

Université de Montréal

**Comparaison des effets sur la croissance des maxillaires
de l'utilisation du Forsus® versus celle des élastiques de
classe II**

par

Audrey Dubois

Département de santé buccale - Section d'orthodontie

Faculté de médecine dentaire

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures et post-doctorales

en vue de l'obtention du grade de

Maîtrise ès Sciences (M. Sc.)

en médecine dentaire, option orthodontie

Juin 2011

© Audrey Dubois, 2011

Université de Montréal
Faculté des études supérieures et postdoctorales

Ce mémoire intitulé :

Comparaison des effets sur la croissance des maxillaires de l'utilisation du Forsus® versus
celle des élastiques de classe II

Présenté par :
Audrey Dubois

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Dr Hicham El-Khatib, président-rapporteur
Dr Claude Remise, directeur de recherche
Dr Charles Rodrigue, co-directeur
Dr Jean-Charles Létourneau, membre du jury

Résumé

Objectif : Évaluer les effets sur la croissance des maxillaires, ainsi que les effets dentaires, de l'utilisation du Forsus versus celle des élastiques de classe II.

Matériel et méthode : Un échantillon de 30 patients a été traité sans extraction et a eu une phase d'alignement préliminaire avec appareillage orthodontique fixe complet. Vingt-trois (23) patients (14 filles, 9 garçons) ont été traités à l'aide de Forsus (âge moyen : 13,4 ans) et 7 patients (4 filles, 3 garçons) ont été traités avec des élastiques de classe II (âge moyen : 14,3 ans). Une radiographie céphalométrique a été prise à la fin de la phase d'alignement, juste avant la mise en place de l'appareil myofonctionnel choisi, et une autre au moment de l'enlèvement de l'appareil (temps de port moyen : 0,5 an). Les radiographies ont ensuite été tracées à l'aveugle et 17 mesures ont été sélectionnées pour évaluer l'effet des appareils sur les maxillaires (ANS-PNS, SNA, SNB, ANB, Go-Pg, Ar-Go, Co-Gn, axe Y, Ar-Gn, Ar-Go-Me, FMA, POF/FH, PP/FH, B-Pg(PM), 1/-FH, 1/-/1, /1-PM). Un questionnaire pour évaluer le confort face à leur appareil a été remis aux patients à environ la moitié du temps de port estimé.

Résultats : Il n'y a aucune différence statistiquement significative entre les deux traitements sur la croissance du maxillaire (ANS-PNS $p = 0,93$, SNA $p = 0,12$). De façon générale, il n'y a pas non plus de différence significative entre les deux traitements sur la croissance de la mandibule (Ar-Gn $p = 0,03$, SNB $p = 0,02$ et pour les 6 autres mesures $p > 0,05$). Pour la composante dento-alvéolaire, les deux traitements proclinent les incisives inférieures et rétroclinent les incisives supérieures, le Forsus causant une plus forte rétroclinaison des incisives supérieures (1/-FH $p = 0,007$, /1-PM $p = 0,10$). Pour les changements angulaires des plans, le Forsus cause de manière significative une augmentation de l'inclinaison du plan occlusal (POF/FH $p = 0,001$). Pour le questionnaire sur l'évaluation du confort, il n'y a pas de différence entre les deux traitements en ce qui concerne la gêne face aux activités quotidiennes ($p = 0,19$). L'hygiène est plus facile avec les élastiques ($p = 0,03$). Le sommeil n'est perturbé par aucun des appareils ($p = 0,76$). La différence entre le groupe «élastiques» et le groupe «Forsus» pour le confort en général n'est pas significative ($p = 0,08$).

Conclusions : Le but de l'étude étant de vérifier l'efficacité des élastiques de classe II **bien portés** versus celle des Forsus, on peut conclure que leurs effets sont relativement similaires sur les maxillaires. Cependant, le Forsus cause de manière statistiquement significative une augmentation de l'angle du plan occlusal et une rétroclinaison plus importante des incisives supérieures.

Mots-clés : Forsus, élastiques inter-maxillaires, classe II, myofonctionnel

Abstract

Objective : To compare the effects on jaw growth of using Forsus Springs versus class II elastics.

Material and Method : A sample of 30 patients was treated non extraction. Following a preliminary alignment phase with full fixed braces, 23 patients (14 girls, 9 boys) were treated with Forsus and 7 patients (4 girls, 3 boys) were treated with elastics (mean age : 14,3yo). Average wearing time : 0,5 y. Cephalometric radiographs were taken at the end of the alignment phase and at the end of the functional phase. Radiographic measurements were taken to assess the effects of both appliance types (ANS-PNS, SNA, SNB, ANB, Go-Pg, Ar-Go, Co-Gn, axe Y, Ar-Gn, Ar-Go-Me, FMA, POF/FH, PP/FH, B-Pg(PM), 1/-FH, 1/-/1, /1-PM). Questionnaires to assess comfort with the appliances were given to the patients approximately halfway through treatment.

Results : No statistically significant differences in maxillary growth (ANS-PNS $p = 0,93$, SNA $p = 0,12$) or mandibular growth (Ar-Gn $p = 0,03$, SNB $p = 0,02$ and for the other 6 measurements $p > 0,05$) were noted between groups. Both treatments proclined lower incisors and retroclined upper incisors, with the Forsus causing more retroclination of the upper incisors (1/-FH $p = 0,007$, /1-PM $p = 0,10$). Forsus caused a statistically significant steepening of the occlusal plane (POF/FH $p = 0,001$). With respect to patient comfort, there was no statistically significant difference between the two treatments, although maintaining oral hygiene was easier in the elastics group (for daily activities $p = 0,19$, oral hygiene $p = 0,03$, sleep $p = 0,76$, general comfort $p = 0,08$).

Conclusions : The aim of this study being to assess the effectiveness of **well worn** class II elastics versus the effectiveness of Forsus, we can conclude that their effects are relatively similar on the maxillary bones. However, Forsus cause a statistically significant increase of the inclination of the occlusal plane and greater retroclination of upper incisor.

Keywords : Forsus, intermaxillary elastics, class II, functional appliance

Table des matières

Résumé	i
Abstract	ii
Liste des tableaux	vi
Liste des figures	vii
Liste des abréviations	x
Remerciements	xi
Chapitre 1. Introduction	3
Chapitre 2. Recension des écrits scientifiques	7
Croissance	7
Mécanismes de croissance	9
Patron de croissance	9
Taux de croissance	10
Mécanismes de régulation	10
Croissance de la mandibule	12
Effets des appareils myofonctionnels sur la croissance de la mandibule	17
Coopération	18
Chapitre 3. Problématique	32
Objectifs de l'étude	32
Hypothèses de recherche	33
Chapitre 4. Méthodologie	35
Type d'étude et comités	35
Échantillon	35
Recrutement des sujets	35
Critères d'inclusion et d'exclusion	36
Constitution de l'échantillon	37
Protocole clinique	38
Appareil radiologique utilisé	38

Appareils myofonctionnels utilisés.....	39
Répartition des sujets dans chaque groupe	40
Traitement	41
Étapes cliniques.....	42
Protocole de prise de données.....	43
Collecte de données auprès des patients	43
Transmission et analyse des données.....	44
Analyse statistique	48
Test de fiabilité intra-examineur	48
Tests statistiques	50
Chapitre 5. Résultats.....	52
Analyse céphalométrique : résultats statistiques.....	53
Croissance maxillaire.....	54
Croissance mandibulaire.....	55
Changements angulaires des plans.....	59
Changements dento-alvéolaires	61
Questionnaire sur le confort.....	64
Activités quotidiennes.....	65
Hygiène buccale.....	66
Sommeil	66
Confort général	67
Chapitre 6. Discussion	70
Approche expérimentale	70
Intérêts cliniques	71
Résultats cliniques.....	72
Croissance maxillaire.....	72
Croissance mandibulaire.....	73
Changements angulaires des plans.....	74
Effets dento-alvéolaires.....	77

Qualité des radiographies.....	78
Test de fiabilité.....	81
Statistiques	81
Complications observées.....	82
Limitations de l'étude	83
Originalité de l'étude	85
Chapitre 7. Conclusion	87
Chapitre 8. Annexes	91
Annexe I. Approbation du comité scientifique	91
Annexe II. Approbation du comité d'éthique	92
Annexe III. Documents remis aux patients	93
Consentement éclairé	93
Questionnaire sur le confort.....	102
Annexe IV. Lettre de propriété intellectuelle.....	103
Chapitre 9. Bibliographie	105

Liste des tableaux

Tableau 1. Tailles des groupes et âges moyens au départ du traitement.....	37
Tableau 2. Description des mesures céphalométriques utilisées pour la recherche et provenant de l'analyse de l'Université de Montréal	47
Tableau 3. Résultats du test de fiabilité intra-examineur	49
Tableau 4. Différences des moyennes des groupes «élastiques» et «Forsus» et valeurs statistiques	53

Liste des figures

Figure 1. Superposition de tracés démontrant la modification dans la forme et la taille de la face durant la croissance	8
Figure 2. Croissance mandibulaire telle que vue lorsqu'observée à partir de la base crânienne	13
Figure 3. Croissance mandibulaire telle que constatée lors de procédures de coloration vitale	14
Figure 4. Remodelage du ramus avec la croissance	15
Figure 5. Élastiques de classe II	19
Figure 6. Appareil de Herbst	21
Figure 7. Jasper Jumper	22
Figure 8. Twin Force	23
Figure 9. Forsus Fatigue Resistant Device	25
Figure 10. Forsus Nitinol Flat Spring et Forsus Fatigue Resistant Device	26
Figure 11. Appareil radiologique utilisé : Planmeca Promax	38

Figure 12. Élastiques de classe II	39
Figure 13. Forsus Fatigue Resistant Device	39
Figure 14. Forsus Nitinol Flat Spring	40
Figure 15. Points de repère céphalométriques utilisés	46
Figure 16. Exemple d'un tracé céphalométrique du logiciel <i>Dolphin Imaging</i>	46
Figure 17. Différence des moyennes à T2 et T3 pour la mesure ANS-PNS	54
Figure 18. Différence des moyennes à T2 et T3 pour la mesure SNA	55
Figure 19. Différence des moyennes à T2 et T3 pour la mesure SNB	56
Figure 20. Différence des moyennes à T2 et T3 pour la mesure ANB	56
Figure 21. Différence des moyennes à T2 et T3 pour la mesure Go-Pg	57
Figure 22. Différence des moyennes à T2 et T3 pour la mesure Ar-Go	58
Figure 23. Différence des moyennes à T2 et T3 pour la mesure Ar-Go-Me	59
Figure 24. Différence des moyennes à T2 et T3 pour la mesure FMA	60
Figure 25. Différence des moyennes à T2 et T3 pour la mesure POF/FH	60
Figure 26. Différence des moyennes à T2 et T3 pour la mesure PP/FH	61

Figure 27. Différence des moyennes à T2 et T3 pour la mesure B-Pg(PM)	62
Figure 28. Différence des moyennes à T2 et T3 pour la mesure 1/-FH	63
Figure 29. Différence des moyennes à T2 et T3 pour la mesure /1-PM	63
Figure 30. Différence des moyennes à T2 et T3 pour la mesure 1/-/1	64
Figure 31. Résultats pour la question sur le confort face aux activités quotidiennes	65
Figure 32. Résultats pour la question sur l'hygiène	66
Figure 33. Résultats pour la question sur le sommeil	67
Figure 34. Résultats pour la question sur le confort général	68
Figure 35. Changement du plan occlusal engendré par l'utilisation de mécanique de classe II	76
Figure 36. Manque dans le bon positionnement du patient entre la radiographie initiale et la radiographie finale	79
Figure 37. Différence dans l'intensité de l'exposition de la radiographie chez un même patient	80

Liste des abréviations

(mm)	Mesure en millimètres
(°)	Mesure en degrés
%	Pourcentage
µSv	Microsievert : unité de mesures de la quantité de radiation émise
g	Mesure en grammes
oz	Mesure en onces
Dr	Docteur
h. d.	Hygiéniste diplômée
ICC	Intraclass correlation coefficient

Remerciements

Tout d'abord, j'aimerais remercier mon directeur, le Dr Claude Remise, pour son support inconditionnel, pour son aide précieuse, pour ses encouragements, pour sa disponibilité et sa générosité tant durant la conception et la réalisation de ce projet, que tout au long de mon programme de spécialité.

J'aimerais aussi remercier mon co-directeur, le Dr Charles Rodrigue, sans qui ce projet n'aurait tout simplement pas pu se réaliser. Je tiens à le remercier pour son implication, son efficacité et son support durant tout le processus de réalisation de cette recherche. J'aimerais également remercier Mme Élise Drouin, h.d. pour avoir pris soin des patients de maîtrise au sein de la pratique du Dr Rodrigue.

Merci à M. Pierre Rompré pour s'être occupé de la partie statistique du projet ainsi que pour son aide, sa disponibilité et ses explications des plus précieuses.

J'aimerais aussi remercier la compagnie 3M/Unitek pour avoir fourni à titre gracieux les appareils Forsus pour les patients participant à l'étude. Un merci aussi à M. Claude Saillant pour m'avoir aidé dans l'initiation du projet.

J'aimerais dire un merci spécial au Dr Hicham El-Khatib pour avoir accepté d'être président-rapporteur pour mon projet, mais aussi pour son enseignement, sa générosité, ses

encouragements et pour toute l'aide qu'il m'a apportée durant toute ma spécialité, ainsi que dans d'autres sphères de la pratique orthodontique.

Un autre merci tout spécial au Dr Jean-Charles Létourneau pour avoir accepté de faire partie du jury de ma maîtrise, mais également pour sa disponibilité et sa grande générosité dans l'enseignement qu'il m'a donné tout au long de ces années.

J'aimerais finalement remercier le Dr Louis Dorval pour m'avoir donné l'idée à la base de la réalisation de ce projet.

