



HAL
open science

Méthodes d'accélération du mouvement orthodontique : revue systématique et méta-analyse de la littérature jusqu'en 2021

Boris Piquet, Erwan Caër

► To cite this version:

Boris Piquet, Erwan Caër. Méthodes d'accélération du mouvement orthodontique : revue systématique et méta-analyse de la littérature jusqu'en 2021. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022. dumas-04106250

HAL Id: dumas-04106250

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04106250v1>

Submitted on 25 May 2023

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.



THÈSE D'EXERCICE / UNIVERSITÉ DE RENNES 1

Thèse en vue du
DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

présentée par

Piquet Boris

Né le 4 juin 1996 à Saint-Lô

Caër Erwan

Né le 22 juillet 1997 à Caen

**Méthodes d'accélération
du mouvement
orthodontique : revue
systématique et méta-
analyse de la littérature
jusqu'en 2021**

**Thèse soutenue à Rennes
le 5 janvier 2022**

Devant le jury composé de :

Sylvie JEANNE

PU-PH, UFR d'odontologie Rennes - CHU
Rennes- Parodontologie / *Président du jury*

Jean-louis SIXOU

PU-PH, UFR d'odontologie Rennes - CHU
Rennes- Pédodontie / *examineur*

Thomas POTTIER

AHU, CHU Rennes - Orthodontie / *examineur*

Damien BREZULIER

MCU PH, UFR d'odontologie Rennes - CHU
Rennes- Orthodontie / *directeur de thèse*

N° d'ordre :

Année 2022



THÈSE D'EXERCICE / UNIVERSITÉ DE RENNES 1

Thèse en vue du
DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

présentée par

Piquet Boris

Né le 4 juin 1996 à Saint-Lô

Caër Erwan

Né le 22 juillet 1997 à Caen

**Méthodes d'accélération
du mouvement
orthodontique : revue
systématique et méta-
analyse de la littérature
jusqu'en 2021**

**Thèse soutenue à Rennes
le 5 janvier 2022**

Devant le jury composé de :

Sylvie JEANNE

PU-PH, UFR d'odontologie Rennes - CHU
Rennes- Parodontologie / *Président du jury*

Jean-louis SIXOU

PU-PH, UFR d'odontologie Rennes - CHU
Rennes- Pédodontie / *examinateur*

Thomas POTTIER

AHU, CHU Rennes - Orthodontie / *examinateur*

Damien BREZULIER

MCU PH, UFR d'odontologie Rennes - CHU
Rennes- Orthodontie / *directeur de thèse*



UFR D'ODONTOLOGIE

CORPS ENSEIGNANT UFR ODONTOLOGIE

Responsable de discipline

Section 56-01 : Développement, croissance et prévention

Odontologie pédiatrique

SIXOU Jean Louis	Professeur des universités-Praticien hospitalier
DAVIT-BEAL Tiphaine	Professeur des universités - Praticien hospitalier
MARIE-COUSIN Alexia	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
JOUAULT Estelle	Assistant hospitalier universitaire

Orthopédie dento-faciale

SOREL Olivier	Professeur des universités - Praticien hospitalier
BREZULIER Damien	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
ALLEREAU Béatrice	Assistant hospitalier universitaire
NAAIM Mohamed	Assistant hospitalier universitaire
CONTAMINE Marie	Assistant hospitalier universitaire
POTTIER Thomas	Assistant hospitalier universitaire

Section 56-02 Prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale

BERTAUD Valérie	Professeur des universités - Praticien hospitalier
PRIGENT Hervé	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
COUATARMANACH Antoine	Maître de conférences des universités (associé)
MAYOROVA Nadège	Assistant hospitalier universitaire
ZNATY Gaëlle	Assistant hospitalier universitaire

Section 57-01 : Chirurgie orale ; parodontologie ; biologie orale

Chirurgie orale

LEJEUNE-CAIRON Sophie	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
LIMBOUR Patrick	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
BADER Gérard	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
MURDEN Krisnen	Assistant hospitalier universitaire
DULONG Arnaud	Assistant hospitalier universitaire
HAMON Julien	Assistant hospitalier universitaire

Parodontologie

JEANNE Sylvie	Professeur des universités - Praticien hospitalier
BOLLE Caroline	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
NOVELLO Solen	Maître de conférences des universités (associé)
POULOUIN Bénédicte	Assistant hospitalier universitaire
ALTHYAB Amr	Assistant universitaire (associé)

Biologie orale

BONNAURE-MALLET Martine	Professeur des universités - Praticien hospitalier
MEURIC Vincent	Professeur des universités - Praticien hospitalier
CHATHOTH Kanchana	Assistant universitaire (associé)

Section 58 : Dentisterie restauratrice, endodontie, prothèses, fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux

Dentisterie restauratrice, endodontie

DAUTEL Anne	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
LE GOFF Anne	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
TURPIN Yann-Loïg	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
PERARD Matthieu	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
LE CLERC Justine	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
VO VAN Thomas	Assistant hospitalier universitaire
GASTINEAU Richard	Assistant hospitalier universitaire
NOËL Audrey	Assistant hospitalier universitaire

Prothèses

BEDOUIN Yvan	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
RAVALEC Xavier	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
CHAUVEL Brice	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
LEFRANCOIS Etienne	Assistant hospitalier universitaire
GOUBIN William	Assistant hospitalier universitaire
DESCLOS-THEVENIAU Marie	Assistant hospitalier universitaire
LECLERC Clément	Assistant hospitalier universitaire

Fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux

CHAUVEL-LEBRET Dominique	Professeur des universités - Praticien hospitalier
MEARY Fleur	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
CATHELINEAU Guy	Professeur émérite
MELOU Caroline	Assistant hospitalier universitaire

Section 41 : Sciences biologiques

SHACOORI Zohreh	Maître de conférences
------------------------	-----------------------

Section 65 : Biologie cellulaire

GAUTIER-COURTEILLE Carole	Maître de conférences (HDR)
----------------------------------	-----------------------------

Remerciements

À Madame la Professeur Sylvie JEANNE,

Nous vous remercions de nous faire l'honneur de présider ce jury de thèse. Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de notre reconnaissance respectueuse.

À Monsieur le Professeur Jean-Louis SIXOU,

Merci d'avoir accepté de faire partie de ce jury de thèse

À Monsieur le Docteur Thomas POTTIER,

Merci d'avoir accepté de siéger au sein de ce jury

À Monsieur le Docteur Damien BREZULIER

Nous vous remercions vivement de nous avoir fait confiance en acceptant de diriger ce travail.

Table des matières

Introduction	6
1 Matériels et méthodes	7
1.1 <i>Protocole, enregistrement et rapport d'étude</i>	7
1.2 <i>Critères d'éligibilités</i>	7
1.2.1 Patients	8
1.2.2 Intervention.....	8
1.2.3 Comparaison	8
1.2.4 Critères de jugement.....	8
1.2.5 Types d'études	8
1.3 <i>Source d'information et stratégie de recherche</i>	9
1.4 <i>Sélection des études</i>	9
1.5 <i>Protocole de collecte des données</i>	9
1.6 <i>Évaluation des risques de biais dans les études incluses</i>	9
1.7 <i>Analyse des données</i>	10
2 Résultats	11
2.1 <i>Études sélectionnées</i>	11
2.2 <i>Caractéristiques des études et risque de biais</i>	12
2.3 <i>Résultats des études incluses et méta-analyses</i>	15
2.3.1 Photo-biomodulation	22
2.3.2 Microvibration.....	23
2.3.3 Micro-osteoperforation (MOP)	24
2.3.4 Concentré plaquettaire riche en fibrine (PRF)	25
2.3.5 Corticotomie.....	26
2.3.6 Piézocision.....	26
3 Discussion	27
Conclusion	31
Références	32

Introduction

Les anomalies de positionnement des mâchoires et des dents constituent des dysmorphoses et des malocclusions. Bien que leurs prévalences soient variables, l'utilisation de l'« *index of orthodontic need* » met en évidence qu'au moins 30% de la population a besoin d'un traitement orthodontique (1–4). Les malocclusions sont fréquemment associées à des problèmes parodontaux (5), carieux (6), mais aussi à des troubles phonétiques (7), des troubles du sommeil (8), des symptômes de dysfonction temporo-mandibulaire (DTM) (9). L'efficacité et la performance masticatoire sont également affectées. L'impact négatif des malocclusions sur la qualité de vie des adultes mais aussi des enfants et des adolescents a d'ores et déjà été mis en évidence (10). L'objectif de l'orthopédie dento-faciale est de corriger ces malocclusions et dysmorphoses. Toutefois, un traitement orthodontique est long, de 24 à 36 mois et non dénué de risques : caries, résorptions radiculaire, douleurs et atteintes parodontales (11,12).

Dès lors, l'accélération du traitement orthodontique s'avère nécessaire pour pallier le plus rapidement possible ces anomalies et limiter les effets iatrogènes. En parallèle, réduire la durée de traitement est synonyme de maîtrise des coûts et offre la possibilité d'une prise en charge plus large de la population.

Le déplacement dentaire orthodontique (OTM) est la conséquence d'un orage cytokinique pro-inflammatoire induit par l'application d'une force mécanique. C'est l'application même du concept de mécanobiologie (13). Ce processus se déroule en quatre étapes. Les contraintes matricielles dans le ligament parodontal et l'os alvéolaire immédiatement après l'application de la force entraînent des écoulements de fluides. Les cellules se trouvent déformées par ces mouvements liquidiens. En réponse, les fibroblastes et les ostéoblastes ainsi que les ostéocytes sont activés et libèrent une vaste gamme de cytokines et autres médiateurs de l'inflammation. Une combinaison de remodelage par résorption et apposition localisée au ligament et à l'os alvéolaire permet le mouvement dentaire (14).

Ces dernières années, de nombreuses études se sont consacrées aux nouvelles techniques d'accélération du mouvement dentaire : corticotomie, micro-osteoperforation, piezocision, photo-biomodulation, concentré plaquettaire riche en fibrine (PRF), micro-vibration, utilisation d'agents pharmacologiques comme les

facteurs de croissance, l'hormone parathyroïde, la thyroxine et la vitamine D. Toutes ces interventions ont pour objectif d'impacter le processus de remodelage osseux en favorisant le relargage de molécules indispensables à son turn-over. Malgré tout, l'hétérogénéité des méthodes utilisées, les nombreux biais et le faible niveau de preuve ont pu mener à des conclusions erronées et conduire à de mauvaises pratiques cliniques.

Récemment, plusieurs revues systématiques et méta-analyses sur les interventions d'accélération de l'OTM ont été publiées. Cependant, peu d'articles regroupent les différentes techniques d'accélération. Après les études de Long (15), Gkanditis (16), Kalemaj (17), Yi (18) et Fu (19), une revue systématique et méta-analyse trouve toute sa place compte tenu des récentes publications, postérieures à 2019.

L'objectif de cette revue systématique de littérature et méta-analyse était de comparer l'effet des différentes interventions destinées à accélérer le mouvement dentaire après avoir évalué la qualité méthodologique des études consacrées à ce sujet.

1 Matériels et méthodes

1.1 Protocole, enregistrement et rapport d'étude

Cette revue a été élaborée et suit un protocole de méta-analyse standard. L'étude a été enregistrée sur la base de données en ligne PROSPERO avec le numéro d'enregistrement CRD42021239312. Le rapport de cette étude a été réalisé conformément aux recommandations PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (20).

1.2 Critères d'éligibilités

L'objectif de cette étude était de comparer l'effet des interventions pour accélérer le mouvement dentaire. Uniquement des études contrôlées randomisées et des essais cliniques contrôlés ont été inclus. Les études sélectionnées étaient en français ou en anglais et publiées entre 2010 et 2021.

1.2.1 Patients

Les études analysées portaient sur des patients en bonne santé (sans maladies systémiques susceptibles d'influencer les résultats du traitement orthodontique) et ayant besoin d'orthodontie.

1.2.2 Intervention

Toutes les interventions qui avaient pour but d'augmenter la vitesse de déplacement dentaire durant un traitement orthodontique ont été incluses. L'usage de produit pharmacologique était exclu.

1.2.3 Comparaison

Tout traitement orthodontique, quelle que soit la technique multi-attache, qui ne réalisait pas d'intervention pour augmenter la vitesse de déplacement dentaire.

1.2.4 Critères de jugement

Ont été considérés comme critères principaux, tous les indicateurs de vélocité du mouvement dentaire : vitesse de recul des canines, durée de la phase d'alignement ou durée totale du traitement. Les critères secondaires retenus étaient : douleur, résorption radiculaire, perte d'ancrage, caries dentaires, santé parodontale.

