillaire : Une revue systématique de la littérature

Résumé :

Introduction : L'objectif de cette revue systématique était de quantifier et comparer la quantité de distalisation de la molaire maxillaire dans la correction de classe II par distaliseur à ancrage osseux palatin en glissement. Méthodes : Une recherche bibliographique sur 3 bases de données puis l'application des critères d'éligibilité ont été menés. Les articles présentant les valeurs pré- et post-distalisation ont été inclus. L'évaluation des risques de biais a été effectuée. Les moyennes et écarts-types des effets sur les molaires, prémolaires et incisives ont été relevés des études. Résultats : Après application des critères d'inclusion et d'exclusion, 25 études ont été incluses dans cette revue. Après l'évaluation des risques de biais, 2 articles ont été classés comme à faible risque, 17 à risque modéré et 7 à risque élevé. Ils ont montré une distalisation molaire moyenne variant entre 2.30mm et 5.58mm, avec une version entre -8.2° and $+2.6^\circ$, une expansion molaire et une rotation mésiopalatine. Conclusion : Les distaliseurs à ancrages osseux palatins en glissement sont efficaces dans le recul de la molaire maxillaire.

Mots clés :

Malocclusion de classe II ; Distalisation molaire ; Mini-implant orthodontique ; Revue systématique

Title : Clinical effectiveness of several palatally-anchored distalizers in maxillary molar distalization : a systematic review

Abstract :

Introduction: The aims of this systematic review were to quantify and to compare the amounts of distalization and anchorage loss of palatal anchorage methods in the correction of Class II malocclusion with intraoral distalizers. Methods: The literature was searched through 3 electronic databases, and inclusion criteria were applied. Articles that presented pretreatment and posttreatment values were included. Quality assessments of the studies were performed. The averages and standard deviations effects of molars, premolars and incisors effects were extracted from the studies. Results: After applying the inclusion and exclusion criteria, 25 studies were included in the systematic review. After the quality analysis, 2 articles were classified as high quality, 17 as medium quality, and 7 as low quality. They showed average amounts of molar distalization from 2.30mm to 5.58mm and tipping between -8.2° and $+2.6^\circ$ with molar expansion and mesio-palatal rotation. Conclusion: There was scientific evidence that palatal anchorage systems are effective for distalization.

Keywords :

Class II malocclusion ; Molar distalization ; Orthodontic miniscrew ; Systematic review