Introduction

Chapitre 1. Introduction

Dans notre société nord-américaine beaucoup de patients traités en orthodontie présentent une malocclusion de classe II. Cette malocclusion est caractérisée par une distocclusion de la dentition. Dans le plan sagittal, la malocclusion de classe II est en fait le problème le plus fréquemment rencontré en Amérique du Nord. Elle affecte un tiers de la population [1, 2]. La gestion de ce type de malocclusion demeure donc, encore aujourd'hui, un défi pour les orthodontistes. Si on évalue la prévalence de cette malocclusion sur la base d'un surplomb horizontal de plus de 4 mm, les données du NHANES III démontrent une prévalence de 11% de cette malocclusion aux Etats-Unis [1]. Selon l'étude d'Ast et al., la prévalence de la malocclusion de classe II serait de 23,8% chez les adolescents entre 15 et 18 ans [3]. Selon l'article de Karacay [4], une étude allemande a démontré une fréquence de 37% de ce type de malocclusion chez les enfants de 6 à 15 ans. Au Québec, une étude rapporte une prévalence de la classe II de 32% chez les enfants de 13-14 ans. De plus, 18% présentent un surplomb horizontal de 5 mm ou plus [5].

La malocclusion de classe II peut être de différentes origines. Elle peut être soit dentaire, soit squelettique, ou une combinaison des deux. Squelettiquement, elle est caractérisée soit par une rétrognathie mandibulaire, soit par une prognathie maxillaire, soit par une combinaison des deux. McNamara rapporte que la caractéristique la plus commune des malocclusions de classe II est la rétrusion mandibulaire [6].

Plusieurs appareils et techniques ont été conçus pour tenter de corriger ce type de malocclusion [7-13]. On n'a qu'à penser aux élastiques inter-arcades [14, 15], couramment utilisés par les orthodontistes, ou encore aux appareils extra-oraux comme le «*headgear*»

[15, 16], aux appareils de propulsion mandibulaire comme le Forsus [17], aux appareils de distalisation comme l'ACCO [15, 18], aux extractions en série et, de nos jours, aux ancrages temporaires absolus [19] ou à la chirurgie maxillo-faciale.

Utilisés depuis longtemps en orthodontie, les élastiques inter-arcades sont une méthode typique de correction des malocclusions de classe II chez les patients en croissance [20]. Les appareils de type amovible, comme les élastiques, ont le désavantage important de requérir la collaboration et la coopération du patient pour être efficaces. Évidemment, des méthodes autres que les appareils amovibles existent. Au fil du temps, des appareils fixes ont aussi été conçus, principalement pour faire face aux problèmes de coopération qui surviennent fréquemment, par exemple avec les élastiques inter-maxillaires. Cette catégorie d'appareils fixes en bouche comprend, entre autres, l'appareil de Herbst, le Jasper Jumper, le Twin Force et le Forsus, pour n'en nommer que quelques-uns. Évidemment, ces appareils ont été conçus pour être utilisés chez les patients ayant une malocclusion de classe II d'importance faible à moyenne et principalement pour ceux ayant toujours une certaine croissance à venir [18].

Quelle que soit la mécanique inter-arcades, la mandibule nous sert alors d'ancrage dans le traitement d'une malocclusion de classe II. De façon générale, les mécaniques inter-arcades ont tendance à produire une certaine décélération de la croissance du maxillaire, une certaine accélération de la croissance mandibulaire et une proclinaison des incisives inférieures [17]. Il est donc important, en tant qu'orthodontiste, de déterminer le meilleur appareil pour la correction de la malocclusion de classe II pour un patient donné. Plusieurs facteurs sont à considérer, dont le profil du patient, la hauteur faciale inférieure observée chez le patient, l'inclinaison des incisives et la présence d'un prognathisme maxillaire ou d'un rétrognathisme mandibulaire. Tel que mentionné plus tôt, la sévérité du problème est aussi à considérer, ainsi que la coopération anticipée [17]. Selon la seule

étude publiée sur le sujet à ce jour [21], les élastiques de classe II et le Forsus auraient les mêmes effets sur la croissance des maxillaires et sur le complexe dento-alvéolaire. Cependant, la croyance populaire nous laisse entendre que le Forsus nous permettrait d'obtenir une meilleure accélération de la croissance mandibulaire, donc une meilleure correction de la malocclusion de classe II par rapport à ce qu'il nous est possible d'obtenir avec les élastiques de classe II.

Toutefois, très peu d'études ont été faites à ce jour sur les effets du Forsus [4, 17, 21-23]. L'objectif de ce projet était donc de vérifier quels sont les effets du Forsus par rapport aux élastiques de classe II bien portés par les patients, et s'ils sont semblables à ce que l'on rapporte dans la littérature à ce jour.

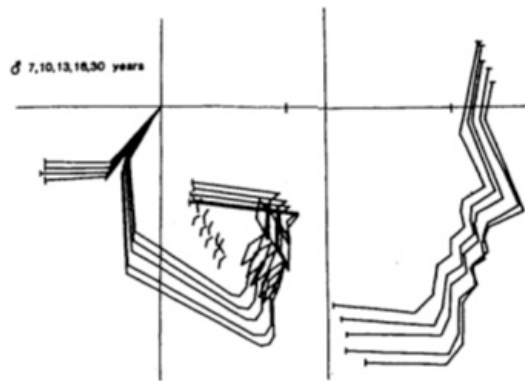
Recension des écrits scientifiques

Chapitre 2. Recension des écrits scientifiques

Croissance

Nos connaissances sur la croissance et le développement du complexe cranio-facial ont grandement évolué au cours des dernières années. Plusieurs théories ont été émises pour être ensuite mises de côté. Nos connaissances ayant avancé, elles ne sont cependant que partielles et il est encore aujourd'hui impossible de relier entre elles plusieurs données disponibles. Un exemple de ceci est que nous ne connaissons toujours pas le mécanisme par lequel la régulation de la croissance du massif cranio-facial est contrôlée [24]. Toutefois, certaines hypothèses solides ont été émises par différents auteurs et la combinaison de ces hypothèses peut expliquer en bonne partie la croissance des os de la face [25] [26, 27].

L'article de Thilander [24] est une excellente revue de littérature sur la croissance cranio-faciale. Selon cet article, le crâne entièrement développé représente en fait la somme de ses différentes parties. La croissance varie grandement selon ces dites parties et cette croissance survient à différents taux et dans des directions différentes. La croissance n'est donc pas égale dans toutes les parties du crâne. Le crâne adulte n'étant pas une version plus grande du crâne de l'enfant, il en diffère tant au niveau de la taille que de la forme, suivant ce procédé de croissance différentielle. Plusieurs années d'études nous ont permis de confirmer ces affirmations et la superposition de tracés céphalométriques nous permet de bien le visualiser (figure 1).



Tiré et adapté de l'article de Thilander [24]

Figure 1. Superposition de tracés d'un garçon ayant une occlusion normale aux âges de 7, 10, 13, 16 et 30 ans, démontrant la modification dans la forme et la taille de la face durant la croissance.

Les données céphalométriques servent, de façon générale, à décrire ces changements dimensionnels qui surviennent entre les différents os et servent aussi à décrire les mécanismes de croissance. Ces méthodes sont à la base des connaissances modernes des mécanismes de croissance du complexe cranio-facial [28]. Toujours selon Thilander [24], à partir des différentes études publiées, nous pouvons dire aujourd'hui que la croissance du massif facial se divise en quatre parties :

- le mécanisme de croissance : la façon dont le nouvel os est formé;
- le patron de croissance : les changements dans la taille et la forme d'un os;
- le taux de croissance : la vitesse à laquelle l'os se forme;
- le mécanisme de régulation, qui initie et dirige les trois premiers facteurs.

Mécanismes de croissance

La croissance et l'ossification du crâne se font selon deux différents procédés : par ossification endochondrale, c'est-à-dire par ossification d'un modèle qui est cartilagineux à la base, et par ossification intra-membraneuse, qui consiste en une transformation du tissu conjonctif mésenchymateux en un tissu osseux, ainsi que par une déposition d'os au niveau de surfaces osseuses déjà existantes. La face et la voûte crânienne sont principalement d'origine intra-membraneuse, alors que la base crânienne est principalement d'origine endochondrale. Le chondrocrâne retrouvé chez le fœtus s'ossifie de façon endochondrale à mesure que le développement s'effectue [29] pour former de larges unités osseuses. Ses restes engendrent des synchondroses, qui sont des articulations cartilagineuses que l'on retrouve entre les os de la base du crâne. Lorsque des os d'ossification intra-membraneuse se rencontrent, il y a formation d'une suture. La croissance et l'adaptation osseuses peuvent donc s'effectuer à mesure que les os se séparent au niveau des sutures et des synchondroses.

Les phénomènes de base impliqués dans le mécanisme de croissance sont la conversion du cartilage en os, ceci se produisant au niveau des synchondroses, du septum nasal et du cartilage condylien, la déposition osseuse au niveau des sutures et le remodelage au niveau du périoste.

Patron de croissance

Les os grandissent grâce à deux phénomènes fondamentaux, le modelage et le remodelage. Le modelage consiste en une apposition et une résorption au niveau des surfaces osseuses, qui permet les changements dans la taille et la forme des os. Le remodelage survient à l'intérieur de l'os lui-même, permettant la reconstruction de l'os tant au niveau tissulaire qu'au niveau moléculaire. Le phénomène auquel nous avons affaire

dans la morphogénèse faciale est une croissance par remodelage, mais ce terme inclut tant le modelage que le remodelage. Lorsqu'on parle de principes de croissance, la plupart des auteurs font référence à Enlow [30]. Cet auteur a émis plusieurs concepts à partir de ses études sur des mandibules de cadavres humains pour expliquer les changements que l'on retrouve au niveau des os pendant la croissance. Ses principes sont le remodelage, la dérive, le déplacement, la relocalisation et le principe du V [27].

Taux de croissance

Selon Thilander [24], le patron de croissance de base est d'autant plus compliqué par le fait que le taux auquel la croissance se fait jusqu'à l'âge adulte n'est pas constant. La vitesse de la croissance varie selon les moments durant le développement de l'enfant. Des études récentes suggèrent que la croissance continuerait jusqu'à un âge beaucoup plus avancé qu'on ne croyait au départ. Se faisant, malgré le fait que les changements soient de faible ampleur, la forme et la taille du complexe maxillo-facial en seraient affectées [31].

Mécanismes de régulation

Le contrôle de la croissance post-natale requiert des mécanismes de régulation biologiques précis pour initier et diriger les mécanismes de croissance, le patron et le taux de croissance. Nous savons aujourd'hui que la morphologie générale de la tête et du visage est guidée par de multiples facteurs. C'est donc dire que le développement facial est influencé à la fois par plusieurs gènes et par de multiples facteurs environnementaux [24].

Déjà dans les années 40, Sicher proposait que la croissance cranio-faciale soit en fait le résultat d'informations génétiques comprises dans le tissu osseux. Toutefois, il

réduisait l'effet des facteurs environnementaux à une simple influence sur la forme des os durant le développement [32]. Cette vision des choses étant incompatible avec plusieurs observations cliniques; d'autres auteurs ont émis leurs théories.

Scott, dans les années 60, attribuait l'hérédité et la croissance du tissu osseux au périoste et aux structures cartilagineuses [25]. Il a alors proposé le concept de la régulation épigénétique. Le contrôle épigénétique se résume au fait que la croissance suturale est en réalité une réponse à la croissance des structures adjacentes et, selon sa théorie, l'information génétique serait contenue dans ces structures.

Sur la base de nouvelles informations concernant la physiologie osseuse, Moss amena à son tour une toute nouvelle théorie sur le contrôle de la croissance cranio-faciale [33]. Il formula la théorie de la matrice fonctionnelle, dans laquelle les os étaient dépourvus de contrôle génétique. Le complexe cranio-facial y est présenté comme une structure ayant différentes fonctions, qu'il nommait «composantes crâniennes fonctionnelles». Selon lui, une composante comprend une matrice fonctionnelle et une unité squelettique. Une matrice fonctionnelle comprend les tissus et les cavités qui assurent une certaine fonction. L'unité squelettique protège la matrice fonctionnelle et comprend les os, le cartilage et les tendons qui protègent et supportent cette matrice. Donc, les parties de la matrice fonctionnelle peuvent avoir une influence directe sur les unités squelettiques.

Dans les années 70, van Limborgh émit une autre hypothèse [34]. Selon lui, la morphologie faciale est contrôlée par cinq facteurs, soit les facteurs génétiques intrinsèques, les facteurs épigénétiques locaux et généraux et les facteurs environnementaux locaux et généraux. Selon sa théorie, tant les facteurs locaux que

généraux peuvent entraîner des anomalies. Les facteurs génétiques intrinsèques exercent leur influence dans la cellule elle-même et déterminent les caractéristiques de ces cellules ainsi que celles des tissus. Les facteurs épigénétiques sont des facteurs déterminés génétiquement, mais dont l'influence s'exerce à l'extérieur des cellules et des tissus dans lesquels ils sont produits. Ces facteurs pourraient donc avoir un effet de façon locale sur les structures adjacentes ou de façon plus générale, lorsqu'ils agissent à distance. Les facteurs environnementaux locaux, comme les forces musculaires, ont beaucoup plus d'importance dans la croissance cranio-faciale post-natale que les facteurs environnementaux généraux, comme la nourriture.

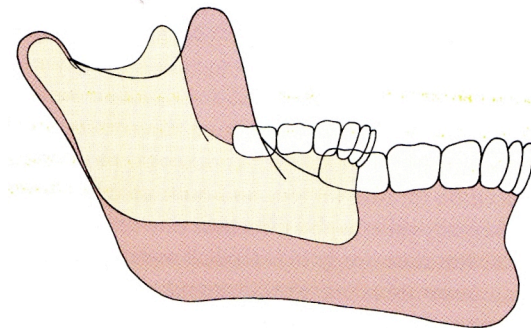
Finalement, Petrovic et ses collaborateurs ont développé le modèle cybernétique basé sur leurs études sur les rats [35]. Ce modèle illustre bien la complexité des liens multifactoriels impliqués dans le processus de croissance. L'effet physiologique des facteurs qui contrôlent la croissance faciale n'est pas limité à de simples commandes, mais incluent des relais impliquant des interactions et des boucles de rétroaction.

Croissance de la mandibule

Depuis plusieurs années, en orthodontie, les praticiens essaient non seulement de comprendre la croissance, mais aussi de la diriger et de l'utiliser afin de les aider dans le traitement des patients. La stimulation de la croissance de la mandibule à l'aide d'appareils myofonctionnels est encore controversée de nos jours [7, 36, 37] [38-42]. Pour bien comprendre la croissance de la mandibule, débutons par le développement de sa structure.