1.2.5 Types d'études

Cette étude a été réalisée en deux étapes. La première qualitative (revue systématique) dans laquelle les études contrôlées randomisées et des essais cliniques contrôlés ont été analysés. La seconde, quantitative (méta-analyse) incluant uniquement des essais contrôlés randomisés (ECR).

Les critères d'exclusion sont les suivants : étude rétrospective, cohorte, rapports de cas, études descriptives, expérimentation animale, études incluant des patients avec des pathologies systémiques qui affectent le mécanisme du mouvement dentaire, le métabolisme osseux ou des défauts intra-oraux (fentes faciales).

Les critères suivants pour un traitement orthodontique conventionnel n'ont pas été pris en compte : type de bracket, type de système, forces appliquées et système d'ancrage.

1.3 Source d'information et stratégie de recherche

La recherche électronique a été réalisée du 12 février 2021 au 13 mars 2021 sur PubMed, Embase, Cochrane et Web of Science avec la stratégie suivante : *orthodontic tooth movement* OR *orthodontic speed* OR *tooth movement velocity* OR *accelerating tooth movement*. La recherche a été réalisée indépendamment par deux examinateurs (BP et EC).

1.4 Sélection des études

Deux examinateurs (BP et EC) ont effectué l'évaluation de l'éligibilité de manière indépendante et en aveugle. Les désaccords ont été résolus par consensus ou par une troisième personne (DB). Dans un premier temps l'évaluation des titres et des résumés a été assurée par une simple lecture. Dans un second temps, la sélection des articles potentiellement éligibles a été réalisée par une lecture complète. Les auteurs des articles indisponibles ont été contactés pour demander l'accès au texte intégral.

1.5 Protocole de collecte des données

Deux auteurs (BP et EC) ont extrait les données de manière indépendante. Les désaccords ont été résolus soit par consensus, soit par un troisième auteur (DB). Cette étape a été réalisée grâce au logiciel COVIDENCE (Covidence systematic review software, Veritas Health Innovation, Melbourne, Australia). Pour chaque étude incluse, la collecte des données a porté sur : les caractéristiques de l'étude (année, niveau de preuve, conception de l'étude, période de suivi) ; les caractéristiques des participants à l'essai (âge, sexe, nombre de patients inclus dans l'analyse, population analysée) ; le type d'intervention ; les résultats selon le critère de jugement principal (indicateur de mouvement dentaire) ou secondaire (l'évaluation de la douleur, vitalité pulpaire, résorption, perte d'ancrage, caries, santé parodontale)

1.6 Évaluation des risques de biais dans les études incluses

L'outil RoB 2 du « *cochrane collaboration tool for assessing the risk of bias* » a été utilisé pour l'évaluation du risque de biais des études contrôlées randomisées. Cette étape a été réalisée indépendamment par deux auteurs (BP et EC). Les items d'évaluation comprenaient la randomisation, les écarts par rapport à l'intervention prévue, les

données incomplètes sur les résultats, les biais par rapport à la mesure des résultats et la communication non-exhaustive des résultats. Pour chaque item, la mention "risque élevé" indiquait un risque élevé de biais, la mention "risque faible" indiquait un risque faible de biais et la mention "risque incertain" indiquait soit un manque d'information, soit une incertitude quant à la possibilité de biais. Pour l'évaluation du risque de biais globale, un faible risque était reporté si tous les items étaient considérés comme ayant un risque de biais faible. Un risque de biais incertain était reporté si au moins un item était considéré comme ayant un risque incertain. Un fort risque était reporté si au moins un item était considéré comme ayant un haut risque ou que plusieurs items étaient jugés incertains.

L'outil ROBINS-I a été utilisé pour l'évaluation du risque de biais des études non randomisées. Les items d'évaluation comprenaient les biais suivants : de confusion, de sélection des participants, de classification des interventions, d'écarts par rapport aux interventions prévues, de données manquantes, de mesure des résultats et le biais dans la sélection du résultat rapporté. Pour chaque item, l'évaluation a consisté à répondre à la question posée en indiquant si le biais est « faible » « modéré » « sérieux » ou « critique ». Pour l'évaluation du risque de biais globale, un risque de biais sérieux ou critique était reporté si au moins un item était considéré comme ayant un risque de biais sérieux ou critique.

1.7 Analyse des données

Pour les résultats primaires, les différentes moyennes ont été regroupées comme indices d'efficacité. Ces indices d'efficacité ont été présentés avec des intervalles de confiance à 95 %.

Les analyses ont été effectuées à l'aide de R avec les bibliothèques « meta » et « Rmeta ». Les résultats sont présentés conformément au format PRISMA.

La possibilité d'une hétérogénéité statistique a été déterminée par inspection visuelle des *forest plots*, calcul de l'indice I^2 et de la statistique Q. En l'absence d'hétérogénéité ($I^2 < 50\%$, valeur $P < 0,10$), un modèle à effet fixe a été utilisé pour réaliser la méta-analyse. En cas d'hétérogénéité, le choix s'est porté sur un modèle à effet aléatoire. Le biais de publication n'a pas été étudié graphiquement (diagrammes en entonnoir)

ni par des tests (le test de corrélation de rang) car le nombre d'étude était faible, ce qui limite l'utilité de ces méthodes.

2 Résultats

2.1 Études sélectionnées

Initialement, la recherche électronique a identifié 2750 références. Après élimination des 746 doublons, 1887 autres références ont été éliminées à la lecture du titre et du résumé. Les 117 références restantes ont été lues en intégralité et analysées.

Après lecture des articles complets, 73 références ont été éliminées : 29 ayant un mauvais design d'étude, 15 qui n'étaient pas en rapport avec la question, 9 avec de mauvais paramètres d'étude, 8 études portant sur l'animal, 5 avec un mauvais comparateur, 3 avec de résultats sans rapport avec l'hypothèse testée, 2 avec de mauvaise intervention et 2 études *in vitro*. Finalement, 44 articles ont été retenus pour l'analyse qualitative.

Concernant l'analyse quantitative, 23 articles ont été écartés car leurs protocoles cliniques n'étaient pas comparables, 4 études ont été écartées car les résultats n'étaient pas comparables (21–24) enfin une étude qui n'était pas un essai contrôlé randomisé (25) a été écartée. Ceci laissait une analyse de 16 articles.

Les détails de l'inclusion des études ont été résumé dans le diagramme de flux PRISMA (Figure 1).

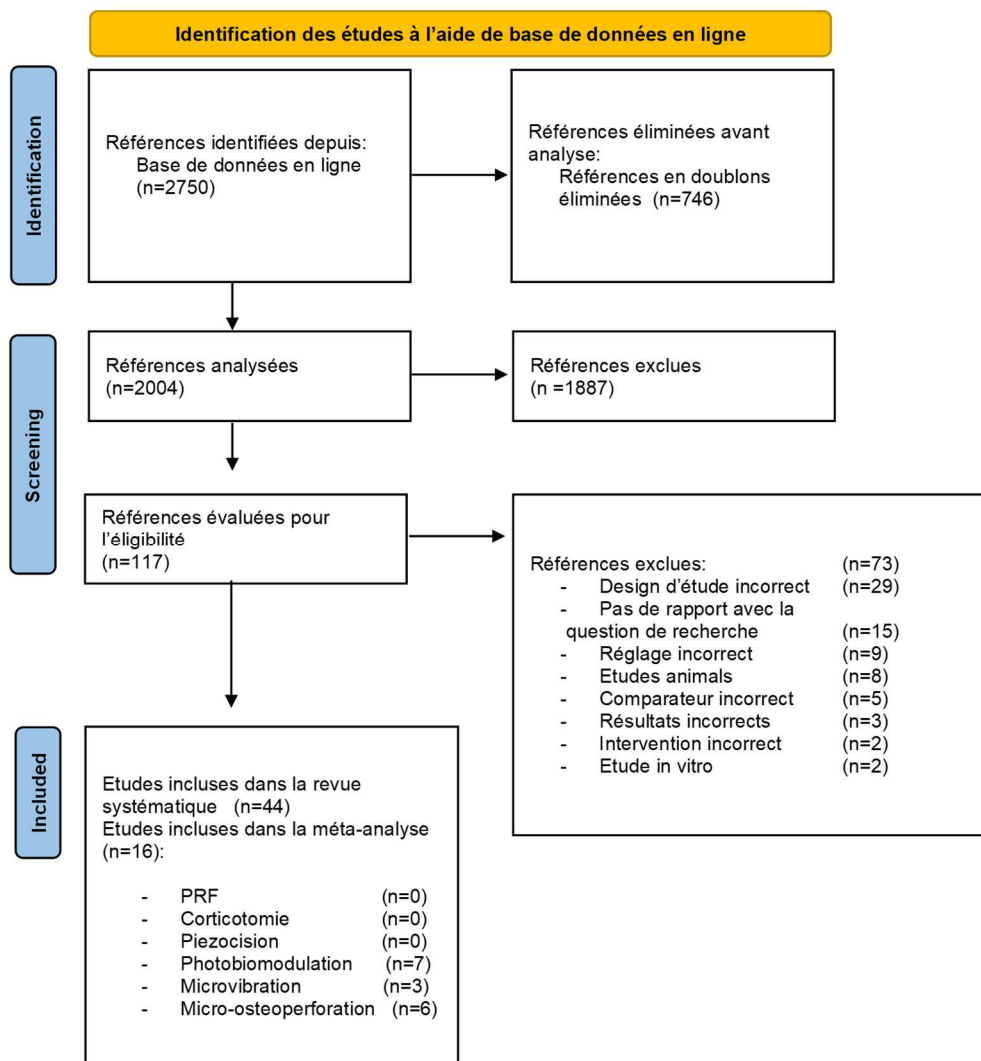


Figure 1 : Stratégie de recherche et de sélection systématique

2.2 Caractéristiques des études et risque de biais.

Parmi les études incluses, 41 étaient des essais contrôlés randomisés et 3 des essais contrôlés. Sur ces 44 études, 22 ont été réalisées en technique « *split mouth* » et 22 en groupes parallèles.

Les modalités évaluées étaient la photo-biomodulation pour 13 études, 6 pour la piézocision, 4 pour la corticotomie, 8 pour la microvibration, 10 pour la micro-ostéoperforation et 3 évaluaient le concentré plaquettaire riche en fibrine (PRF).

Toutes les études non randomisées ont été jugées à risque sérieux de biais soit à cause d'un biais de confusion car l'énergie diffusée sur les tissus est difficile à quantifier suivant la morphologie des sujets avec un système d'exposition extra-oral (25) soit à cause d'un manque d'information, notamment concernant la sélection des sujets ou le protocole d'application du système (26) soit un biais dans la mesure des résultats (27) (Tableau 1).

		Risk of bias domains							Overall
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	
Study	Liao, 2017	-	X	+	?	X	+	+	X
	Shoreibah, 2012	-	-	+	?	X	X	+	X
	Kau, 2013	X	-	+	?	X	-	+	X

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
 Serious
 Moderate
 Low
 No information

Tableau 1 : Évaluation de la qualité des études non randomisées d'après ROBINS-I.

Concernant les études contrôlées randomisées, 14 études ont été jugées à faible risque de biais, 10 à haut risque de biais et 17 ont été classées dans la catégorie "risque incertain" (Tableau 2).

Study	Risk of bias domains					Overall
	D1	D2	D3	D4	D5	
Zeitounlouia, 2020	+	-	+	-	+	-
Reyes Pacheco, 2020	+	+	+	+	+	+
El-Timamy, 2020	+	+	+	+	+	+
Attri, 2018	+	+	+	+	+	+
Aikhani, 2013	-	+	+	+	+	-
Gulduren, 2020	-	+	+	+	+	-
Kundi, 2020	+	+	+	+	+	+
Fattori, 2020	+	+	+	+	+	+
Feizbakhsh, 2018	-	-	-	+	-	✗
Asif, 2020	-	-	+	+	+	-
Alqadasi, 2019	-	+	-	+	+	-
Alkebsi, 2018	-	+	+	+	+	-
Aboalnaga, 2019	+	+	+	+	+	+
Miles, 2018	+	+	-	+	+	-
Pavlin, 2015	+	+	+	+	✗	✗
Telatar, 2020	+	+	+	+	+	+
Taha, 2020	+	+	+	-	+	-
Dibiase, 2018	+	+	+	+	+	+
Siriphan, 2019	+	✗	+	✗	+	✗
Falkensammer, 2014	+	+	+	+	+	+
Al-Naoum, 2014	+	+	+	✗	+	✗
Sharma, 2020	-	✗	+	✗	+	✗
Leethanakul, 2014	-	-	+	-	+	✗
Hatrom, 2020	+	-	+	+	+	-
Al-Areqi, 2020	+	+	+	-	+	-
Al-Imam, 2019	+	+	+	+	+	+
Charavet, 2016	+	-	-	-	+	✗
Charavet, 2019	+	+	+	+	+	+
Raj, 2020	-	-	-	+	+	✗
Lalnunpuii, 2020	+	-	+	+	+	-
Nahas, 2017	+	+	-	+	+	-
Yassaei, 2016	+	+	+	-	+	-
Qamruddin, 2017	+	-	+	+	+	-
Guram, 2018	+	-	-	+	+	-
Stornolo-Souza, 2020	+	+	-	+	+	-
Ekizer, 2016	+	+	+	+	+	+
Al Sayed Hasan, 2017	+	+	+	✗	+	✗
Varella, 2018	+	+	+	+	+	+
Chung, 2015	-	-	+	✗	+	✗
Üretürk, 2017	+	-	-	-	+	-
Mistry, 2020	+	+	+	+	+	+

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
✗ High
- Some concerns
+ Low

Tableau 2 : Évaluation de la qualité des études randomisées d'après Rob-2.