Tout d'abord, il faut savoir que la mandibule est un os mixte, c'est-à-dire qu'elle a une origine d'ossification en partie endochondrale et en partie intra-membraneuse. Même si le cartilage condylien n'est pas du même type que le cartilage épiphysaire, on y retrouve quand même de l'hypertrophie, de l'hyperplasie et un remplacement endochondral tout comme dans les autres cartilages. Toutes les autres régions de la mandibule sont formées et grandissent par apposition de surface et par remodelage.

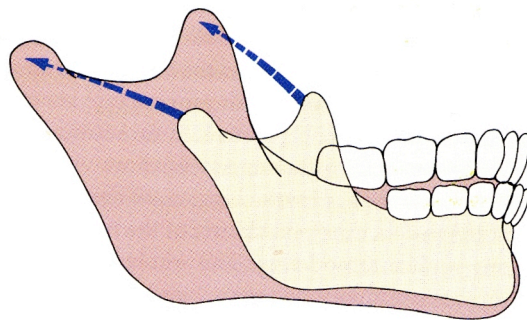
De façon générale, tous s'entendent pour dire que la mandibule a un patron de croissance vers l'avant et vers le bas et ce, principalement en réponse à un déplacement de l'os entier. Ceci crée les conditions pour une croissance simultanée de l'os dans la direction opposée. Donc, nous pouvons voir le patron de croissance de la mandibule de deux façons, selon le point de référence utilisé. Si le crâne est le point de référence, le menton bougera effectivement vers le bas et vers l'avant.



Tiré et adapté du livre de Proffit [43]

Figure 2. Croissance mandibulaire telle que vue lorsqu'observée à partir de la base crânienne.

D'un autre côté, si on se réfère aux études faites grâce aux implants de Björk ou à la coloration vitale («*vital staining*»), il devient évident que les sites principaux de croissance de la mandibule sont les rebords postérieurs de la branche montante, du condyle et de l'apophyse coronoïde [44]. Très peu de changements sont alors observables au niveau de la partie antérieure de la mandibule, même si une des caractéristiques principales observée durant la croissance mandibulaire est une augmentation de la proéminence du menton. De façon plus localisée, ce qui accentue cette proéminence est le fait que juste au-dessus du menton, à la base du procès alvéolaire, on observe une zone de résorption osseuse. Cette zone, en combinaison avec la croissance des autres parties de la mandibule, accentue la projection du menton.



Tiré et adapté du livre de Proffit [43]

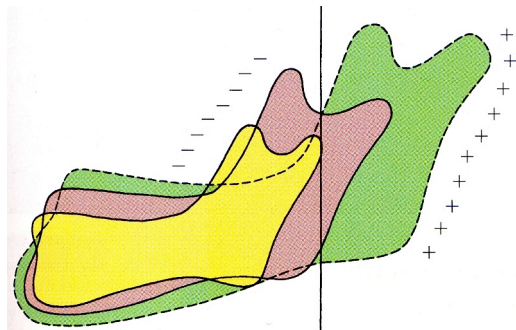
Figure 3. Croissance mandibulaire telle que constatée lors des procédures de coloration vitale.

Pour faciliter la compréhension de la croissance mandibulaire, il est possible de la diviser en quatre parties, soit le condyle, la branche montante, le corps mandibulaire et le procès alvéolaire. Tout d'abord, il a longtemps été cru que le condyle était le déterminant

principal de la croissance de la mandibule, qu'il agissait donc comme une plaque épiphysaire et qu'il contrôlait entièrement la croissance de la mandibule [45]. Cependant, des études sur les animaux où l'on retirait le condyle, ont prouvé que la croissance était tout de même possible sans condyle [46]. Ces études ont permis de conclure que le condyle est en réalité un site de croissance et non un centre de croissance.

La branche montante, ou ramus, grandit en hauteur grâce au processus de croissance endochondrale au niveau du condyle et aussi par remodelage au niveau de sa surface. Avant la puberté, la mandibule a un taux de croissance relativement stable.

Le corps de la mandibule, quant à lui, grandit en longueur principalement par apposition osseuse sur sa surface postérieure. En fait, le remodelage du corps mandibulaire entraîne un déplacement vers l'arrière du ramus. La mandibule croît en longueur par apposition à sa surface postérieure mais, en même temps, une résorption osseuse importante s'effectue sur la surface antérieure du ramus. Ce remodelage progressif permet de créer de l'espace en postérieur de l'arcade pour l'éruption des deuxièmes molaires primaires tout d'abord, et des molaires permanentes ensuite.



Tiré et adapté du livre de Proffit[43]

Figure 4. Remodelage du ramus avec la croissance.

Le procès alvéolaire grandira à son tour en direction verticale de façon compensatoire pour tous les changements encourus dans les autres parties de la mandibule et permettre ainsi de conserver l'occlusion. Cette croissance se poursuivra durant toute la vie de l'individu, mais à un taux moins élevé une fois la maturité atteinte.

Le moment où la croissance se termine pour chaque dimension est différent. La croissance en transverse est la première à s'arrêter, cessant même souvent avant le pic de croissance. La croissance en longueur se termine ensuite et la croissance en verticale est la dernière à s'arrêter.

Tel que cité plus tôt, le déplacement de la mandibule vers le bas et vers l'avant implique un déplacement en entier de l'os. Ce déplacement est associé à une rotation, la direction étant dictée par la croissance du condyle. Une rotation antérieure sera observée chez les sujets ayant une croissance condylienne vers le haut et vers l'avant. Une rotation postérieure sera vue chez les patients ayant une direction de croissance du condyle vers l'arrière. Un certain remodelage au niveau du bord inférieur de la mandibule permet de camoufler l'effet de cette rotation sur la morphologie faciale [47].

Effets des appareils myofonctionnels sur la croissance de la mandibule

À la base, les appareils myofonctionnels sont conçus pour modifier la position de la mandibule, tant dans le plan sagittal que dans le plan vertical, afin d'induire un allongement supplémentaire de celle-ci, en stimulant la croissance au niveau du cartilage condylien [37, 48, 49]. Alors que certaines études rapportent une augmentation de la longueur de la mandibule avec les appareils myofonctionnels [38-42], d'autres ont conclu que les appareils myofonctionnels n'ont pas d'effet sur la croissance mandibulaire [7, 36, 37]. Les études rapportant des effets positifs sur la croissance mandibulaire laissent encore la question sans réponse, principalement à cause du manque de standardisation dans les recherches effectuées sur le sujet. Les études faites sur les modèles animaux ont démontré cette stimulation de la croissance mandibulaire au niveau du condyle, cependant il semble que chez l'humain le processus soit différent et ne donne pas les mêmes résultats [50-56]. Plusieurs études faites dans le passé sur l'augmentation de la croissance mandibulaire ont démontré différents degrés de succès dans leurs résultats, ce qui fait que l'utilisation de ce type d'appareils demeure controversée dans la littérature [36, 37, 40, 41, 57-62]. Selon une étude faite par Bishara [63] qui comparait les changements observés au niveau mandibulaire chez des patients présentant une malocclusion de classe II division 1 traités et non traités, un traitement orthodontique accompagné de forces orthopédiques appropriées «normaliserait» les relations squelettiques et dentaires de ces patients.

Une revue systématique récente faite par Masico et al. [64] basée sur les recherches cliniques randomisées publiées, en est venue à la conclusion que lorsqu'un traitement myofonctionnel est prodigué à un patient au début de l'adolescence, il y a des changements minimes bien que bénéfiques, dans le patron squelettique. Cependant, ces changements seraient probablement non cliniquement significatifs. Toujours dans cette même méta-analyse, on démontre que le traitement myofonctionnel permet de petites augmentations de

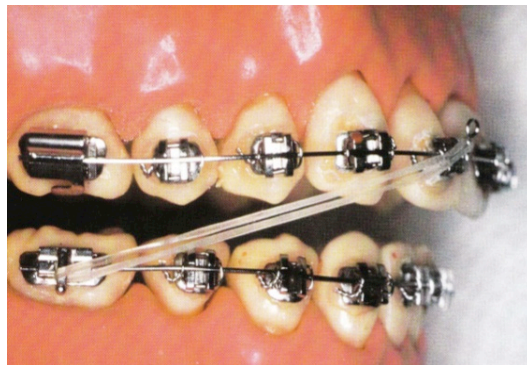
la longueur mandibulaire qui ne semblent pas être cliniquement significatives, bien que statistiquement significatives. Les auteurs soulignent le fait que le mélange de tous les types de divergences observés dans les cas de malocclusion de classe II peut avoir affecté les résultats de l'étude. Ils recommandent que les études sur les malocclusions de classe II séparent les patients qui ont un phénotype hyperdivergent, normodivergent et hypodivergent. Ceci pourrait permettre d'expliquer pourquoi dans certains cas, des résultats impressionnants surviennent à l'intérieur d'un même groupe à l'étude.

Selon la revue de littérature de Cozza et al. [65], deux tiers des études sélectionnées ont rapporté une élongation statistiquement significative de la longueur mandibulaire totale comme résultat du traitement actif avec les appareils myofonctionnels. Cette croissance mandibulaire supplémentaire semble être significativement plus grande quand le traitement myofonctionnel est effectué au pic de croissance pubertaire. Cependant, aucune des études cliniques randomisées sélectionnées pour la revue n'a rapporté de croissance mandibulaire cliniquement significative induite par les appareils myofonctionnels.

Coopération

Les élastiques inter-maxillaires sont depuis longtemps utilisés en orthodontie [20]. Ils ont différentes applications, dont une implication dans la correction des malocclusions de classe II. Il s'agit d'une méthode de correction typique et très efficace [21]. La plupart du temps, ils sont soit installés sur le boîtier de la canine supérieure, soit sur un crochet installé sur le fil au distal de l'incisive latérale supérieure, alors qu'à l'arcade inférieure, ils sont attachés, soit sur la première molaire, soit sur la deuxième. Les patients les installent et les retirent eux-mêmes, généralement aux heures des repas. Étrangement, malgré leur utilisation de longue date, peu d'études sont parues sur les effets des élastiques de classe II dans la correction de la malocclusion de classe II [20, 66-68]. Les effets verticaux de ceux-

ci rapportés dans la littérature sont l'extrusion des incisives supérieures et des molaires inférieures, ce qui mène à une rotation du plan occlusal et donc à une rotation horaire de la mandibule. Les effets horizontaux sont la bascule mésiale des molaires inférieures ou leur rotation, la proclinaison des incisives inférieures et le déplacement antérieur de l'arcade inférieure entière [20].



Tiré et adapté du livre de Langlade[69]

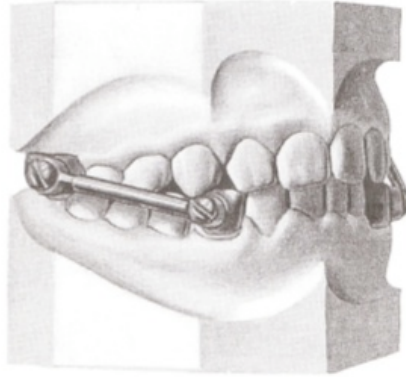
Figure 5. Élastiques de classe II.

Dans un article étudiant les effets squelettiques et dentaires des élastiques de classe II chez les patients adolescents ayant une malocclusion de classe II division 1, Nelson [68] a conclu que l'amélioration de l'occlusion est principalement due aux changements dentaires et que la croissance squelettique semblerait faiblement modifiée par le traitement. D'un point de vue vertical, les effets du traitement avec les élastiques sont, selon cet article, une augmentation de l'angle du plan mandibulaire et une augmentation de la hauteur faciale antérieure inférieure.

Dans une autre étude comparant les élastiques de classe II et le Herbst, toujours chez des patients de classe II division 1, Nelson [66] en est venu à la conclusion que les deux traitements avaient des effets aux niveaux squelettique et dentaire. Cependant, les effets squelettiques semblent plus importants avec le Herbst. Avec les élastiques, plus de changements verticaux ont été observés.

Dans une étude de suivi à plus long terme des patients traités avec élastiques et avec Herbst, Nelson [67] en vient toutefois à la conclusion que, suite au traitement, la différence entre les deux appareils est plus marquée mais, qu'à long terme, cette différence s'estompe et les deux groupes deviennent alors similaires.

Ceci dit, l'utilisation d'élastiques inter-arches repose entièrement sur la coopération du patient pour l'obtention d'un résultat satisfaisant [18, 70]. Donc, une mauvaise coopération pourrait entraîner des résultats de traitement compromis et engendrer une augmentation du temps de traitement [71, 72]. C'est la raison pour laquelle les orthodontistes ont cherché à concevoir des appareillages indépendants de la coopération du patient pour obtenir la correction de la malocclusion de classe II [22]. Plusieurs ont été conçus et proposés, dont le Herbst, le Jasper Jumper, le Twin Force, le Forsus pour n'en nommer que quelques-uns [13, 15, 18, 73].

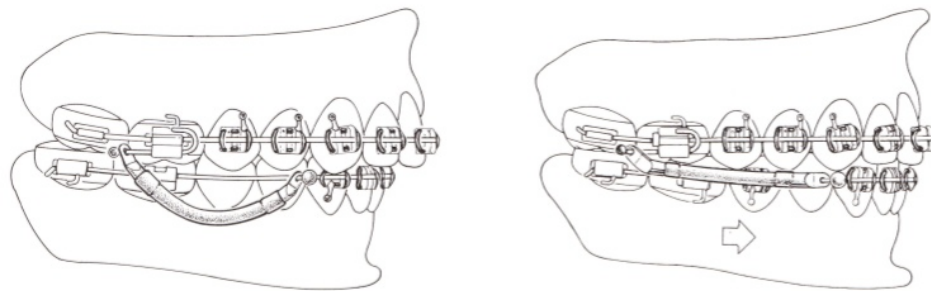


Tiré et adapté du livre de McNamara[13]

Figure 6. Appareil de Herbst.