2.3 Résultats des études incluses et méta-analyses.

Préalablement à l'analyse, les 44 études ont été divisées en 6 groupes selon le type d'intervention : photo-biomodulation, microvibration, micro-osteoperforation, piezocision, PRF et corticotomie. Les tableaux 3, 4, 5, 6, 7, 8 synthétisaient les caractéristiques des études retenues.

Study	Methods	Participants	Sample size	Follow-up period	Interventions	primary outcome	other outcome
Lahnunpuu et al. 2020 (23)	RCT, parallel group	17.53 +/- 1.07/ 41F, 24M	65	until the completion of space closure	Canine retraction, Extraction of all first premolars, GaAlAs laser (The Silberbauer CL mini, Vienna, Austria), U/E/ 658 nm; 2.29 J/cm ² / first month, 4 times (day 0, 3, 7, 14). From second month: every 15th day. Exposure time: 10 seconds. Direct contact.	Rate of tooth movement significantly higher in the experimental group	NA
Nahas et al. 2017 (35)	RCT, parallel group	exp 21: 8: c21:1 / N/A	40	until the complete resolution of the lower anterior crowding	Decrowding of the lower anterior segment. No extraction. OrthoPulse device from Biolux® Ltd. 850 nm, 90 mW/cm ² , 108 J/cm ² , for 20 minutes, extra oral system, at home device	Treatment time required to align the lower anterior teeth: significant reduction Test group: 87.8 days Control group: 68.3 days	NA
Yassaeei et al. 2016 (27)	RCT split-mouth double-blind trial	19.5 4.21 / 11F	11	4 months	Canine retraction/extraction of all first premolars: GaAlAs laser diode laser (A.R.C. Laser GmbH, Nurnberg, Germany) (980 nm, 100 mW, 5.6 J/cm ²), days 0, 7, 14, 21, and 28 of each month during the canine retraction phase.	Mean retraction velocity of canine: No statistical difference Test group: 0.0134 Control group: 0.0125	No significant difference in the mean concentration of IL-6 at various stages of the treatment between the groups (P > 0.05).
Qamruddin et al. 2017 (33)	RCT, split-mouth single-blind trial	19.8 +/- 3.1 / 11F, 11M	22	9 weeks	Canine retraction/extraction of both maxillary first premolar: GaAlAs laser (Ilas, Biolase, Irvine, Calif) 940 nm, 100mW, energy density: 7.5 J/cm ² was applied on the experimental side and then repeated after 3 weeks for 2 more consecutive follow-up visits.	Amount of canine retraction: significantly higher Test group: 1.60 +/- 0.38 mm Control group: 0.79 +/- 0.35 mm	Pain was significantly less on the experimental side only on the first day after application of LLLT and at the second visit
Gurram et al. 2018 (29)	RCT, split-mouth, double-blind trial	19.75 ± 1.65 / 8M, 20 12F	20	until space closure	Canine retraction/extraction of all first premolars: Low-level Ga-Al-As laser (810 nm, 5 J/cm ² power output) 2W) applied for 80 s weekly for 21 days.	Rate of canine retraction: significantly higher (1.17–1.9-fold)	NA
Storriolo-Souza et al. 2020 (26)	RCT, parallel group	14.04/NA	11	90 days	Canine retraction/extraction of all first premolars: Low-level laser (AKGSA H-TM) Laser, MM(Optics) emitting 780 nm range light, with continuous waves, and a spot size of 0.04 cm ² was used once a month, application of 4J for mandibular canine and 9J for maxillary canine by session.	Amount of maxillary canine movement: no significant difference. Amount of mandibular canine movement significant difference only at 1 month.	No decrease of pain sensitivity
Etker et al. 2016 (31)	RCT, split-mouth	16.77 +/- 1.41 / 13F, 7M	20	3 months	Canine retraction/extraction of maxillary first premolars: OsseoPulse LED device, wavelength of 618 nm, output power of 20 mW/cm ² . Radiation for 20 minutes once a day during 21 days. Extra oral system.	Amount of tooth movement: significantly higher Increasing of tooth movement during the 1st month (P < 0.001; 1.58-fold), 2nd month (P < 0.05; 1.21-fold), and 3rd month (P < 0.001; 1.31-fold) of orthodontic treatment.	Miscrew stability: similar at baseline and the 1st month but significantly increased in 2nd and 3rd months.
Al Sayed et al. 2017 (24)	RCT, parallel group	20.07 +/- 3.13 / 20F, 6M	26	Until space closure	Canine retraction/extraction of the first maxillary premolars: Ga-Al-As Emission continuous Wave length 830 nm 2.25 J/cm ² Energy/point 2J Output: 150 mW/ Exposure time by point 15 s/ Direct contact. Laser sessions: First month: 4 (d 0, 3, 7, 14), starting from the second month: every 15 days.	Overall treatment time: significantly shorter Test group: 81.23 days +/- 15.29 Control group: 109.23 days +/- 14.18	NA
Varella et al. 2018 (32)	RCT split-mouth	14 to 25; 6F, 4M	10	8 weeks	Canine retraction, maxillary first premolar extraction: GaAlAs laser (Ebase, BOLA SE) wavelength: 940 nm, energy density: 8 J/cm ² ; power output: 100 mW; delivered low-level laser therapy at 10 points, 10 seconds per point, for 3 consecutive days at the start of canine retraction, 4 weeks later and 8 weeks later.	Rate of canine retraction: significantly higher on the experimental side compare to the control side Test group: 4.45 +/- 0.5749 mm/month Control group: 2.025 +/- 0.5594 mm/month	LLL increase level of interleukin-1beta. Plaque accumulation was normal. Periodontal destruction was not detected.
Kau et al. 2013 (25)	controlled clinical trials, parallel group	18 +/- 7 / 62F, 28M	90	until alignment was achieved	Class I malocclusion with irregularly score of < 2 mm in either arch correction OrthoPulse device (850 nm, 60 mW/cm ²) worn by patients at home for 20, 30 min/day or 60 min/week.	Mean rate of change in Little's Index of irregularity: significantly higher Test group: 1.1 mm/week +/- 1.0 Control group: 0.5mm/week +/- 0.4	NA
Chung et al. 2015 (28)	RCT split-mouth	16.07 / 6F; 11M	11	3 months	Canine retraction/bilateral extraction of first or second premolar: OrthoPulse device (Biolux® Ltd., Vancouver, Canada) provide an infra-auricular energy level of 0.92–6.92 J/cm ² 21 minutes every days, at home. Extra-oral system.	Average extraction space size: no statistical difference was found TO (Test group=5.24 mm, Control group=5.08 mm), 5 weeks (Test group=3.64 mm, Control group=3.3 mm) or 10weeks (Test group=2.75 mm, Control group=2.95 mm) p=0.5006	NA
Üretürk et al. 2017 (30)	RCT split-mouth	16.2 +/- 6.1 32 / 8F, 7M	15	3 months	Canine retraction, extraction of maxillary first premolars: GaAlAs laser (Doris CTL-1106MX) wavelength of 820 nm continuous wave, output: 20 mW/ spot size of 4 mm ² /energy density of 5 J/cm ² , 10 s per point/ 2 J of energy per point/ session of 10 point/ session on 0, 3, 7, 14, 21, 30, 33, 37, 44, 51, 60, 63, 67, 74, 81, 84, 90 days.	Average amount of distalization of canines significantly higher Test group: 3.9 ± 1.41 mm Control group: 2.77 ± 1.49 mm	Periodontal indices showed no sign of gingival inflammation during canine distalization period
Mistry et al. 2020 (34)	RCT split-mouth	17.3 +/- 2.5 / 15F, 7M	22	12 weeks	Canine retraction, bilateral maxillary first premolar extractors: GaAlAs laser (Thor Pro Medicline) wavelength 808nm, power: 0.20 W/ 1.97 W/cm ² /continuous wave/application of 8 points per canine tooth/10 seconds per point/ 1.72 J of energy per point/application on days 0, 28 and 56.	Total amount of tooth movement: no significant difference Test group: 2.55mm +/- 0.73 Control group: 2.30mm +/- 0.86	No significant differences were found for anchorage loss or canine rotation. No hairs were reported.

Tableau 3 : caractéristiques des études sur la photobiomodulation

Study	Methods	Participants	Sample size	Follow-up period	Interventions	primary outcome	other outcome
Miles et al. 2018 (36)	RCT, parallel group	12.84 / 26F; 14M	40	When the spaces on 1 side or both sides of the arch were almost but not fully closed	Maxillary first or second premolar extraction; AccelDent Aura appliance for 20 minutes per day.	Canine retraction: Difference of 0.05 mm/month (95% CI: -0.24, 0.34) In favor of accelDent appliance; No statistical difference were found.	No negative outcome were reported by any participant during the trial.
Lao et al. 2017 (39)	Clinical trial, split mouth design	13.06/ NA	13	3 months	The vibration was applied on the buccal surface of canine for 10 min/day for 28 days, using an Oral B (USA) Hamming Bird Vibrating Unit	Canine retraction: The amount of canine distalization on the vibration side was significantly higher as measured from the cusp tips (P = 0.009)	The volume-average hydrostatic stress in the periodontal ligament was computationally calculated to be higher with vibration compared with the control group for maxillary teeth and for both linguo-buccal and mesial-distal directions.
Pavlin et al. 2015 (37)	RCT, parallel group	12 to 40 / NA	45	until space closure	Maxillary first premolar extraction; AccelDent Device appliance for 20 minutes per day; Miniscrews were used.	Maxillary canine retraction: group: 1,16 mm/month (95% CI: 0.86–1.46); Control group: 0,79 mm/month (95% CI: 0.49–1.09); Mean difference: 0,37 mm/month (95% CI: 0,07–0,81, P=0.05); Statistical difference were found.	NA
Telatar et al. 2020 (38)	RCT, parallel group	13 to 18 / 10F; 10M	20	6 months	First premolar extraction; AccelDent Aura appliance for 20 minutes per day; Miniscrews were used.	Canine retraction: differences were not statistically significant (p> 0.05). Tooth movement rates were 1.06 mm/month for mandibular and maxillary canine teeth in the control group. In the study group, tooth movement rates were 1.24 mm/month for maxillary canines and 1.09mm/month for mandibular canines.	NA
Taha et al. 2020 (21)	RCT, parallel group	12 to 17/NA	21	3 months	Maxillary first premolar extraction; AccelDent Aura appliance for 20 minutes per day.	Maxillary canine retraction: group: 1,21 to 0,32 mm/month group: 1,12 to 0,20 mm/month No statistical difference were found at any time point.	No statistically significant differences pain perception
Dibiase et al. 2018 (22)	RCT, multicenter parallel 3 arm trial	14,1 / 40 F; 41M	81	4 months	Both mandibular first premolar extraction; AccelDent Aura appliance for 20 minutes per day.	Canine retraction: The overall median rate of initial mandibular arch space closure was 0.89 mm per month with no statistical difference.	Overall rate of mandibular space closure, treatment duration, number of visits, breakages and Peer Assessment Rating (PAR) reduction during treatment: no significant differences.
Sriphan et al. 2019 (41)	RCT, parallel group	18 to 25/ 13F; 47M	60	3 months	Maxillary first premolar extraction; Modified electric toothbrushes were used to apply vibration for 20 min/day; 2 groups were created: one with 30Hz appliance, the other with 60Hz appliance	Canine retraction: Median Canine distalization rate: 30Hz:0.82 mm/month; 60Hz:0.87 mm/month; Control group: 0.83 mm/month. No statistical difference were found.	No differences in RANKL and OPG were observed
Falkensammer et al. 2014 (40)	RCT, parallel group	31.5/; 16F; 10M	26	4 months	First molar extraction; Application of impulses of extracorporeal shock waves at energy with shock wave device (Orthogodd 100) Miniscrews were used.	Mesialisation of second molar: Test group: 0.50 +/-0.44 mm/month Control group: 0.42 +/-0.35 mm/month No statistically significant difference were observed.	Periodontal status of the patients did not significantly differ in both groups. There is a significantly higher decrease of the plaque index in the experimental group (p = 0.003).

Tableau 4 : caractéristiques des études sur la micro-vibration

Study	Methods	Participants	Sample size	Follow-up period	Interventions	Primary outcome	Other outcome
Gulduren et al. 2020 (47)	RCT split mouth design	CG: 17.7, EG: 21.8 / 7F: 11M	18	12 weeks	Maxillary molar distalization. MOP were performed the first day of the distalization and repeated every 3 weeks during three times. Two MOP were performed between the second premolar and the first molar, the first and the second molar and distal to the second molar. Miniscrews were used. Extraction first premolar.	The mean amount of tooth movement was significantly greater on the MOP side when compared to the contralateral side at each time point. Maxillary molars on the MOP side moved 1.17-fold more than the ones on the contralateral side.	No differences in periodontal scores between the groups were observed. Pain VAS scores after intervention were significantly increased on the MOP side compared with the contralateral side of the experimental group but not at any other time point.
Kundi et al. 2020 (46)	RCT Parallel group	CG: 26.89, EG: 28.4 / 16F, 12M	28	28 days	Maxillary canine retraction. After extraction of maxillary first premolars and after 4-6 month of leveling and alignment phase, 3 MOP were performed distal to the canine. Extraction first premolar.	The average canine retraction was significantly higher on the experimental group: 5.97 ± 0.71 mm.; Control group: 2.33 ± 0.46 mm. Test	There was significant difference found in the perception of pain among experimental and control group on the first and second day; however, the difference was insignificant during rest of the week.
Fattori et al. 2020 (49)	RCT, Parallel group	CG: 27.8, EG: 20.4 / 1F, 7M	18	untill space closure	Maxillary and mandibular canine retraction with the extraction of the first maxillary and/or mandibular first premolars. Three MOP were performed middle of extraction site. ., repeated 7 times on average. Miniscrews were used.	Rate of tooth movement: no significant difference Control group: 0.614 mm/month; group: 0.672 mm/month Test	MOP increased physiological discomfort
Asif et al. 2020 (50)	RCT split mouth design	>18 years old / 18F, 6M / 24	24	3 months	Canine retraction. Two small flapless MOP was performed on the extraction site of first premolars. Group 1 received 4 sessions of MOPs at week 0 (baseline), 4, 8, and 12. Group 2 received 2 MOPs at week 0 (baseline) and 8. Group 3 received 2 MOPs at week 0 (baseline) and 12. Miniscrews were used. Extraction first premolar.	The rate of tooth movement is significantly higher on the MOP side	A strong negative correlation was observed between canine retraction and the Bone Volume/Tissue Volume ratio at the intervention side for group 1 (frequency interval: 4 weeks) and all frequency intervals together. No significant correlation was found for groups 2 and 3 (frequency interval: 8 and 12 weeks, respectively).
Aiqadasi et al. 2019 (51)	RCT split mouth design	Age: 15 to 40 / not mentioned	8	3 months	Maxillary canine retraction. The extraction site: 1.5-2mm width, 5-7 mm middle of depth. Miniscrews were used. Extraction first premolar.	Tooth movement: no significant difference first month: P = 0.77; mean difference: 0.2 mm; 95% CI: -0.13, 0.18 mm.; second month: P = 0.50; mean difference: -0.08 mm; 95% CI: -0.33, 0.16 mm.; third month: P = 0.76; mean difference: -0.05 mm; 95% CI: -0.40, 0.29 mm.	There were also no differences in anchorage loss, rotation, tipping, root resorption, plaque index, periodontal index, and pain perception between the MOP and control sides at any time point. MOPs had no effect on the patients' daily life, except for a feeling of swelling on the first day.
Faizbakhsh et al. 2018 (45)	RCT split mouth design	28 / 8F, 11M	20	28 days	Maxillary and mandibular canine retraction. distal aspects of canine 5-6 mm from crestal bone, 1.6 mm width, 3 mm depth. screwdriver device extraction first premolar.	The average rate of tooth movement in the interventional side was 1.36 mm and in the control group was 0.75 mm in 28 days. The difference in the rate of tooth movement in the control and experimental groups is significantly meaningful (P < 0.05).	not mentioned
Alkobsi et al. 2018 (42)	RCT split mouth design	19.26 (+/-2.48) / 24F, 8M	32	3 months	Maxillary canine retraction. Extraction 3 mm distal to canine and 5 mm below gingival margin, 1.5 mm width, 3-4 mm depth. Miniscrews were used.	Tooth movement: no significant difference First month: 0.2 mm; 95% CI: -0.13, 0.18 mm.; Second month: -0.08 mm; 95% CI: -0.33, 0.16 mm.; Third month: -0.05 mm; 95% CI: -0.40, 0.29 mm.	Anchorage loss: NS Canine tipping and rotation: NS Pain: MOP > control Swelling at the first day: MOP > control Root resorption: NS
Alkhanji et al. 2013 (44)	RCT Parallel group	CG: 24.7, EG: 26.8 / 8M, 7F	20	1 month	Canine retraction. Propel/Miniscrews were used. Extraction first premolar.	MOPs increased the rate of canine retraction by 2.3-fold when compared with the control group and contralateral side of the experimental group, which was statistically significant.	Pain: NS
Abotalaga et al. 2019 (43)	RCT split mouth design	16 to 30 / 18F	18	4 months	Maxillary canine retraction into the alveolar bone, perpendicular to the bone. Miniscrews were used. Extraction first premolar.	The mean distance moved by the canines in the control and MOP sides were 0.96, 1.41, 0.63, and 0.97 mm and 1.14, 1.09, 0.87, and 0.88 mm in the first, second, third, and fourth months respectively, with no significant difference	Anchorage loss: NS Pain: did not compare groups Root resorption: NS
Attri et al. 2018 (48)	RCT Parallel group	EG: 17.5, CG: 18.16 / 33F, 27M	60	untill space closure	Maxillary and mandibular canine retraction. Three small MOPs were performed in the middle of repeating MOP every 28 days.	A statistically significant increase in rate of tooth movement in the MOP group. Mean rate of space closure in the group which received MOP was 0.89 mm/month in the maxilla (right) and 0.88 mm/month in the maxilla (left) and 0.80 mm/month in the mandible (right) and 0.73 mm/month in the mandible (left). Whereas in the control group, mean rate of space closure was 0.63 mm/month in the maxilla (right) and 0.53 mm/month in the maxilla (left), 0.53 mm/month in the mandible (right) and 0.49 mm/month in the mandible (left).	MOP increased physiological discomfort.

Tableau 5 : caractéristiques des études sur la micro-osteoperforation

Study	Methods	Participants (age/gender)	Sample size	Follow-up period	Interventions	Primary outcome	Other outcome
Zeitounlouia et al. 2020 (54)	RCT, split mouth design	20,85 +/- 3,85 / 15F, 6M	21	5 months	Canine retraction; Extraction of the first maxillary premolars was done before. The intervention consisted of the injections of L-PRF on the mucosa of the extraction site, repeated on month later.	Rates of canine retraction: no statistical difference except at the second month. Test group: 1.40 +/-0.83 mm/month; Control group: 0.97 +/-0.61 mm/month Overall duration of canine retraction: No statistical difference; Test group: 3.28 ± 1.00 mm/months; Control group: 3.57 ± 1.16 mm/month	Anchorage loss and canine rotation no statistical difference (p> 0.05).
Reyes Pacheco et al. 2020 (53)	RCT, split mouth design	33 +/- 5.9 / 12F, 5M	17	5 months	Canine retraction; extraction of first maxillary premolars. The alveolus of first premolars removed were filled with L-PRF membranes.	The disattribution rate of the canine was significantly greater on the control side than on the experimental side. Control group: 0.90 mm/month ; 95% CI: 0.8-1. Test group: 0.67 mm/month, 95% CI: 0.6-0.7.	Canine inclination was greater on the control than on the experimental side
El-Timamy et al. 2020 (52)	RCT, split mouth design	18 +/- 3 / 16F	16	4 months	Canine retraction, first premolars extraction, Intraalveolar and submucosal PRF injection on the canine and on the mucosa at the beginning of retraction phase, 21, and 42 days after	Rate of canine retraction: significantly faster in the first month Control group: 1.35 +/- 0.62 mm/month; Test group: 1.55 +/- 0.63 mm/month. On the other hand, it was significantly slower on the intervention side in the third month Control group: 1.01 +/- 0.63 mm/month; Test group: 0.59 +/- 0.96 mm/month	No difference between control and experimental side regarding reported pain

Tableau 6 : caractéristiques des études concernant le PRF

Study	Methods	Participants	Sample size	Follow-up period	Interventions	Primary outcome	Other outcomes
Shoreibah et al. 2012 (55)	Controlled clinical trial parallel group	18.4 to 26.6 / 17F: 3M	20	Until the end of treatment	Treatment time of a moderate crowding of the lower anterior with a fixed standard edgewise orthodontic appliance accompanied by a further modified corticotomy technique described by Wilco et al (2009) in a non-extraction treatment plan.	There was a statistically significant difference between the two groups regarding the treatment duration: Test group: 17.5 ± 2.8 weeks Control group: 49 ± 12.3 weeks.	No significant changes occurred in clinical probing depth. The net percentage of change that occurred in bone density from baseline to six months post-treatment was not statistically significantly different.
Al-Naoum et al. 2014 (58)	RCT split-mouth design	20.04 +/- 3.83 / 15F: 15M	30	12 weeks	Canine retraction, 4 weeks after the extraction of the upper first premolars, horizontal cut line, vertical cut line and small corticotomy perforations were done on the buccal and the palatal sides.	The movement velocity on the experimental side was faster than that on the control side throughout the experiment. A significant difference was found between the experimental and control sides at the baseline to 1-week, 1-month and 1-year to 2-week, 1-month, and the tooth movement velocity was approximately 4 times faster on the experimental side. A significant difference was found between the experimental and control sides at the 2- to 4-week, 1-month and 6- to 12-week, 1-month; the movement was approximately 3 times faster on the experimental side.	50% of patients reported extreme pain during eating during the first week, but at the end of the first week, no patient reported extreme pain. The proportion of patients with medium or severe swelling during the first week was 80%.
Sharma et al. 2020 (57)	RCT split-mouth design	18.87 / 12F: 4M	16	3 months	Canine retraction. Transpalatal Arch was used for anchorage. Corticotomy and extraction of the first maxillary premolar were done on the same days. The corticotomy consisted of making vertical cut line extended along the height of canine root on the distal surface of the canine, horizontal cut line made 2 mm apical to the root apex of canine and small indentations created over the socket of extracted first premolar.	There was a significant increase in the rate of canine movement on the experimental side at the 3rd weeks, and weeks 6. The rate of the canine movement reduced and became similar to that of the control side after 9 weeks.	The mesiodistal tipping of the canines were significantly greater on the control side. No statistical difference were found regarding anchorage loss, no statistical difference were found regarding the mesiodistal tipping of the molars. The rotation of molar was statistically insignificant.
Laethanakul et al. 2014 (56)	RCT split-mouth design	21.9 / 18F:	18	3 months	Canine retraction, Corticotomy and extraction of the first maxillary premolar were done on the same days. The corticotomy consisted of making interseptal bone reduction (extraction socket) was deepened to the length of the canine apex, and the interseptal bone distal to the canine was reduced to 1 to 1.5 mm in thickness. If present, the interdental septal bone of the socket was also removed).	The canine movement after 3 months was significantly greater on the experimental side compared to the control side. Canine retraction rate (mm / month) Test group: 1.6 ± 1.1 Control group: 0.9 ± 0.3; 2nd month: Test group: 2.3 ± 1.1 Control group: 1.2 ± 0.5; 3rd month: Test group: 1.6 ± 0.8, Control group: 1.3 ± 0.7.	No statistically significant difference in canine angulation or rotation after 3 months.