Le Herbst a été conçu par Emil Herbst au début des années 1900, mais n'a pas été beaucoup utilisé avant sa réintroduction par Pancherz dans les années 1970 [74]. Le Herbst est un appareil installé de façon bilatérale, comprenant un mécanisme télescopique qui maintient la mandibule en position de protrusion. Les études de Pancherz [8, 74-76], de McNamara [41] et de Wieslander [77] ont rapporté des effets au niveau squelettique aussi bien qu'au niveau dento-alvéolaire avec cet appareil. Le Herbst agit en restreignant la croissance du maxillaire et il a un effet stimulant sur la croissance mandibulaire. La croissance sagittale peut être augmentée, alors que la croissance verticale n'est apparemment pas affectée par le traitement [18]. Pancherz a rapporté qu'avec un appareil sur bagues, la correction sagittale des molaires est due aux changements squelettiques à 43% et aux changements dento-alvéolaires à 57%. La correction du surplomb horizontal était due aux changements squelettiques à 56% et aux changements dento-alvéolaires à 44%. Ces changements dento-alvéolaires comprennent une proclinaison des incisives inférieures et une distalisation et intrusion des molaires supérieures [74]. Les effets à long terme sur la croissance mandibulaire sont incertains. Les résultats de cette étude indiquent que l'orthopédie dento-faciale faite grâce au Herbst n'a un impact que temporaire sur le

patron de croissance squelettique existant [78]. La recherche sur le Herbst a aussi démontré qu'il ne cause pas d'effet néfaste sur l'articulation temporo-mandibulaire, malgré le fait qu'il maintienne le condyle hors de la fosse [79]. En fait, la correction de la malocclusion de classe II serait principalement le résultat d'une augmentation de la longueur mandibulaire, d'un remodelage de la fosse glénoïde et d'une restriction de la croissance du maxillaire [76, 80]. Les principaux problèmes à survenir avec le Herbst sont la rigidité du mécanisme et le fait qu'il requière des étapes de confection complexes, donc coûteuses [41, 81-83].

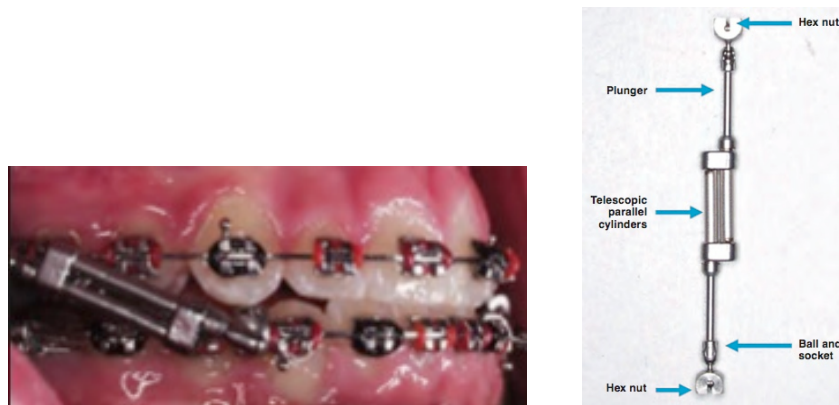


Tiré et adapté du livre de McNamara[13]

Figure 7. Jasper Jumper.

En 1987, Jasper a développé un nouvel appareil, plus flexible que l'appareil de Herbst. Le Jasper Jumper consiste en un ressort auxiliaire recouvert de vinyle qui est attaché sur un appareillage orthodontique fixe complet. Il s'installe au niveau du tube à «*headgear*» sur la molaire supérieure et sur le fil à l'arcade inférieure, au distal de la canine [18]. Souvent, les boîtiers sur les premières prémolaires inférieures sont retirés. Ces ressorts, placés bilatéralement, maintiennent la mandibule en position de protrusion [18]. Cet appareil est reconnu pour produire rapidement des changements au niveau de la relation entre les arcades, similaires à ceux créés par le Herbst [18]. Le Jasper Jumper applique donc des forces postérieures sur la dentition maxillaire et des forces antérieures sur la

dentition mandibulaire [62, 83-86]. Le principal effet du Jasper Jumper serait dentaire plutôt que squelettique selon Cope [62] et Covell [87], même si le maxillaire subit un déplacement postérieur important et que la mandibule démontre une rotation horaire. La rotation horaire de la mandibule est due à la bascule distale des molaires supérieures, cet appareil est donc contre-indiqué dans les cas de béance antérieure dentaire ou squelettique, dans les cas d'hyperdivergence et chez les patients ayant une hauteur faciale inférieure augmentée [15]. Il est recommandé d'utiliser un fil rigide avec du torque radiculaire buccal à la mandibule afin de maintenir l'ancrage à l'arcade inférieure et en plus, d'attacher le fil en postérieur («*tie-back*») pour éviter la proclinaison des incisives inférieures [18]. Les principaux problèmes observés avec cet appareil sont qu'il est large et peut causer des blessures au niveau des joues, qu'il brise souvent, que le revêtement de vinyle se déforme entraînant la nécessité de remplacer l'appareil [62, 84].



Tiré et adapté de l'article de Chhibber[88]

Figure 8. Twin Force.

Le Twin Force est un appareil fixe, inter-maxillaires et bilatéral, qui pousse lui aussi la mandibule vers l'avant jusqu'à une position de bout-à-bout. Il s'agit d'un système

télescopique formé d'un tube et d'un piston contenant un ressort en nickel titane qui délivre une force constante. Le principe d'attachement est celui d'une rotule, permettant une grande flexibilité dans tous les mouvements, même latéraux. L'appareil est attaché aux fils maxillaire et mandibulaire, idéalement en acier inoxydable, grâce à des écrous fixés au mésial de la première molaire supérieure et au distal de la canine inférieure. Lorsqu'il est comprimé au complet, il délivre une force d'environ 210 g [73]. Cependant, comme l'appareil est dirigé par les forces musculaires, il est difficile de quantifier de façon exacte l'ampleur de la force. Les auteurs recommandent aussi l'utilisation d'un arc transpalatin pour éviter la bascule buccale des molaires engendrée par le Twin Force [88].

Tous ces appareils ont été conçus dans le but de minimiser le besoin de coopération du patient et de maximiser la prévisibilité des résultats. C'est ce qu'on appelle la «*non-compliance therapy*» [18]. Le fait d'éliminer le besoin d'utiliser un appareil amovible comme les élastiques, nous permet d'avoir le contrôle sur le traitement et ainsi d'obtenir un résultat plus prévisible. De la même façon, les appareils de la catégorie «*non-compliance therapy*» peuvent aussi être utilisés chez les patients qui coopèrent bien, offrant encore à l'orthodontiste le contrôle sur le résultat du traitement.

Le Forsus est donc un de ces appareils. Peu de littérature scientifique est disponible sur le sujet. Conçu par le Dr William Vogt de Philadelphie, le Forsus est un ressort placé bilatéralement et reliant les deux arcades. Il est constitué d'une tige que l'on insère dans un cylindre télescopique. Un crochet est présent à l'extrémité de la tige qui nous permet de la resserrer sur le fil à l'arcade inférieure, soit au distal de la canine ou de la première prémolaire. Le cylindre télescopique est constitué d'un tube externe et d'un tube interne qui glissent l'un sur l'autre, le tout surmonté d'un ressort en nickel titane. L'extrémité du cylindre possède un œillet qui nous permet d'insérer le goujon attachant le cylindre au tube à «*headgear*» de la bague sur la première molaire supérieure. Aujourd'hui, il est possible

d'attacher le ressort avec le goujon, mais il est aussi possible d'avoir une attache qui empoigne directement le tube sur la bague de la molaire («EZ Module»). La tige est conçue avec un arrêt intégré qui comprime le ressort quand le patient a la bouche fermée. La force du ressort est alors transmise aux molaires supérieures, utilisant la mandibule comme ancrage [17].



Tiré et adapté de l'article de Vogt[17]

Figure 9. Forsus Fatigue Resistant Device.

Pour choisir la bonne grandeur de tige, une règle spéciale a été créée et elle nous permet de mesurer du distal du tube de la bague de la molaire supérieure au distal de la canine inférieure. Lorsqu'il est comprimé complètement, le Forsus délivre environ 200 g de force. Il est possible de réactiver l'appareil en ajoutant des anneaux métalliques au niveau de la tige. Le Forsus devrait être placé lorsque des fils rigides sont en bouche et, à l'arcade inférieure, le fil devrait être plié ou attaché pour minimiser la bascule des incisives inférieures. L'utilisation de boîtiers avec un torque négatif au niveau des incisives inférieures est aussi recommandée. Le Dr Vogt recommande une continuité du port jusqu'à l'obtention d'un bout à bout des dents antérieures [17].

Le premier article à paraître sur le sujet a été publié en 2001 par Heinig [23]. Le but de cette étude était de voir quels changements pouvaient être identifiés sur une radiographie céphalométrique suite au port pendant 4 mois du Forsus et quels problèmes allaient survenir durant ce temps. Toutefois, le Forsus utilisé était différent de celui utilisé pour notre projet, il s'agissait du Forsus Nitinol Flat Spring.



Tiré du site web www.solutions.3m.com



Tiré et adapté de l'article de Vogt[17]

Figure 10. Forsus Nitinol Flat Spring et Forsus Fatigue Resistant Device.

Cette étude [23] a été faite sur 13 patients, dont l'âge moyen à la mise en bouche du Forsus était de 14,2 ans. Tous les patients étaient en croissance durant le traitement, ceci confirmé par une radiographie de la main et du poignet. Les auteurs disent avoir utilisé un fil 0,021"x0,025" continu, mais ne font pas mention du matériau. Des modèles, photos et radiographie céphalométrique ont été pris avant la mise en bouche du Forsus. Après deux mois de port, un questionnaire a été remis aux patients pour sonder les problèmes survenus avec leur appareil. Le Forsus a été retiré après 4 mois, et à nouveau, modèles, photos et radiographie ont été pris. L'évaluation des radiographies céphalométriques a démontré que les effets dentaires de cet appareil compte pour 66% de la correction sagittale de la malocclusion de classe II. L'inclinaison du plan occlusal a été changée de 4,2° en direction horaire. L'évaluation grâce au questionnaire a permis de constater que deux tiers des patients ont eu de la difficulté à brosser leurs dents avec l'appareil. Le principal problème à survenir a été la difficulté de bâiller avec l'appareil. De façon générale, deux tiers des

patients ont préféré le Forsus à l'appareil précédemment utilisé dans leur bouche pour corriger leur malocclusion de classe II («*headgear*», activator, élastiques de classe II). L'analyse céphalométrique utilisée dans cette étude est une analyse peu commune, rendant difficile la comparaison avec d'autres études. Comme il s'agissait d'une étude visant à évaluer la pertinence clinique de l'utilisation du Forsus, les auteurs concluent que l'appareil passe le test d'application clinique et qu'il peut être un bon ajout aux différentes techniques de correction de classe II déjà disponibles.

En 2006, un article de Karacay et al. [4] est publié, comparant le Forsus Nitinol Flat Spring au Jasper Jumper dans la correction des malocclusions de classe II division 1. Le but de leur étude était de comparer les effets squelettiques et dentaires du Forsus à un autre appareil, aucune comparaison n'ayant été faite pour ce nouvel appareil à ce moment-là. Les critères d'inclusion de cette étude sont similaires à ceux de notre étude, mais leur échantillon a été divisé en trois groupes, soit un groupe Forsus, un groupe Jasper Jumper et un groupe contrôle (mention de l'approbation par un comité d'éthique). L'âge moyen des patients était de 13,8 ans. Les boîtiers utilisés pour l'étude avaient une lumière de 0,018", donc le fil utilisé avant la mise en place des appareils était un fil 0,017"x0,025" en acier inoxydable. Les appareils ont été enlevés une fois l'obtention d'une relation molaire de classe I, pour un temps de port moyen de 5,26 mois. Des radiographies céphalométriques et des modèles d'étude ont été pris juste avant la mise en bouche du myofonctionnel et tout juste à son enlèvement. L'analyse céphalométrique choisie dans cette étude est l'analyse de Pancherz, qui est une analyse particulière qui n'est pas utilisée couramment. La comparaison avec d'autres études en est d'autant plus compliquée puisque les points et les mesures utilisés ne sont pas conventionnels. Les résultats permettent aux auteurs de conclure que les deux appareils, soit le Forsus et le Jasper Jumper, stimulent la croissance mandibulaire et inhibent la croissance maxillaire. Les mouvements dentaires obtenus sont significatifs et jouent un plus grand rôle dans l'obtention d'une relation de classe I. Ils ont notés une extrusion, une rétrusion et une bascule linguale des incisives supérieures, alors

que les incisives inférieures ont subi une intrusion, une protrusion et une bascule buccale. Les deux appareils changent l'inclinaison du plan occlusal et causent de l'expansion des arcades. Les effets squelettiques et dentaires des deux appareils sont similaires, le Forsus n'ayant donc pas d'avantage sur le Jasper Jumper, qui est un appareil déjà éprouvé.

L'étude de Jones et al. [21] est celle qui se rapproche le plus de notre projet. En effet, cette étude compare les effets du Forsus Fatigue Resistant Device aux élastiques de classe II. Leur échantillon comprenait 68 patients, répartis en deux groupes égaux et provenant de deux pratiques privées différentes. L'âge moyen des patients était de 12,4 ans. Leurs critères d'inclusion étaient légèrement différents des nôtres, permettant à des patients allant jusqu'à 17 ans au début du traitement, de faire partie de l'étude. La collecte de données s'est faite sur la base des radiographies céphalométriques, prises en pré-traitement orthodontique et en post-traitement orthodontique. Ce sont donc les effets de traitement totaux qui ont été mesurés, et non pas les effets des appareils myofonctionnels seulement. De la même façon que les deux études précédentes, l'analyse céphalométrique choisie par les auteurs est peu courante. Il s'agit de l'analyse de pitchfork, qui est difficilement applicable cliniquement. La conclusion des auteurs est qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes. Il semble y avoir une tendance générale au mouvement mésial du maxillaire, de la mandibule et de la dentition entière, et ce dans les deux groupes. Les mouvements tant squelettiques que dentaires ont été plus grands à la mandibule qu'au maxillaire, ce qui a contribué à la correction de la classe II. Ils ont aussi observé une proclinaison de l'incisive inférieure dans les deux groupes. La conclusion de cet article est donc la même que celle de l'article précédemment cité; le Forsus est un substitut acceptable aux élastiques de classe II, particulièrement chez le patient qui ne nous offre pas une bonne coopération.

Une dernière étude sur le Forsus, disponible en version électronique seulement, est parue en 2011. L'étude de Franchi et al. [22] a évalué les effets squelettiques et dentaires du traitement orthodontique combiné au Forsus Fatigue Resistant Device et les a comparés à un groupe de patients similaires tiré de banques de données d'études sur la croissance (*University of Michigan Growth Study, Denver Child Growth Study*). Leur échantillon comprenait 59 patients, soit 32 patients en traitement actif et 27 patients provenant des banques de données. L'âge moyen des patients était d'environ 12,8 ans. Pour le groupe en traitement, les radiographies pré-traitement orthodontique et post-traitement orthodontique ont été évaluées, afin de pouvoir les assortir avec les radiographies des patients provenant des banques de données. Encore une fois, l'effet total de traitement a été mesuré et non pas l'effet du Forsus seulement. Le fil utilisé lors de la mise en bouche du Forsus était un 0,019"x0,025" en acier inoxydable aux deux arcades, le fil inférieur a été replié au distal des molaires et des boîtiers avec un torque négatif ont été placés au niveau des incisives inférieures. Le temps de port moyen du Forsus a été de 5,2 mois. Encore une fois, l'analyse céphalométrique utilisée est faite sur mesure pour l'étude, rendant les comparaisons quelque peu compliquées. Le groupe Forsus a démontré une restriction significative importante dans le plan sagittal de la position du maxillaire, une augmentation significative de la longueur mandibulaire et une amélioration significative des relations squelettiques sagittales entre le maxillaire et la mandibule. Ce groupe a aussi eu une réduction significative du surplomb horizontal, en plus d'une proclinaison et d'une intrusion significative des incisives inférieures. L'utilisation du Forsus a donc permis une correction réussie de la malocclusion de classe II chez 87,5% des patients. En conclusion, le Forsus semble avoir un effet squelettique plus grand sur le maxillaire en restreignant son avancement dans le plan sagittal, alors que les effets à la mandibule se situent plus au niveau dento-alvéolaire, avec un grand déplacement mésial des incisives inférieures. Le Forsus est donc un moyen efficace de corriger une malocclusion de classe II, avec une combinaison de modifications squelettiques et dento-alvéolaires.

Il est encore difficile aujourd'hui d'obtenir des réponses intéressantes de la littérature sur l'efficacité des appareils myofonctionnels, à cause de la variabilité des mesures céphalométriques utilisées dans les différentes études [57, 64, 89]. Certains chercheurs utilisent le point Condylion comme point de référence postérieur pour mesurer la longueur mandibulaire totale [4, 22], alors que d'autres utilisent le point Articulaire, ou carrément des analyses plus «maison» [21, 23]. Il est d'ailleurs difficile avec le point Articulaire de différencier un déplacement d'une réelle croissance mandibulaire [90]. De plus, la durée de traitement varie, tout comme la longueur du suivi et souvent, les groupes à l'étude sont comparés à des groupes non traités ou qui ont des traitements différents d'une étude à l'autre, ce qui rend la comparaison entre les études très difficile [57, 65, 89].

Problématique, objectifs et hypothèses

Chapitre 3. Problématique

Dans cette étude, la problématique est de vérifier si les effets du Forsus et des élastiques de classe II sont visibles au niveau des bases osseuses des maxillaires, ou s'ils ne sont que dento-alvéolaires, comme semble être la croyance populaire. Je désire aussi évaluer si le Forsus a le même effet sur la croissance que les élastiques de classe II. La problématique soulevée par mon projet concerne donc les effets *réels* sur la croissance de deux appareils myofonctionnels largement utilisés par les orthodontistes en bureau privé. Il s'agit alors de vérifier si les élastiques de classe II, comme les Forsus, ont les mêmes effets sur la croissance des patients et de quelle nature ils sont.

Objectifs de l'étude

Les objectifs de cette recherche sont d'évaluer les effets squelettiques et la composante de croissance réelle produits au niveau des bases osseuses des maxillaires chez les patients utilisant le Forsus et de les comparer à ceux produits par l'usage d'élastiques de classe II. Nous pourrions ainsi comparer les effets du Forsus et des élastiques, tous deux étant des appareils myofonctionnels couramment utilisés par les orthodontistes pour les patients présentant une déficience de la mandibule appelée «rétrognathie mandibulaire». L'étude vise aussi à évaluer les composantes dento-alvéolaires de chacun de ces appareils et de les comparer, entre elles et par rapport à d'autres études. Leurs effets seront comparés sur la base de radiographies céphalométriques latérales.

Peu d'études sur le sujet sont disponibles dans les écrits. Une seule étude compare les effets des Forsus et des élastiques de classe II [21]. Une autre étude rapporte une comparaison entre les élastiques de classe II et le Herbst [66], appareil similaire au Forsus. Les études disponibles [4, 17, 21-23] mesurent plutôt les effets dento-alvéolaires observés avec ce type d'appareil, sans vérifier de façon claire et précise s'il y a présence d'effets squelettiques significatifs. De plus, les effets des appareils myofonctionnels sont très controversés dans la littérature scientifique.

Hypothèses de recherche

Trois hypothèses de recherche ont été émises. La première hypothèse nulle suppose que le Forsus et les élastiques de classe II ont des effets similaires sur la croissance des bases osseuses. La seconde, elle aussi hypothèse nulle, stipule que le Forsus et les élastiques de classe II ont des effets dento-alvéolaires similaires. La dernière hypothèse soulève le fait que le Forsus et les élastiques de classe II ont tous les deux des effets sur la croissance.

Les résultats auxquels nous nous attendons sont que le Forsus et les élastiques de classe II ont des effets sur la croissance des maxillaires, que le Forsus a un effet sur la croissance des bases osseuses plus grand que celui des élastiques de classe II et, finalement, qu'il a un effet dento-alvéolaire plus grand que celui des élastiques de classe II, alors que ces effets dento-alvéolaires s'exprimeront de façons différentes.

Méthodologie

Chapitre 4. Méthodologie

Type d'étude et comités

Ce projet d'étude pilote a été approuvé par le Comité scientifique de la faculté de médecine dentaire de l'Université de Montréal et par le Comité d'éthique de la recherche des sciences de la santé de l'Université de Montréal (voir annexes I et II).

Échantillon

Recrutement des sujets

Tout d'abord, les patients volontaires pour cette étude ont été recrutés dans la pratique privée du Dr Charles Rodrigue selon les caractéristiques ci-après mentionnées. Les conditions de l'étude étaient expliquées au patient et aux parents, nous remettions alors à la personne responsable du patient, un consentement éclairé à remplir si elle acceptait de participer à l'étude. Tous les patients débutaient leur traitement par une phase d'alignement préliminaire avant la mise en bouche de l'appareil myofonctionnel choisi. Les patients ont été répartis dans chaque groupe par le Dr Rodrigue, selon leur comportement et leur coopération durant la phase d'alignement préliminaire.

Critères d'inclusion et d'exclusion

Les patients ont été sélectionnés selon les critères d'inclusion suivants :

- Patient présentant un problème squelettique de classe II division 1;
- Décalage antéro-postérieur évalué par la relation entre les molaires supérieures et inférieures et dont la valeur varie entre 5 et 7 mm;
- Patient présentant une rétrusion mandibulaire avec un maxillaire en bonne position ou légèrement prognathique;
- Patient se situant dans sa période de croissance active;
- Patient en dentition permanente;
- Patient qui ne sera pas traité avec des extractions;
- Patient ayant besoin d'un traitement myofonctionnel bilatéral;
- Patient ayant besoin d'une phase d'alignement préliminaire avant la mise en bouche de l'appareil myofonctionnel.

Les patients présentant les critères suivants ont été exclus de l'étude :

- Patient présentant un problème squelettique différent de celui cité plus haut;
- Patient dont le décalage inter-maxillaires est plus petit que 5 mm ou plus grand que 7 mm, basé sur la relation molaire;
- Patient présentant une rétrusion maxillaire;

- Patient ayant terminé sa période de croissance active;
- Patient en dentition mixte;
- Patient dont le traitement nécessite des extractions;
- Patient ayant une déviation mandibulaire nécessitant un traitement myofonctionnel unilatéral.

Constitution de l'échantillon

	Filles	Garçons	Total	Âge moyen au départ (ans)
Élastiques	4	3	7	14,3
Forsus	14	9	23	13,4
Total	18	12	30	13,5

Tableau 1. Tailles des groupes et âges moyens au départ du traitement.

L'échantillon a été constitué de 30 patients, comprenant 18 filles et 12 garçons. L'âge moyen des patients au début du traitement myofonctionnel, groupes et sexes confondus, était de 13,5 ans. Les patients ont été séparés en deux groupes : groupe «élastiques» et groupe «Forsus». Le groupe «élastiques» comprenait 7 patients, dont 4 filles et 3 garçons. Le groupe «Forsus», quant à lui, comprenait 23 patients, dont 14 filles et 9 garçons. L'âge moyen des patients au départ pour le groupe «élastiques» était de 14,3 ans, alors que l'âge moyen pour les patients du groupe «Forsus» était de 13,5 ans. Le temps de port moyen pour le groupe «Forsus» a été de 5,1 mois, alors que celui pour le groupe «élastiques» a été de 5,5 mois.

Protocole clinique

Appareil radiologique utilisé

La collecte de données a été faite grâce à des radiographies céphalométriques latérales. L'appareil utilisé pour l'étude est un appareil de radiologie numérique de marque Planmeca Promax, délivrant $5,6 \mu\text{Sv}$ par radiographie latérale. Les radiographies ont été prises avec les mêmes points de repère pour chaque patient. Ces points de repère sont l'alignement du méat auditif externe et de la base de l'aile du nez et les tiges stabilisatrices au niveau de Nasion et des méats auditifs externes, qui sont fixes sur l'appareil radiologique.

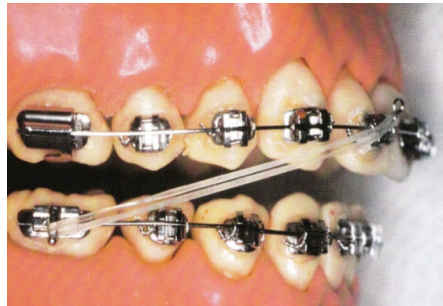


dentalunion.nl

Figure 11. Appareil radiologique utilisé : Planmeca Promax.

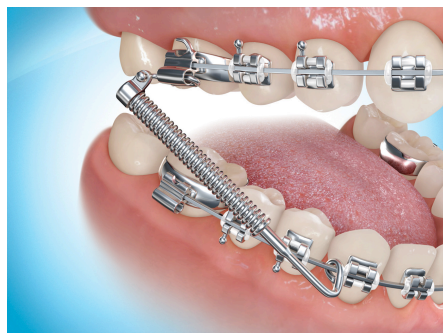
Appareils myofonctionnels utilisés

Deux types d'appareils myofonctionnels ont été utilisés pour réaliser cette étude. Le premier étant les élastiques de classe II. Ces élastiques ont été placés entre la canine supérieure et la première molaire inférieure de façon bilatérale. Le second appareil utilisé est le Forsus. En général, par préférence du clinicien face au confort du patient, il a été placé au distal de la première prémolaire inférieure et sur la première molaire supérieure, également de façon bilatérale. La longueur de l'appareil étant calculée à partir de la distance entre le distal de la première molaire supérieure et le distal de la première prémolaire inférieure.



Tiré et adapté de Langlade[69]

Figure 12. Élastiques de classe II.



dolphinimaging.com

Figure 13. Forsus Fatigue Resistance Device.

Un autre type de Forsus a été mis en marché et a été utilisé pour certaines études auxquelles nous faisons référence[4, 23] : il s'agit du Forsus Nitinol Flat Spring. Il n'a pas été utilisé dans le cadre de notre projet.

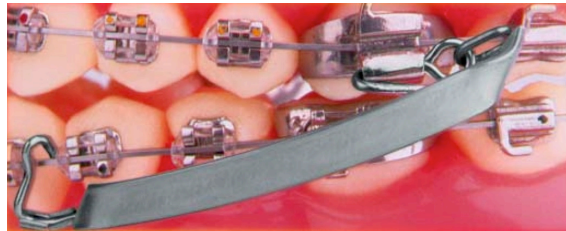


Figure 14. Forsus Nitinol Flat Spring.

Répartition des sujets dans chaque groupe

Tel qu'expliqué plus haut, les patients ont été divisés en deux groupes selon leur comportement et leur coopération durant la phase d'alignement préliminaire du traitement orthodontique. La coopération a été évaluée par le Dr Rodrigue et il a déterminé, sur la base de celle-ci, à quel groupe chaque patient a été assigné et quel appareil il recevrait pour son traitement. La coopération a été évaluée sur la base de la rigueur de l'hygiène du patient, sur l'assiduité de sa présence à ses rendez-vous et sur son attitude et sa coopération en général. Les patients apportant une bonne coopération ont donc été placés dans le groupe «élastiques», afin de pouvoir vérifier l'efficacité réelle de ceux-ci. Le Forsus est installé sur les boîtiers tout comme les élastiques; étant cependant fixe en bouche, il ne requiert que très peu de coopération de la part du patient. Les patients dont la coopération a été moindre durant la phase d'alignement préliminaire, ont donc été placés dans le groupe «Forsus».

Traitement

L'alignement préliminaire des dents fut la première étape à travers laquelle tous les patients durent passer. Les boîtiers utilisés chez tous les patients sont des boîtiers *SmartClip* de la compagnie 3M/Unitek. Lorsque le groupe auquel le patient appartiendra a été décidé, l'appareil myofonctionnel choisi fut mis en bouche. Cet appareil sera alors porté par le patient jusqu'à correction complète de son problème; obtention d'un bout à bout des dents antérieures. Le Forsus étant fixe en bouche, le patient n'avait pas le choix de le porter. Pour les élastiques, il a été demandé aux patients de les porter tout le temps, même pour manger, soit 24 heures par jour.

Le groupe «élastiques» se trouvait, au moment de la mise en place de l'appareil, sur un fil 0,021"x0,025" Sentalloy Hybrid aux deux arcades. Le fil inférieur a été replié au distal des premières molaires dans la majorité des cas, sinon le fil engageait les deuxièmes molaires. Les élastiques qui ont été utilisés étaient des élastiques d'un diamètre de 1/4" avec une force de 6 oz, délivrant donc une force d'environ 180g. Ces élastiques étaient placés entre la canine supérieure et la première molaire inférieure de façon bilatérale. Pour le groupe «Forsus», l'appareil a été placé en général au distal de la première prémolaire inférieure et sur la première molaire supérieure, de façon bilatérale également. La longueur de l'appareil étant calculée à partir de la distance entre le distal de la première molaire supérieure et le distal de la première prémolaire inférieure, la force délivrée par cet appareil était d'environ 200g. Selon la croyance populaire, ces appareils créaient une bascule buccale importante des incisives inférieures, c'est pourquoi des boîtiers ayant une prescription de -6° de torque ont été placés sur les incisives inférieures. De plus, pour contrôler le phénomène de bascule buccale créé par le Forsus, le fil inférieur a été plié au

distal de la première molaire inférieure pour minimiser au maximum cette bascule. Le fil utilisé lors de la mise en place du Forsus était un fil 0,019"x0,025" TMA.