Tableau 7 : caractéristiques des études sur la corticotomie

Study	Methods	participants	Sample size	Follow-up period	Interventions	primary outcome	other outcome
Hatrom et al. 2020 (59)	RCT, parallel group	198 / 13F:13M	26	4 months	Canine retraction: Extraction of first maxillary premolars were made at the same time as piezoson. Vertical interdental incisions were made below the interdental papilla on the buccal aspect of each jaw. Surgical knives were used to create the cortical alveolar retraction to a depth of approximately 3 mm. One week later, emmass retraction was initiated.	Amount of emmass retraction: Significantly greater Test group: 4.8 ± 0.57 mm/month Control group: 2.4 ± 0.33 mm/month	Reported pain was significantly higher in the first 24h. Significantly less root resorption. Significantly less tipping.
Al-Areedi et al. 2020 (62)	RCT parallel group	22/28 +/- 5.63 / 27F:4M	31	until space closure	Second molar protraction: extraction of at least first mandibular molar. Two incisions were made mesial and distal to the extraction space, bone cuts were done up to the mucogingival line and at a depth of 3 mm using piezosome.	Rate of second molar protraction during the first 2 months: significantly greater Test group: 1.26 mm/month +0.12 Control group: 0.88 +/- 0.19 mm/month	The level of L1b in GCF was higher in the piezoson group compared to the no piezoson group up to 1 week after surgery.
Al-Imam et al. 2019 (60)	RCT, parallel group	19/19/ 31F:11M	42	12 weeks	Incisor retraction: extraction of upper first premolars. After placement of full fixed appliances and retraction of canine, vertical piezoson (with a depth of approx. 3 mm) was done between the particular teeth, 4 mm above the interdental papilla, and extended along the middle third of the root on the buccal side and palatal piezoson.	Rate of incisor retraction: significantly increase by 53% Test group: 0.74 mm/week ± 0.09 Control group: 0.35 ± 0.04 mm/week Mean retraction time: significantly shorter by 27% Test group: 8.80 weeks ± 0.89 Control group: 11.95 ± 0.88 weeks	The rate of anchorage loss was significantly lesser (p < 0.001). Incisor tipping was significantly greater in the control group than in the experimental group.
Charavet et al. 2016 (63)	RCT, parallel group	30 +/- 69 / 15F:9M	24	until the completion of treatment	Intervention for mild overcrowding: 1 weeks after orthodontic appliances placement. Vertical interdental piezoson (5mm-long and 3mm-deep) were created below each interdental papilla with piezoelectric device. No suture were done.	Overall treatment time: significantly lower (by 43%) P<0.0001.	Periodontal parameters remained unchanged. No increase in root resorption was observed. Scars were observed in 50% of the patients in the piezoson group. Analgesic consumption was similar. Patient satisfaction was significantly better in the piezoson group than in the control group.
Charavet et al. 2019 (64)	RCT, parallel group	27/9 +/- 7.6 / 15F:9M	24	until the completion of treatment	Intervention for mild overcrowding: 2 weeks after orthodontic appliances placement. Vertical interdental piezoson (5mm-long and 3mm-deep) were created below each interdental papilla with piezoelectric device. Single interrupted sutures were made on each incision.	Overall treatment time: significantly lower (by 36%) Test group: 278 days ± 80.2 Control group: 393 days ± 55.7	All periodontal parameters were comparable between the two groups after treatment. Root resorption remained unchanged between the two groups in the pre- to post-treatment interval (P = 0.63). Minor scars were found in 66 per cent cases.
Raj et al. 2020 (61)	RCT, split mouth design	23/18 +/- 1.41 / 14F:9M	20	6 months	Canine retraction: first premolars extraction after full fixed appliances placement. Vertical piezoson (10mm long, 3mm deep) 5mm apical to the tip of the interdental papilla of the canine was made using a piezosome. canine disialisation was initiated the same day.	Rate of canine retraction: significantly higher (P<0.001) at all time intervals (up to 90 days)	Increase in alveolar bone level in mesial and buccal aspects. No statistical difference concerning plaque score was found.

Tableau 8 : caractéristiques des études sur la piézocision

2.3.1 Photobiomodulation

La photobiomodulation ou thérapie laser de bas niveau consiste en l'application d'une diode laser émettant dans l'infrarouge. Elle peut se dérouler au fauteuil par le praticien ou directement par le patient avec un dispositif extra-oral.

La vitesse de déplacement était mesurée selon deux critères : (i) vitesse de rétraction canine après les extractions des premières prémolaires (23,24,26–34) ; (ii) vitesse de correction de l'encombrement mandibulaire (25,35).

Des équipements et des longueurs d'ondes différents ont été utilisés dans les études. La majorité des dispositifs étaient endo-buccaux. Huit études utilisaient des lasers Ga-Al-As (23,24,27,29,30,32–34). Les densités d'énergie, puissance de sortie et longueur d'onde étaient reportée dans le Tableau . Une autre étude utilisait un laser ArGaA (I-Twin Laser, MMOptics) avec une longueur d'onde de 780 nm (26). A contrario, 4 études avaient recours à des dispositifs extra-buccaux : soit le dispositif OsseoPulse 20 mW de longueur d'onde 618 nm (31), soit l'OrthoPulse (Biolux® Ltd., Vancouver, Canada) pour lequel le patient appliquait lui-même l'appareil sur son visage tous les jours pendant 20 minutes (25,28,35).

Sur les 11 études évaluant la vitesse de rétraction de la canine après extraction, uniquement 8 ont trouvé une augmentation significative (23,24,26,29–33).

Les deux études évaluant la vitesse de correction de l'encombrement mandibulaire ont trouvé toutes les deux une amélioration significative (25,35).

Le critère de vitesse de distalisation des canines maxillaires était évalué à 1 mois et 2 mois dans six études (26,27,30,32–34) et à 3 mois dans cinq études (26,27,30,33,34). La méta-analyse a été conduite sur ce critère. Elle n'a pas mis en évidence de différence significative lors de l'application de la photobiomodulation aux trois temps de suivi (Figure 1).

À 1 mois, la différence moyenne était de 0,36 ; 95% IC : -0,05 ; 0,77. Une hétérogénéité significative a été constatée ($p < 0,01$, $I^2 = 94 \%$). À 2 mois, la différence moyenne était de 0,42 ; 95% IC : -0,04 ; 0,89). Une hétérogénéité significative a été également constatée ($p < 0,01$, $I^2 = 94 \%$). À 3 mois, la différence moyenne était de 0,4 ; 95% IC : -0,04 ; 0,99) avec une hétérogénéité significative a été constatée ($p < 0,01$, $I^2 = 91 \%$).

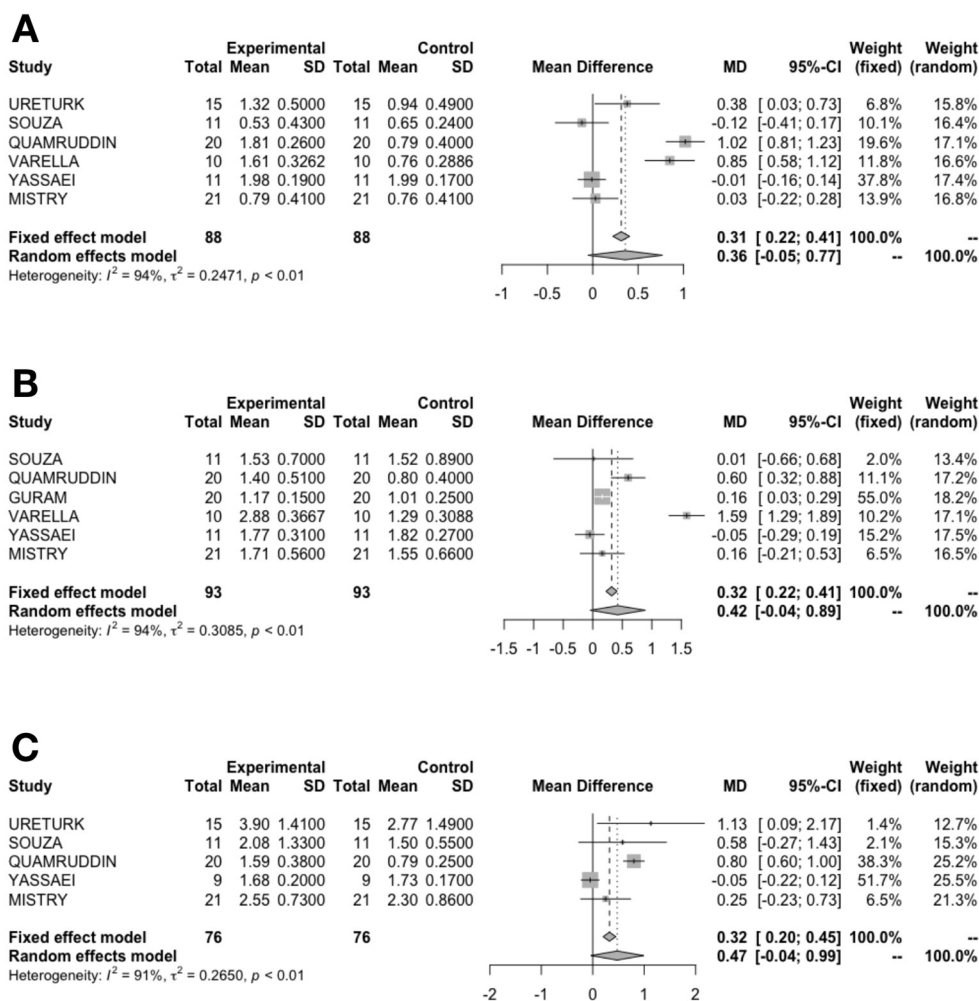


Figure 1 : Diagramme en forêt pour la vitesse de distalisation de la canine entre le groupe traité par photobiomodulation et le groupe témoin à 1 (A), 2 (B) et 3 mois (C).

2.3.2 Microvibration

Il s'agit de l'application de vibrations de faible intensité directement sur la denture appareillée.

Trois systèmes étaient retrouvés dans la littérature (Tableau). Le premier était AcceleDent (Aura Device) (21,22,36–38), le second Hamming Bird Vibrating Unit (Oral B) (39) et le troisième Orthogold 100 (40). Une étude a en revanche utilisé des brosses à dents électriques équipées d'une tête spécifique (41). Les différentes études utilisaient une plage de fréquences de vibration allant de 30 et 60 Hz.

Le critère de jugement principal était soit le taux de rétraction canine (21,22,36–39,41), soit la vitesse de mésialisation de la deuxième molaire mandibulaire (40). Les périodes de suivi variaient de 3 mois (21,39,41), 4 mois (22,40), 6 mois (38) à la fermeture de l'espace (36,37).

Plusieurs études n'observaient pas d'accélération significative du mouvement dentaire avec AcceleDent (21,22,36,38). Ceci était en contradiction avec Pavlin (37). Le Hamming Bird Vibrating Unit entraînait une augmentation significative de la vitesse dans une étude à risque sérieux de biais (39), alors que l'intervention avec la brosse à dents électrique modifiée concluait à son inefficacité (41). L'efficacité du Orthogold 100 n'était également pas démontrée (40).

La méta-analyse a été réalisée afin d'évaluer la vitesse de distalisation de la canine sur toute la durée du traitement (Figure 2). Elle a été évaluée par 3 études regroupant au total 99 canines. Elle montrait une différence significative en faveur du groupe traité (différence moyenne : 0,34 ; 95 %IC : 0,27 ;0,41).

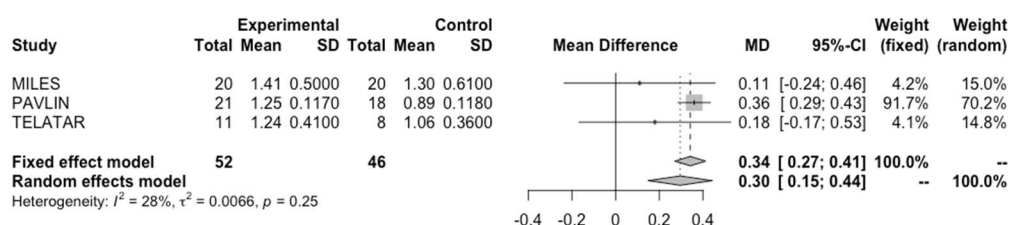


Figure 2 : Diagramme en forêt pour la vitesse de distalisation de la canine sur toute la durée du traitement entre le groupe traité par microvibration et le groupe témoin.

2.3.3 Micro-osteoperforation (MOP)

La MOP consiste à perforer la corticale à l'aide d'un foret de faible diamètre, à proximité des racines sous anesthésie locale et sans élévation de lambeau.

Toutes les études avaient pour critère de jugement principal la vitesse de rétraction de la canine après extraction de la première prémolaire (Tableau). Les MOP étaient réalisées soit de façon unique (42–46) soit de façon répétée toutes les 3 semaines (47), tous les mois (48,49) ou encore à une fréquence variable (50).

Une augmentation significative de la vitesse de déplacement dentaire a été démontrée par 6 études (44–48,50). En parallèle, certains travaux mettaient en évidence une augmentation significative de la douleur, le lendemain de l'intervention uniquement (42,47), ou les deux premiers jours suivant la micro-perforation (46) ou une sensation de gonflement (42,51). D'autres auteurs citaient une augmentation de l'inconfort physiologique (48,49). Au sujet des critères de jugement secondaires, après les MOP, était notée l'absence de perte d'ancrage

(42,43,51), de résorption radiculaire (42,43,51) et de changement dans les paramètres parodontaux : indice de plaque, profondeur de poche, saignement, récession, niveau d'attache, défaut de furcation et mobilité (47).

Parmi ces études, six étaient assez homogènes pour conduire une méta-analyse (42–46,51) (Figure 3). Celle-ci mettait en évidence une différence significative en faveur des MOP. À 1 mois, la différence moyenne était de 0,95 ; 95% IC : 0,15 ;1,75.

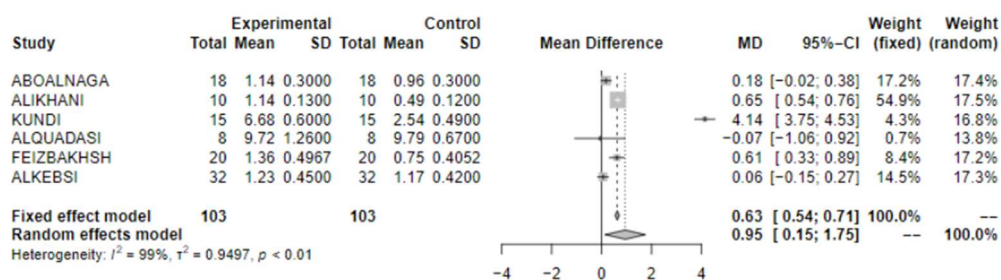


Figure 3 : Diagramme en forêt pour la vitesse de recul des canines entre le groupe traité par micro-ostéo-perforation et le groupe témoin à 1 mois.

2.3.4 Concentré plaquettaire riche en fibrine (PRF)

Cette technique permet d'obtenir un caillot de fibrine riche en plaquettes (PRF), en facteurs de croissance et en cellules souches obtenu par centrifugation de prélèvements sanguins. Ils sont libérés dans les tissus pendant plusieurs jours.

Les trois études retenues (52–54) présentaient des protocoles cliniques différents (Tableau). La première proposait d'injecter en sous muqueux et en intra-ligamentaire autour de la canine du PRF au début de la phase de rétraction canine, à 21 jours et à 42 jours (52). La seconde consistait à remplir l'alvéole de la première prémolaire extraite de PRF (53). La troisième proposait l'injection sous muqueuse de PRF sur le site d'extraction de la prémolaire, au début de la phase de rétraction et à 1 mois (54).

Toutes évaluaient la vitesse de distalisation de la canine. Une étude à risque de biais incertain (54) montrait une différence significative uniquement durant le deuxième mois. Également, une augmentation significative seulement le premier mois associé à une diminution significative de cette vitesse au troisième mois était retrouvé dans une autre étude à faible risque de biais (52). *A contrario*, la troisième étude concluait à une diminution significative de la vitesse (53). Ces études n'ont pas montré de différence significative concernant l'évaluation de la douleur entre le groupe contrôle et le groupe expérimental (52)

et n'ont pas montré de différence significative concernant la rotation de la canine et la perte d'ancrage (54).

2.3.5 Corticotomie

La corticotomie est un acte chirurgical qui consiste à inciser superficiellement l'os autour des dents à déplacer, après la réalisation d'un lambeau.

Deux critères de jugement étaient retenus dans la littérature (Tableau). Le premier était la vitesse de traitement d'un encombrement modéré des dents antérieures mandibulaires (55). Le second était la vitesse de rétraction de la canine après extraction de la première prémolaire maxillaire (56–58).

Différents protocoles de corticotomie étaient utilisés. Le premier est la technique de Wilcko modifiée (55). Celle-ci consiste à faire un rainurage de la corticale au disque autour des racines. Le second est l'approfondissement à la fraise de l'alvéole de la prémolaire extraite (56). Le troisième est le fraisage de la corticale soit en vestibulaire (57), soit en vestibulaire et palatin (58).

A noter que deux études réalisaient la corticotomie et l'extraction de la prémolaire en un temps chirurgical (57), alors qu'une équipe proposait de les espacer de 4 semaines (58).

Les trois essais cliniques randomisés (56–58) ont conclu à une augmentation significative de la vitesse de déplacement dentaire après corticotomie. Dans la zone antérieure, l'encombrement mandibulaire se dissipait plus rapidement (55). Il n'a pas été relevé de changement de densité osseuse (55) ou de perte d'ancrage (57) en revanche de fortes douleurs ont été signalées au cours de la première semaine dans 50% des cas (58).

2.3.6 Piézocision

La piézocision est une technique opératoire mini-invasive. Des micro-incisions corticales inter-proximales sont réalisées au piézotome. L'insert est soumis à des oscillations à des fréquences de 22 à 30 kHz.

Les études ont eu recours à l'avulsion de premières prémolaires, soit maxillaires (59–61), soit mandibulaire (62) ou ont été mené sans extraction (63,64). Les différents protocoles ont été résumé en (Tableau).

Différents critères de jugement étaient retenus : vitesse de rétraction en masse du bloc incisif (59) (60), vitesse de mésialisation de la seconde molaire (62), durée de traitement totale (63,64) ou encore vitesse de rétraction de la canine seule (61).

Parmi les six essais cliniques contrôlés randomisés, tous ont conclu à une augmentation significative de la vitesse de déplacement dentaire. Deux études ont montré une diminution significative du temps de traitement de 43% (63) et de 36% (64) respectivement.

Il n'y a pas eu de changement rapporté concernant les paramètres parodontaux (63,64). L'ancrage était meilleur en comparaison au groupe contrôle (60). Également, l'incidence des résorptions radiculaires n'était pas modifiée (63,64). Par ailleurs, il a été reporté une augmentation significative de la douleur dans les 24 premières heures (59). Cependant, la consommation d'antalgiques était similaire au groupe témoin (63). Des cicatrices résiduelles étaient décrites dans 50% (63) à 66% (64) des cas.

3 Discussion

La durée d'un traitement orthodontique est un facteur important non négligeable. Son allongement est synonyme d'un risque accru de caries, de récessions gingivales ou de résorptions radiculaires (65). De plus, l'une des premières préoccupations des patients est la réduction de la durée du traitement, d'autant plus avec le développement de l'orthodontie de l'adulte. De nombreuses équipes ont cherché des solutions pour accélérer le processus biologique attendant au déplacement dentaire. Pour autant, la variabilité des protocoles cliniques, le faible nombre d'études randomisées de haute qualité, et l'évolution rapide de ces techniques, font que la littérature est très hétérogène sur ce sujet et les consensus restent encore à être définis.

Cette revue systématique et méta-analyse a analysé 44 études qui utilisaient six types d'interventions : photobiomodulation, corticotomie, micro-ostéoperforations, piezocision, microvibrations et PRF. Compte tenu de l'hétérogénéité dans les études concernant le protocole, la mesure des résultats, l'expression des résultats, la méta-analyse a été possible uniquement pour la photobiomodulation, la microvibration et la micro-ostéoperforation. Les autres techniques ont été évaluées par des analyses qualitatives.

La photobiomodulation est une technique non invasive à faible risque. De nombreux dispositifs existent sur le marché comme les lasers GaAlAs ou ArGaA retrouvés dans cette

étude. Bien que la majorité ait montré une efficacité sur l'accélération du mouvement dentaire, sept études étaient à risque de biais incertain, deux à haut risque, une à risque sérieux et seulement trois étaient faible risque. La méta-analyse limitée au seul critère de jugement qu'est la vitesse de recul de la canine maxillaire n'a pas démontré d'augmentation significative de la vitesse de déplacement dentaire. Ce résultat était en contradiction avec plusieurs méta-analyses récentes (66–68) et une autre étude (69) n'a pas pu conclure compte tenu du manque d'évidence. Il est à noter que pour les trois temps étudiés, l'hétérogénéité des études étaient de plus de 90%. L'hétérogénéité dans une méta-analyse fait référence à la variation des résultats entre les études. Plusieurs explications peuvent être données. En premier lieu, même si les protocoles des études étaient proches, les paramètres orthodontiques influençant de la vitesse de recul des canines sont nombreux. A titre d'exemple, peu d'études citaient précisément l'intensité des forces exercées. Deuxièmement, les fréquences d'applications de la stimulation étaient très variables selon les études.

L'utilisation des dispositifs vibrants pour accélérer le mouvement dentaire date du milieu des années 2010. Elle s'est développée principalement sous l'impulsion commerciale d'Acceledent Aura aux Etats-Unis qui a proposé d'associer son dispositif aux traitements par aligneurs. L'idée sous-jacente était de diminuer la durée de port de chaque jeu d'aligneurs. Sur les cinq études évaluant l'efficacité de l'appareil Acceledent Aura Device, seule l'étude de Pavlin (37) montrait une différence significative. Cette différence pourrait être attribuée à plusieurs caractéristiques méthodologiques : nombre de sujet et période de suivi plus importants. Le conflit d'intérêt indiqué par l'auteur doit également être pris en compte. La bourse de recherche d'OrthoAccel Technologie a été autorisée à réviser le manuscrit. Ceci a poussé certains auteurs à retirer cette publication de leur méta-analyse (70).

Les deux autres études évaluant les autres systèmes ne montraient pas de différence significative. La méta-analyse conduite sur trois publications a révélé une accélération significative du mouvement dentaire lors de l'application des vibrations. Pourtant, cette conclusion est à nuancer compte tenu du conflit d'intérêt autour de la seule publication aux résultats positifs. Ces résultats étaient similaires à ceux de la méta-analyse de Keerthana (71) qui inclut également l'étude de Pavlin et à la revue systématique de Yin (72) qui ont montré une augmentation significative de la vitesse de déplacement dentaire. En outre, aucuns changements parodontaux, ni l'apparition de douleur n'étaient démontrés lors de l'application des vibrations. La micro-vibration est une technique sûre et dépourvue d'effets

iatrogènes. Toutefois elle est inefficace quant à l'augmentation de la vitesse de déplacement dentaire.

L'Europe est le berceau des interventions chirurgicales liées à la corticotomie. En 1931, Bichlmayr a introduit une technique chirurgicale permettant de corriger rapidement une protrusion maxillaire sévère à l'aide d'appareils orthodontiques (73). Initialement conçue pour affaiblir l'os périphérique aux dents à déplacer, cette idée fautive d'un mouvement de « bloc osseux » a prévalu jusqu'en 2001, lorsque Wilcko a montré un processus transitoire de déminéralisation-reminéralisation localisé autour de la zone traitée (74). Ces résultats font écho travaux de principes de Kolář qui mettaient en évidence de nombreux effets du phénomène d'accélération régionale consécutifs aux agressions mécaniques des corticales (75). Ce n'est cependant qu'à partir de 1983 puis après la présentation de Frost aux orthopédistes, que le concept de réponse régionale d'accélération à la cicatrisation a été admis en orthodontie (76). Le résultat des quatre études a montré une augmentation significative de la vitesse de déplacement dentaire suite aux corticotomies. Cependant, il n'existe pas de protocole standardisé. En effet, ces études se distinguent par leurs variabilités à ce propos. La corticotomie semble tout de même être une méthode efficace et relativement sûre pour accélérer le mouvement dentaire mais reste une technique invasive avec des suites post-opératoires importantes comme la douleur. Nos conclusions étaient en accord avec deux autres revues systématiques de 2020 concernant cette technique (77,78).

Pour limiter, les douleurs et effets iatrogènes des corticotomies, d'autres interventions ont été pensées. C'est le cas de la MOP. Cette intervention se veut moins invasive avec une technique sans lambeau, la revue systématique montre une augmentation significative de la vitesse dans 6 études sur 10, la méta-analyse concernant la vitesse de distalisation de la canine à 1 mois a relevé une augmentation significative. Les douleurs post-opératoires étaient contenues contrairement aux corticotomies. De surcroît, aucune perte d'ancrage, résorption radiculaire ou changement dans les paramètres parodontaux n'a pu être mise en évidence. Cette alternative chirurgicale à la corticotomie conventionnelle semble donc améliorer la vitesse de déplacement dentaire, du moins au début du traitement, tout en étant moins traumatique. Il faut noter que la littérature est divergente quant à l'efficacité des MOP. Les résultats présentés ici étaient en accord ceux de Shahabee (79) mais pas avec les conclusions de Mohzghagh (80) et de Dos Santos (81) qui ne démontraient pas d'augmentation significative.