Étapes cliniques

Les étapes cliniques se sont donc déroulées comme suit :

T0 : prise de données initiales et explications du plan de traitement choisi, proposition pour la participation à l'étude, présentation du consentement éclairé aux parents;

T1 : mise en bouche des boîtiers pour l'alignement préliminaire;

T2 : alignement préliminaire terminé, le patient est prêt à débiter le traitement myofonctionnel;

Une radiographie céphalométrique a été prise juste avant l'installation de l'appareil myofonctionnel choisi afin de voir l'état squelettique du patient au départ. L'appareil, selon le groupe déterminé, a été inséré en bouche et les instructions ont été données au patient.

Environ à mi-chemin du traitement myofonctionnel, le questionnaire sur le confort a été remis au patient afin qu'il y réponde avec l'appareil en bouche. Le but étant d'avoir une évaluation du confort appropriée, suite à l'adaptation du patient à son appareil.

T3 : fin du traitement myofonctionnel, obtention du bout à bout antérieur, arrêt du port de l'appareil;

Une radiographie céphalométrique a été prise immédiatement après l'enlèvement de l'appareil, afin de voir l'effet réel de chacune des techniques sur les os maxillaires.

T4 : fin du traitement orthodontique.

Les radiographies céphalométriques prises avant et après le traitement myofonctionnel permettront d'évaluer les effets squelettiques et dento-alvéolaires lors d'un port assidu de chaque appareil. Elles permettront donc de juger de l'efficacité des deux techniques : soit l'obtention de résultats identiques, soit l'obtention de résultats différents.

Protocole de prise de données

Collecte de données auprès des patients

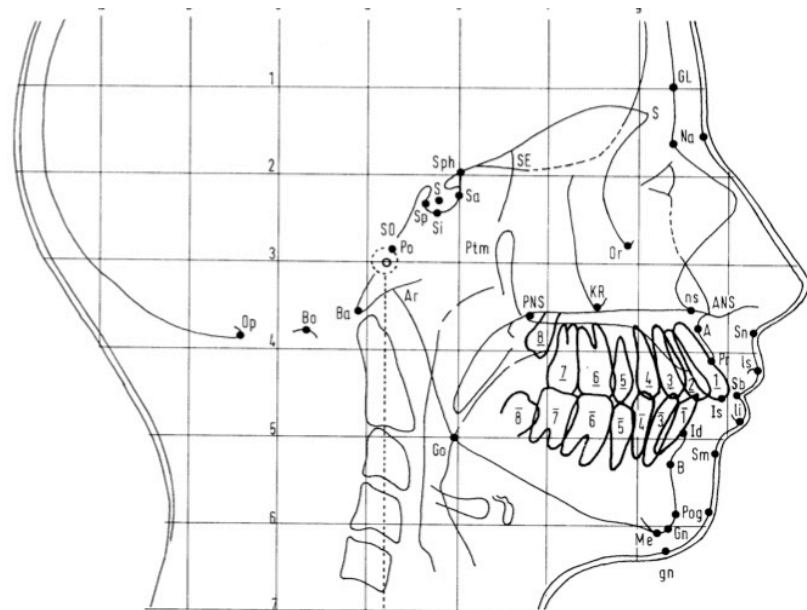
Tous les patients ayant accepté de participer à l'étude étaient des patients du Dr Rodrigue et ils ont été vus et suivis par la même hygiéniste dentaire sous sa supervision. Pour ma part, aucun contact réel n'a été effectué avec les patients. Le questionnaire sur le confort de leur appareil a été donné au patient lorsqu'il avait toujours l'appareil en bouche, soit environ vers la moitié du temps de port de son appareil. La signature d'un consentement par les parents des patients a aussi été effectuée, les patients étant tous mineurs. Le consentement nous donnait l'accord du parent responsable afin d'utiliser les radiographies déjà au dossier de leur enfant.

Transmission et analyse des données

Les radiographies m'ont été transmises par le Dr Rodrigue par voie électronique, avec le nom du patient, sa date de naissance et la date de la radiographie, sans que les appareils ne soient en bouche, afin de faire les tracés céphalométriques à l'aveugle. Une fois les tracés céphalométriques effectués, le consentement éclairé signé et le questionnaire sur le confort rempli m'ont été transmis, me donnant les informations sur le type de traitement subi par chaque patient. Avec ces informations, j'ai pu faire la compilation des données et l'analyse des résultats. Les radiographies ont été tracées et analysées à l'aide du logiciel *Dolphin Imaging*, avec l'analyse céphalométrique enseignée à l'Université de Montréal (voir tableau 2 et figure 15). Les mesures céphalométriques qui ont été utilisées pour évaluer la problématique sont les mesures standards suivantes (voir tableau 2 pour la description des mesures):

- Mesures de l'avancement de la mandibule : SNB, ANB;
- Mesure de l'allongement du corps mandibulaire : Go-Pg;
- Mesure pour évaluer la présence d'un effet au niveau de la branche montante : Ar-Go;
- Mesures pour évaluer la quantité d'allongement de la mandibule : Co-Gn, axe Y, Ar-Gn;
- Mesure pour évaluer la présence d'un effet au niveau de l'angle gonial : Ar-Go-Me;
- Mesures pour évaluer les changements angulaires des plans : FMA, POF/FH, PP/FH;

- Mesures pour évaluer l'effet sur la croissance du maxillaire : ANS-PNS, SNA
- Mesures pour évaluer la composante dento-alvéolaire : B-Pg(PM), 1/-FH, 1/-/1, /1-PM.



Tiré et adapté du livre de Rakosi[91]

Figure 15. Points de repère céphalométriques utilisés.

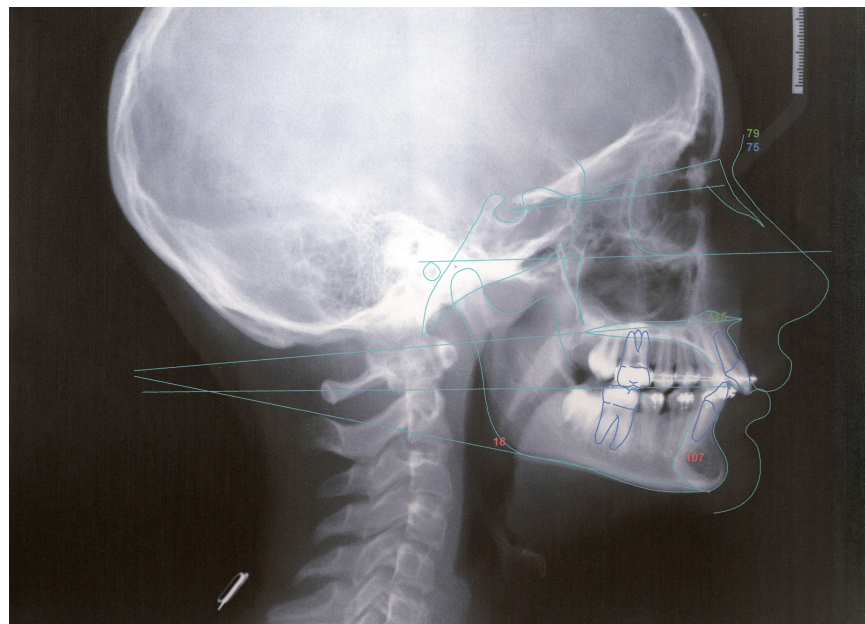


Figure 16. Exemple d'un tracé céphalométrique du logiciel de *Dolphin Imaging*.

Mesure	Description
ANS-PNS (mm)	Distance entre l'épine nasale antérieure et l'épine nasale postérieure
Ar-Gn (mm)	Distance entre le point Articulare et le point Gnathion
Ar-Go (mm)	Distance entre le point Articulare et le point Gonion
Go-Pg (mm)	Distance entre le point Gonion et le point Pogonion
B-Pg(PM) (mm)	Distance entre le point B et le point Pogonion, reportés sur le plan mandibulaire
Ar-Go-Me (°)	Angle gonial, soit l'angle formé par la ligne tracée entre Articulare et Gonion et la ligne tracée entre Gonion et Menton
Co-Gn (mm)	Distance entre le point Condylion et le point Gnathion
PP/FH (°)	Angle entre le plan palatin et le plan de Frankfort
FMA (°)	Angle entre le plan mandibulaire et le plan de Frankfort
SNA (°)	Angle formé par une ligne tracée entre le point Sella et le point Nasion et une ligne formée entre le point Nasion et le point A
SNB (°)	Angle formé par une ligne tracée entre le point Sella et le point Nasion et une ligne formée entre le point Nasion et le point B
ANB (°)	Différence angulaire entre l'angle SNA et l'angle SNB
Axe Y (mm)	Distance entre le point Sella et le point Gnathion
1/-FH (°)	Angle entre l'axe long de l'incisive supérieure et le plan de Frankfort
1/-1 (°)	Angle entre l'axe long de l'incisive supérieure et celui de l'incisive inférieure
/1-PM (°)	Angle entre l'axe long de l'incisive inférieure et le plan mandibulaire
POF/FH (°)	Angle entre le plan occlusal fonctionnel et le plan de Frankfort

Tableau 2. Description des mesures céphalométriques utilisées pour la recherche et provenant de l'analyse de l'Université de Montréal.

Analyse statistique

Test de fiabilité intra-examineur

En premier lieu, un test de fiabilité intra-examineur a été effectué. Pour ce faire, dix radiographies céphalométriques choisies au hasard ont été retracées. Une fois les tracés faits, ces derniers ont été comparés aux tracés initiaux des mêmes radiographies. Trois indices ont été mesurés, soit le coefficient de corrélation intra-classe, le coefficient de répétabilité de Bland-Altman et l'indice de Dahlberg.

Le coefficient de corrélation intra-classe (ICC) est le ratio de la variance réelle de la mesure sur la variance totale de la mesure. Cet indice va de 0 à 1; une valeur plus grande que 0,9 indique donc une excellente fiabilité : par exemple la mesure Ar-Gn dont l'ICC est de 1. Pour la plupart des mesures, l'ICC était plus grand que 0,9 (voir tableau 3), cependant certaines mesures se situaient sous la barre du 0,9. L'ICC pour ces valeurs variait entre 0,7 et 0,9. Les valeurs pour lesquelles l'ICC était plus bas correspondent à des mesures dont certains points céphalométriques étaient plus difficiles à localiser.

Le coefficient de répétabilité de Bland-Altman est, quant à lui, l'indice de fiabilité qui s'interprète le mieux cliniquement. Il nous dit que 95 % des différences entre 2 essais devraient être moins que cette valeur. Donc, d'un point de vue clinique, il faut voir si cette différence est acceptable entre les deux essais pour une mesure. Par exemple, pour la mesure Ar-Gn, l'indice est de 1,4, ceci nous indique que 95% des différences entre la première mesure et la deuxième mesure se situent, pour les deux essais, dans l'intervalle entre -1,3 mm et +1,3 mm (voir tableau 3).

L'indice de Dahlberg est souvent utilisé en orthodontie, c'est en fait l'écart-type de la différence entre chaque mesure effectuée deux fois et sa moyenne. Donc une valeur élevée indique une plus grande variabilité dans les mesures. Si la mesure est en millimètres, Dahlberg aussi est en millimètres. Par exemple, pour la valeur Ar-Gn, l'indice de Dahlberg est de 0,5, ce qui veut dire qu'il y a une faible variation entre les mesures.

	ICC	Bland-Altman	Dahlberg
ANS-PNS (mm)	0,8	1,9	0,7
Ar-Gn (mm)	1	1,4	0,5
Ar-Go (mm)	1	2,5	0,9
Go-Pg (mm)	1	3,0	1,1
B-Pg(PM) (mm)	0,9	1,3	0,5
Ar-Go-Me (°)	1	4,3	1,5
Co-Gn (mm)	0,7	5,0	1,8
PP/FH (°)	0,8	4,9	1,7
FMA (°)	0,9	4,3	1,5
SNA (°)	0,9	3,0	1,1
SNB (°)	0,9	1,4	0,5
ANB (°)	0,8	2,0	0,7
Axe Y (mm)	1	1,5	0,5
1/-FH (°)	0,9	4,5	1,6
1/-/1 (°)	0,9	6,4	2,3
/1-PM (°)	0,8	6,7	2,4
POF/FH (°)	0,8	5,9	2,1

Tableau 3. Résultats du test de fiabilité intra-examineur.

Tests statistiques

Différents tests statistiques ont été réalisés sur les données céphalométriques. Des analyses de covariance ont été utilisées pour toutes les valeurs céphalométriques, afin de déterminer l'effet du traitement sur la valeur céphalométrique finale, une fois l'effet de la valeur initiale enlevé. Il s'agit de l'approche recommandée pour des essais cliniques avec des mesures avant et après traitement. L'homogénéité des droites de régression a été vérifiée pour toutes les mesures, tous les p étant plus grands que 0,12. Le test de *Shapiro-Wilk* a été utilisé afin de vérifier la normalité de la distribution des mesures céphalométriques. Un «*two-sample t-test*» a été fait pour voir si nos groupes étaient similaires au départ. Un «*paired sample t-test*» a été effectué pour nous donner la différence des moyennes de groupes avant et après le traitement. Le test de *Kruskal-Wallis* est une analyse de variance qui a été effectué pour évaluer les variables du questionnaire ne répondant pas à la loi normale. La valeur p a été établie à 0,05.

Résultats

Chapitre 5. Résultats

Pour chacune des mesures céphalométriques évaluées, nous avons commencé par faire les moyennes de groupe à T2 et T3. La différence entre les moyennes obtenues à T2 et T3 pour chaque groupe nous a permis de constater l'ampleur des changements obtenus par chacun des traitements. La valeur p obtenue par l'analyse de covariance nous a permis de constater s'il y a une différence statistiquement significative entre les deux traitements.