Une autre alternative aux corticotomies conventionnelles est l'abord par piézocision. Même si les études incluses relevaient toutes une augmentation significative de la vitesse de déplacement dentaire, des douleurs post-opératoires étaient décrites. Pour autant, celles-ci semblaient se limiter aux premiers jours suivants l'intervention. En parallèle, il n'y avait pas de perte d'ancrage, de résorption radiculaire ou de changement dans les paramètres parodontaux. Seules l'apparition de cicatrices étaient rapportée dans 50% (63) des cas sans sutures et 66% (64) des cas avec sutures. La piézocision était donc une méthode efficace et relativement sûre pour accélérer le mouvement dentaire. En revanche, elle est à proscrire dans les zones esthétiques compte tenu des cicatrices. Ces conclusions sont en accord avec les résultats des études de Mheissen (82) et de Yi (18) qui montraient une augmentation basée sur de faibles preuves.

La dernière approche évaluée dans cette étude est l'injection de PRF à proximité des dents à déplacer. Le PRF (*platelet rich fibrin*) appartient à une nouvelle génération de concentrés plaquettaires, aux modes de production simplifiés et sans manipulation biochimique du sang (héparine, EDTA, thrombine bovine, chlorure de calcium...). La grande particularité de cette méthode provient de l'absence d'anticoagulant. Elle déclenche donc inexorablement l'activation massive de toutes les plaquettes, et ainsi le relargage de toutes les cytokines qu'elles contiennent. L'idée est d'assimiler ce relargage à l'orage cytokinique décrit dans le remodelage osseux attendant à l'OTM. La revue systématique n'a pas montré de différence significative, une étude a même montré une diminution de la vitesse de déplacement avec une différence significative (53). Cela était en contradiction avec la revue systématique et méta-analyse de Farshidfar (84) qui rapportait une augmentation de la vitesse de déplacement dentaire sans conclure à cause du faible niveau de preuve.

La majeure partie des études évaluant les nouvelles techniques d'accélération du mouvement dentaire se basaient sur l'évaluation de la distalisation de la canine maxillaire après extraction de la première prémolaire, en effet seulement cinq études (22,26,38,45,49) évaluent la vitesse de distalisation de la canine mandibulaire, d'ailleurs une étude (45) montre une différence significative entre la vitesse de déplacement de la canine maxillaire et la canine mandibulaire dans le groupe expérimental.

Plusieurs publications présentaient des biais importants ou un d'échantillon limité, une durée de suivi courte. Ce qui ressortait également était le manque de reproductibilité dans les techniques entre les études.

Conclusion

De faibles preuves montraient une augmentation de la vitesse de déplacement dentaire concernant la corticotomie, la piezocision, la micro-ostéoperforation mais d'autres études avec des protocoles standardisés, de meilleure qualité et de durée de suivi plus longue devront être réalisées afin de pouvoir statuer sur des recommandations à destination des cliniciens.

Références

1. Chi J, Harkness M, Crowther P. A longitudinal study of orthodontic treatment need in Dunedin schoolchildren. *N Z Dent J.* mars 2000;96(423):4-9.
2. Monteiro AK de AP, Sarmiento DJ de S, Pinto-Sarmiento TC de A, Diniz MB, Granville-Garcia AF, Duarte DA. Normative need for orthodontic treatment and perception of the need for such treatment among Brazilian adolescents. *Dental Press J Orthod.* juin 2017;22(3):41-6.
3. Steinmassl O, Steinmassl P-A, Schwarz A, Crismani A. Orthodontic Treatment Need of Austrian Schoolchildren in the Mixed Dentition Stage. *Swiss Dent J.* 13 févr 2017;127(2):122-8.
4. Perillo L, Masucci C, Ferro F, Apicella D, Baccetti T. Prevalence of orthodontic treatment need in southern Italian schoolchildren. *Eur J Orthod.* févr 2010;32(1):49-53.
5. Bollen A-M. Effects of malocclusions and orthodontics on periodontal health: evidence from a systematic review. *J Dent Educ.* août 2008;72(8):912-8.
6. Giugliano D, d'Apuzzo F, Majorana A, Campus G, Nucci F, Flores-Mir C, et al. Influence of occlusal characteristics, food intake and oral hygiene habits on dental caries in adolescents: a cross-sectional study. *Eur J Paediatr Dent.* juin 2018;19(2):95-100.
7. Ettala-Ylitalo UM, Laine T. Functional disturbances of the masticatory system in relation to articulatory disorders of speech in a group of 6-8-year-old children. *Arch Oral Biol.* 1991;36(3):189-94.
8. Amat P. [Obstructive sleep disordered breathing and orthodontics: primum non nocere]. *Orthod Fr.* 1 déc 2019;90(3-4):247-62.
9. Michelotti A, Iodice G. The role of orthodontics in temporomandibular disorders. *J Oral Rehabil.* mai 2010;37(6):411-29.
10. de Montis G, Truong M, Toussaint B, Berman D, Toudoire C. [Peanut allergy, iatrogenic disease?]. *Arch Fr Pediatr.* févr 1993;50(2):175.
11. Fisher MA, Wenger RM, Hans MG. Pretreatment characteristics associated with orthodontic treatment duration. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* févr 2010;137(2):178-86.
12. Mavreas D, Athanasiou AE. Factors affecting the duration of orthodontic treatment: a systematic review. *Eur J Orthod.* août 2008;30(4):386-95.
13. Wang J, Lü D, Mao D, Long M. Mechanomics: an emerging field between biology and biomechanics. *Protein Cell.* juill 2014;5(7):518-31.
14. Henneman S, Von den Hoff JW, Maltha JC. Mechanobiology of tooth movement. *Eur J Orthod.* juin 2008;30(3):299-306.

15. Long H, Pyakurel U, Wang Y, Liao L, Zhou Y, Lai W. Interventions for accelerating orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod.* janv 2013;83(1):164-71.
16. Gkantidis N, Mistakidis I, Kouskoura T, Pandis N. Effectiveness of non-conventional methods for accelerated orthodontic tooth movement: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* oct 2014;42(10):1300-19.
17. Kalemaj Z, Debernardi CL, Buti J. Efficacy of surgical and non-surgical interventions on accelerating orthodontic tooth movement: a systematic review. *Eur J Oral Implantol.* 2015;8(1):9-24.
18. Yi J, Xiao J, Li H, Li Y, Li X, Zhao Z. Effectiveness of adjunctive interventions for accelerating orthodontic tooth movement: a systematic review of systematic reviews. *J Oral Rehabil.* août 2017;44(8):636-54.
19. Fu T, Liu S, Zhao H, Cao M, Zhang R. Effectiveness and Safety of Minimally Invasive Orthodontic Tooth Movement Acceleration: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res.* déc 2019;98(13):1469-79.
20. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 21 juill 2009;6(7):e1000097.
21. Taha K, Conley RS, Arany P, Warunek S, Al-Jewair T. Effects of mechanical vibrations on maxillary canine retraction and perceived pain: a pilot, single-center, randomized-controlled clinical trial. *Odontology.* avr 2020;108(2):321-30.
22. DiBiase AT, Woodhouse NR, Papageorgiou SN, Johnson N, Slipper C, Grant J, et al. Effects of supplemental vibrational force on space closure, treatment duration, and occlusal outcome: A multicenter randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153(4):469-480.e4.
23. Lalnunpuii H, Batra P, Sharma K, Srivastava A, Raghavan S. Comparison of rate of orthodontic tooth movement in adolescent patients undergoing treatment by first bicuspid extraction and en-mass retraction, associated with low level laser therapy in passive self-ligating and conventional brackets: A randomized controlled trial. *Int Orthod.* sept 2020;18(3):412-23.
24. ALSayed Hasan MMA, Sultan K, Hamadah O. Low-level laser therapy effectiveness in accelerating orthodontic tooth movement: A randomized controlled clinical trial. *Angle Orthod.* 2017;87(4):499-504.
25. Kau CH, Kantarci A, Shaughnessy T, Vachiramom A, Santiwong P, de la Fuente A, et al. Photobiomodulation accelerates orthodontic alignment in the early phase of treatment. *Prog Orthod.* 2013;14:30.
26. Storniolo-Souza J, Lima LM, Pinzan A, Alvarez F, Pereira SC da C, Janson G. Influence of Low-Level Laser Irradiation on Orthodontic Movement and Pain Level-a Randomized Clinical Trial. *Orthod Waves.* 28 sept 2020;79(2-3):105-12.

27. Yassaei S, Aghili H, Afshari JT, Bagherpour A, Eslami F. Effects of diode laser (980 nm) on orthodontic tooth movement and interleukin 6 levels in gingival crevicular fluid in female subjects. *Lasers Med Sci.* 2016;31(9):1751-9.
28. Chung SEV, Tompson B, Gong S-G. The effect of light emitting diode phototherapy on rate of orthodontic tooth movement: a split mouth, controlled clinical trial. *J Orthod.* 2015;42(4):274-83.
29. Guram G, Reddy RK, Dharamsi AM, Ismail PMS, Mishra S, Prakashkumar DM. Evaluation of Low-Level Laser Therapy on Orthodontic Tooth Movement: A Randomized Control Study. *Contemp Clin Dent.* mars 2018;9(1):105-9.
30. Üretürk SE, Saraç M, Fıratlı S, Can ŞB, Güven Y, Fıratlı E. The effect of low-level laser therapy on tooth movement during canine distalization. *Lasers Med Sci.* 2017;32(4):757-64.
31. Ekizer A, Türker G, Uysal T, Güray E, Taşdemir Z. Light emitting diode mediated photobiomodulation therapy improves orthodontic tooth movement and miniscrew stability: A randomized controlled clinical trial. *Lasers Surg Med.* 2016;48(10):936-43.
32. Varella AM, Revankar A, Patil AK. Low-level laser therapy increases interleukin-1 beta in gingival crevicular fluid and enhances the rate of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* oct 2018;154(4):535-+.
33. Qamruddin I, Alam MK, Mahroof V, Fida M, Khamis MF, Husein A. Effects of low-level laser irradiation on the rate of orthodontic tooth movement and associated pain with self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* nov 2017;152(5):622-30.
34. Mistry D, Dalci O, Papageorgiou SN, Darendeliler MA, Papadopoulou AK. The effects of a clinically feasible application of low-level laser therapy on the rate of orthodontic tooth movement: A triple-blind, split-mouth, randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2020;157(4):444-53.
35. Nahas AZ, Samara SA, Rastegar-Lari TA. Decrowding of lower anterior segment with and without photobiomodulation: a single center, randomized clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2017;32(1):129-35.
36. Miles P, Fisher E, Pandis N. Assessment of the rate of premolar extraction space closure in the maxillary arch with the AcceleDent Aura appliance vs no appliance in adolescents: A single-blind randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153(1):8-14.
37. Pavlin D, Anthony R, Raj V, Gakunga PT. Cyclic loading (vibration) accelerates tooth movement in orthodontic patients: A double-blind, randomized controlled trial. *Semin Orthod.* sept 2015;21(3):187-94.
38. Telatar BC, Gungor AY. Effectiveness of vibrational forces on orthodontic treatment A randomized, controlled clinical trial. *J Orofac Orthop.*
39. Liao Z, Elekdag-Turk S, Turk T, Grove J, Dalci O, Chen J, et al. Computational and clinical investigation on the role of mechanical vibration on orthodontic tooth movement. *J Biomech.* 2017;60:57-64.