Analyse céphalométrique : résultats statistiques

	Différence des moyennes		
	Élastiques	Forsus	Valeur <i>p</i>
ANS-PNS (mm)	+1,07	+1,08	0,93
Ar-Gn (mm)	+2,10	+0,89	0,03
Ar-Go (mm)	+1,50	+1,10	0,22
Go-Pg (mm)	+1,31	+0,40	0,14
B-Pg(PM) (mm)	-0,27	+0,19	0,33
Ar-Go-Me (°)	-0,56	-0,77	0,83
Co-Gn (mm)	+2,99	+2,27	0,32
PP/FH (°)	-0,07	+0,19	0,41
FMA (°)	-0,84	-0,44	0,85
SNA (°)	+0,10	-0,79	0,12
SNB (°)	+1,01	-0,02	0,02
ANB (°)	-0,89	-0,76	0,64
Axe Y (mm)	+1,90	+1,34	0,52
1/-FH (°)	-2,89	-9,26	0,01
1/-/1 (°)	-3,53	-0,07	0,18
/1-PM (°)	+7,29	+9,77	0,10
POF/FH (°)	+2,26	+6,34	0,00

Tableau 4. Différences des moyennes des groupes «élastiques» et «Forsus» et valeurs statistiques.

Croissance maxillaire

Les mesures choisies pour évaluer la croissance du maxillaire sont ANS-PNS et l'angle SNA. Pour ANS-PNS, la différence des moyennes obtenues dans le groupe «élastiques» entre T2 et T3 est une augmentation de la distance entre les deux points de l'ordre de 1,07 mm. Pour le groupe «Forsus», l'augmentation est de l'ordre de 1,08 mm. Il y a donc augmentation de la longueur du maxillaire dans les deux groupes. Cependant, nous avons obtenu pour cette mesure une valeur p de 0,93, ce qui veut dire qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux traitements au niveau de ANS-PNS.

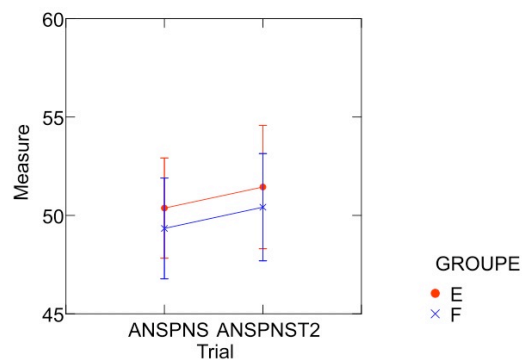


Figure 17. Différence des moyennes entre T2 et T3 pour la mesure ANS-PNS.

Pour la mesure SNA, la moyenne du groupe «élastiques» entre T2 et T3 est de l'ordre de $+0,10^\circ$. Celle du groupe «Forsus» est de $-0,79^\circ$. La valeur p étant de 0,12, on peut dire qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux traitements pour cette mesure.

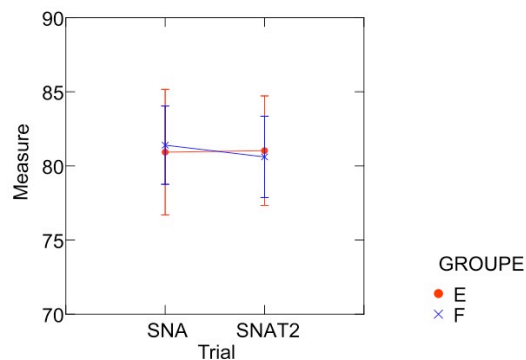


Figure 18. Différence des moyennes entre T2 et T3 pour la mesure SNA.

Croissance mandibulaire

Comme la littérature rapporte principalement les effets au niveau mandibulaire des appareils des Forsus et/ou des élastiques de classe II [4, 22, 23], plusieurs mesures ont été sélectionnées dans notre analyse céphalométrique pour évaluer cette composante.

Quantité d'avancement mandibulaire

Nous avons décidé de mesurer la quantité d'avancement mandibulaire à l'aide des angles SNB et ANB. Entre T2 et T3, pour le groupe «élastiques» la différence des moyennes est de $+1,01^\circ$, alors que pour le groupe «Forsus», elle est de $-0,02^\circ$. La valeur p

de 0,02 nous indique une différence statistiquement significative entre les deux groupes. L'analyse de covariance éliminant toute différence possible entre les groupes à T2, on peut dire qu'il existe vraiment une différence entre les deux traitements. Les élastiques sont plus efficaces pour avancer la mandibule lorsqu'on regarde cette mesure.

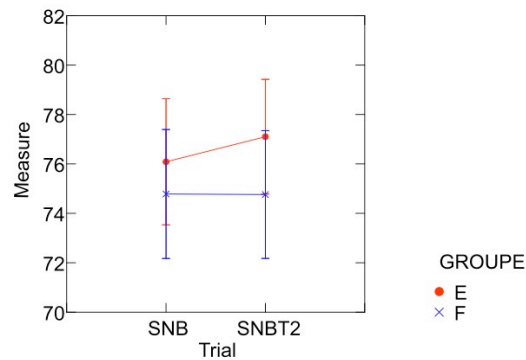


Figure 19. Différence des moyennes entre T2 et T3 pour la mesure SNB.

Pour l'angle ANB, la différence des moyennes pour le groupe «élastiques» est de $-0,89^\circ$ et celle pour le groupe «Forsus» est de $-0,76^\circ$. La valeur p pour cette mesure est de 0,64. Il n'y a donc pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes pour cette mesure. On peut cependant noter qu'il y a une diminution du décalage entre T2 et T3 pour les deux groupes, ce qui dénote un certain avancement de la mandibule.

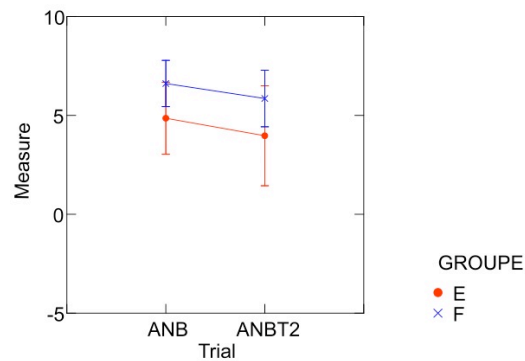


Figure 20. Différence des moyennes entre T2 et T3 pour la mesure ANB.

Allongement du corps mandibulaire

La mesure que nous avons utilisée pour évaluer l'allongement du corps mandibulaire est la distance en millimètres entre le point Gonion et le point Pogonion. La différence des moyennes pour le groupe «élastiques» est de +1,31 mm, alors que pour le groupe «Forsus» elle est de +0,40 mm. Il y a une augmentation de la longueur du corps mandibulaire dans les deux groupes, la plus grande augmentation avec les élastiques, bien que faible. Cependant, cette différence n'est pas statistiquement significative avec un p de 0,14. Il n'y a donc pas de différence entre les deux traitements, en ce qui concerne la mesure de l'allongement du corps mandibulaire par Go-Pg.

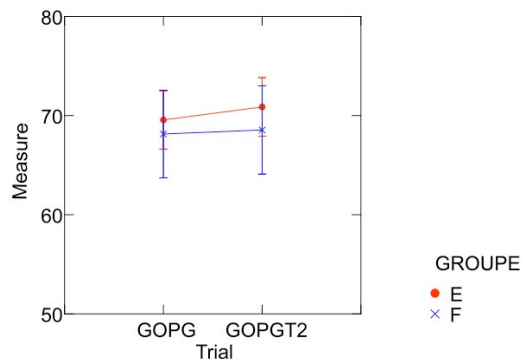


Figure 21. Différence des moyennes entre T2 et T3 pour la mesure Go-Pg.

Allongement de la branche montante

Pour l'allongement de la branche montante, une seule mesure aussi a été choisie. Il s'agit de la mesure en millimètres entre les points Articulaire et Gonion. La différence des moyennes pour le groupe «élastiques» est de +1,50 mm, alors que pour le groupe «Forsus», elle est de +1,11 mm. On peut donc voir que dans les deux groupes, il y a une petite augmentation de la longueur de la branche montante. Toutefois, il n'y a pas non plus de

différence statistiquement significative entre les traitements pour cette mesure, le p étant à 0,22.

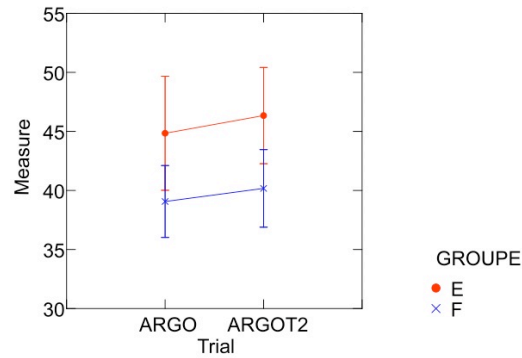


Figure 22. Différence des moyennes entre T2 et T3 pour la mesure Ar-Go.

Modification au niveau de l'angle gonial

La mesure de l'angle gonial est faite entre deux droites, l'une tracée entre le point Articulare et le point Gonion et l'autre tracée entre les points Gonion et Menton, pour former l'angle Ar-Go-Me. Pour le groupe «élastiques», la différence des moyennes entre T2 et T3 est de $-0,56^\circ$, démontrant une fermeture très légère de l'angle. Pour le groupe «Forsus», cette différence est de $-0,77^\circ$, démontrant aussi une petite fermeture de l'angle gonial. Cependant, la valeur p étant de 0,83, on peut dire qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux traitements.

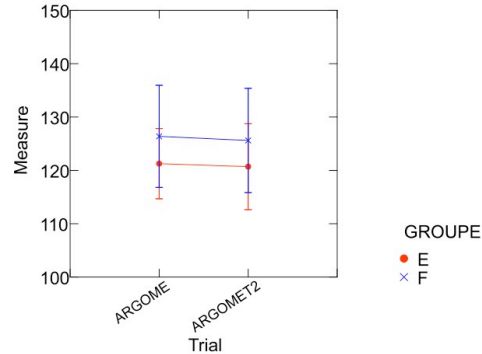


Figure 23. Différence des moyennes entre T2 et T3 pour la mesure Ar-Go-Me.

Changements angulaires des plans

Afin de vérifier si les appareils utilisés causaient des changements au niveau de la valeur angulaire des différents plans que nous étudions avec l'analyse céphalométrique, nous avons choisi trois mesures. Ces mesures servent à vérifier l'angle FMA, qui nous guide sur la direction de la croissance du patient (hyperdivergence, normodivergence, hypodivergence), l'angle entre le plan occlusal fonctionnel et le plan de Frankfort (POF/FH), qui nous guide sur la stabilité post-traitement et, finalement, l'angle entre le plan palatin et le plan de Frankfort, qui nous donne aussi une idée de la direction de la croissance du patient (divergence), mais qui nous permet de voir s'il y a eu un changement dans l'inclinaison du plan palatin.

Tout d'abord, débutons par l'angle FMA. Pour le groupe «élastiques», la différence des moyennes est de $-0,84^{\circ}$. Pour le groupe «Forsus», la différence est de $-0,44^{\circ}$. Il y a donc une légère diminution de l'angle FMA, ce qui théoriquement signifie que l'occlusion

s'est refermée avec les deux traitements. Cependant, la valeur p étant de 0,85, on peut affirmer qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux traitements.

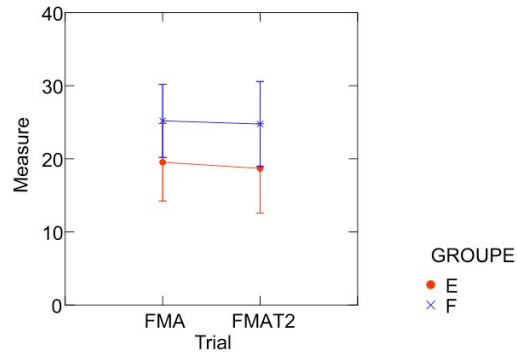


Figure 24. Différence entre les moyennes à T2 et T3 pour la mesure FMA.

Pour ce qui est de la mesure de l'angle du plan occlusal fonctionnel par rapport au plan de Frankfort (POF/FH), notre valeur p est de 0,001. Ce qui signifie qu'il y a une différence statistiquement significative entre les deux groupes. Pour le groupe «élastiques», la différence des moyennes est de $+2,26^\circ$, alors que pour le groupe «Forsus» la différence est de $+6,34^\circ$. Dans les deux groupes, il y a donc une augmentation de l'inclinaison du plan occlusal fonctionnel («steepening» du plan occlusal). Ceci survient de façon plus importante dans le groupe «Forsus».

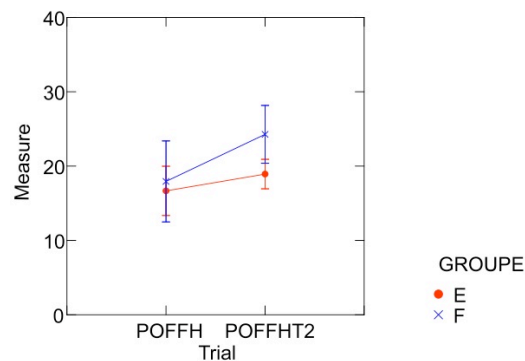


Figure 25. Différence des moyennes entre T2 et T3 pour la mesure POF/FH.

La dernière mesure évaluée pour les changements angulaires des plans est l'angle entre le plan palatin et le plan de Frankfort (PP/FH). La différence des moyennes avant et après traitement pour cette mesure ne nous démontre pas de différence statistiquement significative entre les deux traitements avec une valeur p de 0,41. La différence des moyennes pour le groupe «élastiques» est de $-0,67^\circ$, alors que celle du groupe «Forsus» est de $+0,19^\circ$.

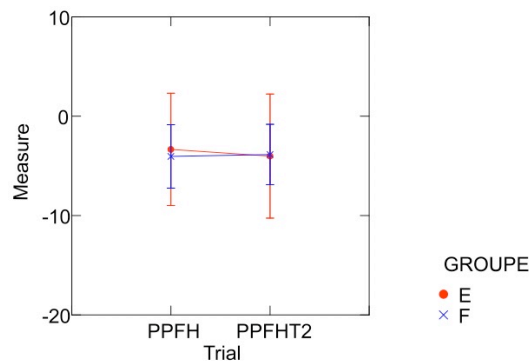


Figure 26. Différence des moyennes entre T2 et T3 pour la mesure PP/FH.