40. Falkensammer F, Arnhart C, Krall C, Schaden W, Freudenthaler J, Bantleon H-P. Impact of extracorporeal shock wave therapy (ESWT) on orthodontic tooth movement-a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*. déc 2014;18(9):2187-92.
41. Siriphan N, Leethanakul C, Thongudomporn U. Effects of two frequencies of vibration on the maxillary canine distalization rate and RANKL and OPG secretion: A randomized controlled trial. *Orthod Craniofac Res*. mai 2019;22(2):131-8.
42. Alkebsi A, Al-Maaitah E, Al-Shorman H, Abu Alhaija E. Three-dimensional assessment of the effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement during canine retraction in adults with Class 11 malocclusion: A randomized controlled clinical trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. juin 2018;153(6):771-85.
43. Aboalnaga AA, Salah Fayed MM, El-Ashmawi NA, Soliman SA. Effect of micro-osteoperforation on the rate of canine retraction: a split-mouth randomized controlled trial. *Prog Orthod*. 2019;20(1):21.
44. Alikhani M, Alansari S, Sangsuwon C, Alikhani M, Chou MY, Alyami B, et al. Micro-osteoperforations: Minimally invasive accelerated tooth movement. *Semin Orthod*. sept 2015;21(3):162-9.
45. Feizbakhsh M, Zandian D, Heidarpour M, Farhad SZ, Fallahi HR. The use of micro-osteoperforation concept for accelerating differential tooth movement. *J World Fed Orthod*. juin 2018;7(2):56-60.
46. Kundi I, Alam MK, Shaheed S. Micro-osteoperforation effects as an intervention on canine retraction. *Saudi Dent J*. janv 2020;32(1):15-20.
47. Gulduren K, Tumer H, Oz U. Effects of micro-osteoperforations on intraoral miniscrew anchored maxillary molar distalization A randomized clinical trial. *J Orofac Orthop*. mars 2020;81(2):126-41.
48. Attri S, Mittal R, Batra P, Sonar S, Sharma K, Raghavan S, et al. Comparison of rate of tooth movement and pain perception during accelerated tooth movement associated with conventional fixed appliances with micro-osteoperforations - a randomised controlled trial. *J Orthod*. déc 2018;45(4):225-33.
49. Fattori L, Sendyk M, de Paiva JB, Normando D, Rino Neto J. Micro-osteoperforation effectiveness on tooth movement rate and impact on oral health related quality of life: A randomized clinical trial. *Angle Orthod*. sept 2020;90(5):640-7.
50. Asif MK, Ibrahim N, Sivarajan S, Teh NHK, Wey MC. Osseous evidence behind micro-osteoperforation technique in accelerating orthodontic tooth movement: A 3-month study. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. oct 2020;158(4):579-+.
51. Alqadasi B, Aldhorae K, Halboub E, Mahgoub N, Alnasri A, Assiry A, et al. The effectiveness of micro-osteoperforations during canine retraction: A three-dimensional randomized clinical trial. *J Int Soc Prev Community Dent*. déc 2019;9(6):637-45.

52. El-Timamy A, El Sharaby F, Eid F, El Dakroury A, Mostafa Y, Shagr O. Effect of platelet-rich plasma on the rate of orthodontic tooth movement A split-mouth randomized trial. *Angle Orthod.* mai 2020;90(3):354-61.
53. Reyes Pacheco AA, Collins JR, Contreras N, Lantigua A, Pithon MM, Tanaka OM. Distalization rate of maxillary canines in an alveolus filled with leukocyte-platelet-rich fibrin in adults: A randomized controlled clinical split-mouth trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2020;158(2):182-91.
54. Zeitounlouian TS, Zeno KG, Brad BA, Haddad RA. Effect of injectable platelet-rich fibrin (i-PRF) in accelerating orthodontic tooth movement A randomized split-mouth-controlled trial. *J Orofac Orthop.*
55. Shoreibah EA, Salama AE, Attia MS, Abu-Seida SM. Corticotomy-facilitated orthodontics in adults using a further modified technique. *J Int Acad Periodontol.* 2012;14(4):97-104.
56. Leethanakul C, Kanokkulchai S, Pongpanich S, Leepong N, Charoemratrote C. Interseptal bone reduction on the rate of maxillary canine retraction. *Angle Orthod.* sept 2014;84(5):839-45.
57. Sharma S, Gupta S, Ahuja S, Bhambri E, Sharma R. Does corticotomy accelerate canine retraction with adequate anchorage control? A split mouth randomized controlled trial. *Orthod Waves.* 27 févr 2020;79(1):11-21.
58. Al-Naoum F, Hajeer MY, Al-Jundi A. Does Alveolar Corticotomy Accelerate Orthodontic Tooth Movement When Retracting Upper Canines? A Split-Mouth Design Randomized Controlled Trial. *J Oral Maxillofac Surg.* oct 2014;72(10):1880-9.
59. Hatrom AA, Zawawi KH, Al-Ali RM, Sabban HM, Zahid TM, Al-Turki GA, et al. Effect of piezocision corticotomy on en-masse retraction: A randomized controlled trial. *Angle Orthod.* sept 2020;90(5):648-54.
60. Al-Imam GMF, Ajaj MA, Hajeer MY, Al-Mdalal Y, Almashaal E. Evaluation of the effectiveness of piezocision-assisted flapless corticotomy in the retraction of four upper incisors: A randomized controlled clinical trial. *Dent Med Probl.* déc 2019;56(4):385-94.
61. Raj SC, Praharaj K, Barik AK, Patnaik K, Mahapatra A, Mohanty D, et al. Retraction With and Without Piezocision-Facilitated Orthodontics: A Randomized Controlled Trial. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2020;40(1):e19-26.
62. Al-Areqi MM, Abu Alhaija ES, Al-Maaitah EF. Effect of piezocision on mandibular second molar protraction. *Angle Orthod.* mai 2020;90(3):347-53.
63. Charavet C, Lecloux G, Bruwier A, Rompen E, Maes N, Limme M, et al. Localized Piezoelectric Alveolar Decortication for Orthodontic Treatment in Adults: A Randomized Controlled Trial. *J Dent Res.* 2016;95(9):1003-9.
64. Charavet C, Lecloux G, Jackers N, Albert A, Lambert F. Piezocision-assisted orthodontic treatment using CAD/CAM customized orthodontic appliances: a randomized controlled trial in adults. *Eur J Orthod.* 2019;41(5):495-501.

65. Srivastava K, Tikku T, Khanna R, Sachan K. Risk factors and management of white spot lesions in orthodontics. *J Orthod Sci.* avr 2013;2(2):43-9.
66. Bakdach WMM, Hadad R. Effectiveness of low-level laser therapy in accelerating the orthodontic tooth movement: A systematic review and meta-analysis. *Dent Med Probl.* mars 2020;57(1):73-94.
67. AlShahrani I, Togoo RA, Hosmani J, Alhaizaey A. Photobiomodulation in acceleration of orthodontic tooth movement: A systematic review and meta analysis. *Complement Ther Med.* déc 2019;47:102220.
68. Imani MM, Golshah A, Safari-Faramani R, Sadeghi M. Effect of Low-level Laser Therapy on Orthodontic Movement of Human Canine: a Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Clinical Trials. *Acta Inform Med.* juin 2018;26(2):139-43.
69. Cronshaw M, Parker S, Anagnostaki E, Lynch E. Systematic Review of Orthodontic Treatment Management with Photobiomodulation Therapy. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* déc 2019;37(12):862-8.
70. Elmotaleb MAA, Elnamrawy MM, Sharaby F, Elbeialy AR, ElDakroury A. Effectiveness of using a Vibrating Device in Accelerating Orthodontic Tooth Movement: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Int Soc Prev Community Dent.* févr 2019;9(1):5-12.
71. Keerthana P, Diddige R, Chitra P. Performance comparison of vibration devices on orthodontic tooth movement - A systematic review and meta-analysis. *J Oral Biol Craniofac Res.* déc 2020;10(4):814-23.
72. Jing D, Xiao J, Li X, Li Y, Zhao Z. The effectiveness of vibrational stimulus to accelerate orthodontic tooth movement: a systematic review. *BMC Oral Health.* 1 déc 2017;17(1):143.
73. Bichlmayr A. Chirurgische kieferorthopaedie und das verhalten des knochens un der wurzelspitzen nach derselben. *Deutsche Zahnarztl Woschenschrift.* 1931; 34: 835-842
74. Wilcko W.M, Wilcko M.T, Bouquot J.E, Ferguson D.J. Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. *restorativevDent.* 2001; 21: 9-19
75. Kolář J, Babicky A, Vrabec R. The physical agents and bone. Prague, Czechoslovakia: Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences, 1965.
76. Frost HA. The biology of fracture healing: an overview for clinicians. Part 1. *Clin Orthop Relat Res.* 1989; 248: 283-293
77. Apalimova A, Roselló À, Jané-Salas E, Arranz-Obispo C, Marí-Roig A, López-López J. Corticotomy in orthodontic treatment: systematic review. *Heliyon.* mai 2020;6(5):e04013.
78. Darwiche F, Khodari E, Aljehani D, Gujar AN, Baeshen HA. Comparison of Effectiveness of Corticotomy-assisted Accelerated Orthodontic Treatment and Conventional Orthodontic Treatment: A Systematic Review. *J Contemp Dent Pract.* 1 juin 2020;21(6):701-9.

79. Shahabee M, Shafae H, Abtahi M, Rangrazi A, Bardideh E. Effect of micro-osteoperforation on the rate of orthodontic tooth movement-a systematic review and a meta-analysis. *Eur J Orthod.* 1 avr 2020;42(2):211-21.
80. Mohaghegh S, Soleimani M, Kouhestani F, Motamedian SR. The effect of single/multiple micro-osteoperforation on the rate of orthodontic tooth movement and its possible complications: A systematic review and meta-analysis. *Int Orthod.* juin 2021;19(2):183-96.
81. Dos Santos CCO, Mecnas P, de Castro Aragón MLS, Normando D. Effects of micro-osteoperforations performed with Propel system on tooth movement, pain/quality of life, anchorage loss, and root resorption: a systematic review and meta-analysis. *Prog Orthod.* 27 juill 2020;21(1):27.
82. Mheissen S, Khan H, Samawi S. Is Piezocision effective in accelerating orthodontic tooth movement: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2020;15(4):e0231492.
83. Figueiredo D-S-F, Houara R-G, Pinto L-SM-C, Diniz A-R, de Araújo V-E, Thabane L, et al. Effects of piezocision in orthodontic tooth movement: A systematic review of comparative studies. *J Clin Exp Dent.* nov 2019;11(11):e1078-92.
84. Farshidfar N, Amiri MA, Firoozi P, Hamedani S, Ajami S, Tayebi L. The Adjunctive Effect of Autologous Platelet Concentrates on Orthodontic Tooth Movement: A Systematic Review and Meta-analysis of Current Randomized Controlled Trials. *Int Orthod.* 2 déc 2021;S1761-7227(21)00139-X.

PIQUET Boris et CAER Erwan - **Méthodes d'accélération du mouvement orthodontique : revue systématique et méta-analyse de la littérature jusqu'en 2021**

39 feuilles, 8 tableaux, 1 figures. Thèse : Odontologie ; Rennes 1 ; 2022 ;N°

Objectif : L'objet de cette revue systématique et méta-analyse est d'évaluer l'effet de plusieurs interventions pour accélérer le mouvement dentaire en complément d'un traitement orthodontique.

Contexte : Depuis plusieurs décennies, plusieurs études ont été conduites pour évaluer l'efficacité des nouvelles techniques d'accélération du mouvement dentaire en orthodontie, malgré cela il n'y a pas de recommandation disponible à ce jour.

Matériel et méthode : Une recherche électronique a été réalisée à l'aide de PubMed, Cochrane, Embase et Web of Science du 12 février 2021 au 13 mars 2021. Uniquement des études contrôlées randomisées et des essais cliniques contrôlés ont été sélectionnés. Leurs objectifs principaux sont d'évaluer l'effet des interventions pour accélérer le mouvement dentaire sur des personnes en bonne santé. La recherche bibliographique et la sélection ont été réalisées par deux auteurs (BP et EC) indépendamment.

Résultats : Quarante-quatre études évaluant la photobiomodulation, la microvibration, la micro-ostéoperforation (MOP), la corticotomie, la piezocision et le concentré plaquettaire riche en fibrine (PRF) ont été incluses dans l'analyse qualitative. Une méta-analyse a été réalisée pour 3 méthodes: la photobiomodulation, la microvibration et la micro-ostéoperforation. Elles ont montré une augmentation significative de la vitesse de déplacement dentaire pour la micro-ostéoperforation mais pas pour la photobiomodulation ni pour la microvibration. Les six études incluses concernant la piezocision relèvent toutes une augmentation significative de la vitesse de déplacement dentaire, concernant la corticotomie, trois études sur quatre montrent une augmentation significative. Quant au PRF la revue systématique ne montre pas d'augmentation significative.

Conclusion: Sur la base des informations actuellement disponible, de faibles preuves montrent que la micro-ostéoperforation, la piezocision et la corticotomie augmentent la vitesse de déplacement dentaire, en revanche la photobiomodulation, la microvibration et le PRF ne semble pas l'augmenter. D'autres essais contrôlés randomisés devront être réalisés pour déterminer l'effet sur le long terme ainsi qu'un protocole optimal pour ces interventions.

Rubrique de classement : Orthodontie

Mots-clés français : vitesse de mouvement orthodontique, vitesse orthodontique, vitesse du mouvement dentaire, accélérer le mouvement dentaire

Mots-clés anglais : orthodontic tooth movement, orthodontic speed, tooth movement velocity, accelerating tooth movement

Président : Mme JEANNE Sylvie

JURY :
 Assesseurs : M BREZULIER Damien directeur de thèse
 M SIXOU Jean-Louis
 M POTTIER Thomas