Changements dento-alvéolaires

Comme pour la croissance mandibulaire, plusieurs mesures au niveau dento-alvéolaire ont été sélectionnées dans notre analyse afin de nous permettre d'évaluer cette composante. Les changements dento-alvéolaires sont les changements les plus rapportés dans les articles sur le Forsus [4, 21-23].

Projection du menton

La mesure choisie pour évaluer la projection du menton est la distance sur le plan mandibulaire entre le point B et le point Pogonion. Plus cette mesure est petite, moins il y a de projection du menton. Pour le groupe «élastiques», la différence des moyennes est de $-0,27$ mm, alors que celle du groupe «Forsus» est de $+0,19$ mm. La valeur p pour cette mesure est de $0,33$, donc il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux traitements sur la projection du menton.

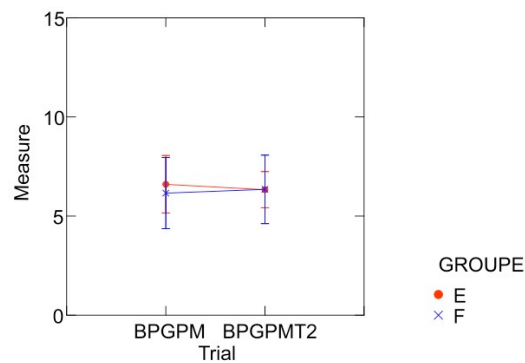


Figure 27. Différence des moyennes pour la mesure B-Pg(PM).

Inclinaison de l'incisive supérieure

L'inclinaison de l'incisive supérieure a été mesurée par rapport au plan de Frankfort dans les deux groupes. La différence des moyennes pour le groupe «élastiques» est de $-2,89^\circ$ et, pour le groupe «Forsus», elle est de $-9,26^\circ$. La valeur p pour cette mesure étant de $0,007$ nous démontre qu'il y a une différence statistiquement significative entre les deux groupes. Nous pouvons donc affirmer qu'il y a une plus forte rétroclinaison de l'incisive supérieure dans le groupe «Forsus» que dans le groupe «élastiques».

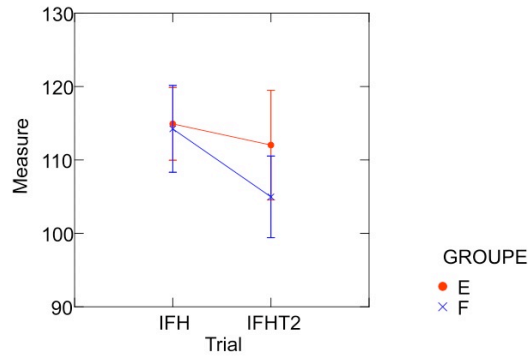


Figure 28. Différence des moyennes entre T2 et T3 pour la mesure 1/-FH.

Inclinaison de l'incisive inférieure

La même mesure d'inclinaison a été faite pour l'incisive inférieure, mais cette fois-ci par rapport au plan mandibulaire. La valeur p pour cette mesure est de 0,10; elle ne nous permet pas d'affirmer qu'il y a une différence entre les deux traitements. On peut noter cependant que les deux traitements causent une proclinaison assez importante de l'incisive inférieure, avec une différence des moyennes pour le groupe «élastiques» de $+7,29^\circ$ et pour le groupe «Forsus» de $+9,77^\circ$.

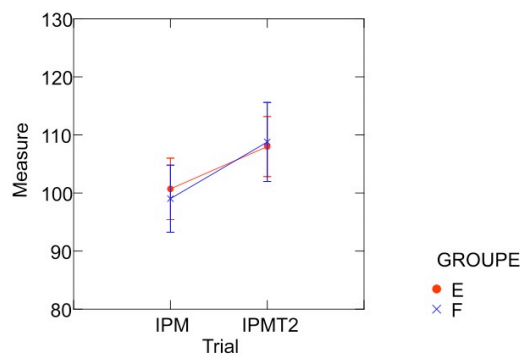


Figure 29. Différence des moyennes entre T2 et T3 pour la mesure /1-PM.

Angle inter-incisif

La valeur de l'angle entre l'axe des incisives a aussi été mesurée. Pour le groupe «élastiques», on note une réduction de l'angle lorsqu'on regarde la différence entre les moyennes de départ et de fin du traitement myofonctionnel; cette réduction est de $-3,53^{\circ}$ alors que pour le groupe «Forsus», elle est de $-0,07^{\circ}$. Il semble donc y avoir une différence entre les deux groupes, cependant cette différence n'est pas statistiquement significative, la valeur p pour cette mesure étant de 0,18.

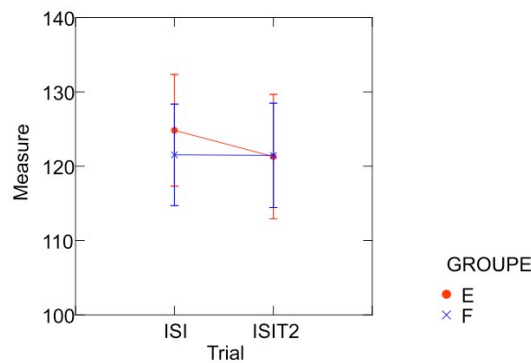


Figure 30. Différence des moyennes entre T2 et T3 de la mesure 1/-/1.

Questionnaire sur le confort

Un questionnaire a été remis à chaque patient environ à la moitié du temps de port de son appareil afin d'en évaluer le confort en général et en fonction de différentes activités. Les réponses aux questions ont été mesurées sur une échelle visuelle analogue allant de 0 à 100 (voir annexe III). Quatre questions ont été posées.

La distribution des réponses à la première question, soit la question sur les activités quotidiennes, répondait à la loi normale alors que, pour les trois autres questions, la distribution ne répondait pas à la loi normale. Des tests statistiques différents ont donc été faits sur les mesures, le «*two-sample t-test*» a été utilisé pour la première question alors

que, pour les autres questions, le test statistique de Kruskal-Wallis a été utilisé. Les données pour la première question sont présentées sur la base de la moyenne et de l'écart-type alors que, pour les autres questions, nous présenterons la médiane et les minimum et maximum, afin d'avoir une meilleure représentation des données.

Activités quotidiennes

La première question était : «À quel point ton appareil te gêne dans tes activités quotidiennes? (manger, faire du sport, parler...)». L'échelle visuelle analogue allait de «0 = ne me gêne pas du tout» à «100 = m'empêche totalement de faire mes activités». Le résultat pour le groupe «élastiques» est de 12,4 avec un écart-type de 10,4. Le résultat pour le groupe «Forsus» est de 20,8 avec une écart-type de 15,5. L'écart-type élevé pour les deux groupes nous démontre une grande variabilité dans les réponses des patients.

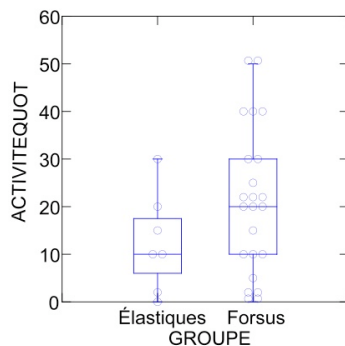


Figure 31. Résultats pour la question sur le confort face aux activités quotidiennes.

La valeur p pour les résultats à cette question est de 0,19. Il n'y a donc pas de différence statistiquement significative entre les deux traitements pour ce qui est de la gêne face aux activités quotidiennes.

Hygiène buccale

La seconde question était : «Est-ce que ton appareil gêne tes soins d'hygiène orale?». Toujours sur une échelle visuelle analogue, la réponse devait être située entre «0 = ne me gêne pas du tout», et «100 = m'empêche totalement de procéder à ces soins». Les résultats pour cette question sont représentés à l'aide de la médiane. Le groupe «élastiques» a donc une médiane de 0, avec un minimum de 0 et un maximum de 25. Pour le groupe «Forsus», la médiane est de 10, avec un minimum de 0 et un maximum de 75. La valeur p pour cette question est de 0,02. On peut donc dire que, de façon statistiquement significative, l'hygiène est plus facile avec les élastiques qu'avec le Forsus.

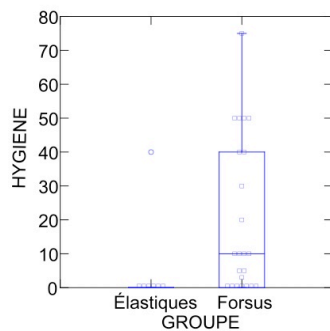


Figure 32. Résultats pour la question sur l'hygiène.

Sommeil

La troisième question était : «Est-ce que ton appareil t'empêche de dormir?». L'échelle visuelle analogue pour cette question a été établie avec un 0 équivalant à «je dors très bien» et un 100 équivalant à «m'empêche totalement de dormir». La médiane pour le groupe «élastiques» est de 0 avec un minimum de 0 et un maximum de 25. Pour le groupe «Forsus», la médiane est aussi de 0, avec un minimum de 0 et un maximum de 30. La

valeur p pour cette question est de 0,76, nous indiquant qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les traitements pour le confort durant le sommeil.

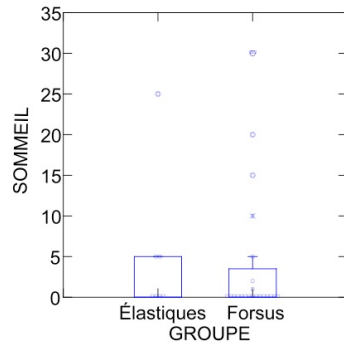


Figure 33. Résultats pour la question sur le sommeil.

Confort général

La dernière question posée au patient dans le questionnaire était : «Comment évaluerais-tu le confort de ton appareil?», avec une échelle visuelle analogue partant de «0 = très peu confortable» et allant à «100 = très confortable». Les résultats pour le groupe «élastiques» nous ont donnés une médiane de 85 avec un minimum de 10 et un maximum de 100. Pour le groupe «Forsus», les résultats obtenus nous donnent une médiane de 50 avec un minimum de 10 et un maximum de 100.

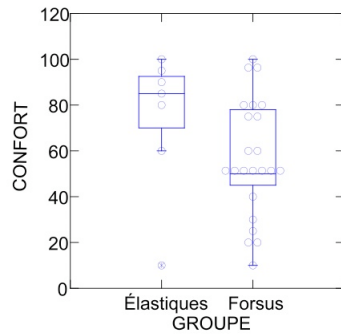


Figure 34. Résultats pour la question sur le confort général.

La valeur p obtenue pour cette question est 0,08. On ne peut donc conclure en une différence statistiquement significative entre les deux groupes. Cependant, la valeur p étant près du seuil statistique de 0,05, on peut déduire que si le groupe «élastiques» avait été plus grand, nous aurions probablement eu un résultat nous démontrant une différence statistiquement significative entre les deux groupes, démontrant que les élastiques sont plus confortables que le Forsus, de façon générale.

Discussion

Chapitre 6. Discussion

Approche expérimentale

L'approche expérimentale finale utilisée est une étude clinique pilote prospective non randomisée. Nos groupes n'ayant pas le même nombre de sujets et le temps étant restreint, il nous aurait fallu poursuivre l'étude beaucoup plus longtemps pour espérer avoir un groupe «élastiques» aussi grand que le groupe «Forsus». Puisque nous voulions vérifier les effets réels des élastiques, nous avons besoin de patients coopératifs, sur qui nous allions pouvoir compter pour le port assidu de ceux-ci. Cette nécessité a compliqué de beaucoup la sélection des patients. Nos critères d'inclusion étaient aussi très restrictifs, limitant encore la sélection des patients. Cependant, ces critères nous ont permis d'avoir des groupes de patients ayant des caractéristiques relativement comparables. De ce fait, il n'y a pas eu de randomisation pour cette étude, mais plutôt une répartition des patients. Le patient coopérant bien lors de la phase préliminaire d'alignement a été placé dans le groupe «élastiques» et celui offrant une faible collaboration déjà en phase d'alignement, a été placé dans le groupe «Forsus».

Nous ne pouvions pas avoir de groupe contrôle sans traitement, puisque les patients présentant le genre de problème que l'on voulait étudier ont besoin de traitement. D'un point de vue éthique, non seulement nous ne traiterions pas des patients ayant besoin de traitement dans la période où le traitement doit être fait, mais en plus, nous irradierions les patients sans but concret. Certaines bases de données, comme celle de «*Bolton-Brush Growth Study*», celle de «*Burlington Orthodontic Research Center*» ou encore celle conçue à l'Université de Montréal par le Dr Arto Demirjian, auraient pu servir de groupe contrôle

pour fin de comparaison. Cependant, il aurait été difficile de comparer les radiographies, premièrement parce que le type d'appareil utilisé a beaucoup changé depuis la conception de ces bases de données, nous donnant des radiographies de qualité et de précision très différentes. Mais la comparaison aurait surtout été difficile parce que nous voulions évaluer les effets avant et après le traitement myofonctionnel et non pas l'effet du traitement orthodontique en entier. De ce fait, le choix des radiographies dans ces bases de données pour nos comparaisons aurait été difficile et nos résultats peu comparables.

Intérêts cliniques

Ce projet de recherche constitue une des premières études prospectives permettant d'évaluer les effets d'un port assidu des élastiques de classe II et ce, en cours de traitement, ainsi que le confort des appareils. En orthodontie, un des principaux problèmes qui compromet les résultats du traitement, est le manque de coopération et de collaboration du patient. Les élastiques nécessitant la coopération du patient, une seule étude comparant le Forsus et les élastiques et tenant compte de l'assiduité du port des élastiques par les patients a été publiée [21]. Cette étude de Jones était une étude rétrospective, dans laquelle on explique que les patients choisis pour l'étude avaient eu comme indication de porter leurs élastiques 24h/24. Notre étude étant une étude pilote prospective, le port des élastiques a pu être évalué tout au long du traitement. La répartition des patients dans chaque groupe n'a donc pas été une randomisation conventionnelle, mais elle a plutôt été basée sur le comportement et la coopération du patient en phase d'alignement préliminaire au traitement myofonctionnel. Ce projet nous a permis d'évaluer en cours de traitement la coopération et la collaboration des patients avec leurs élastiques, ce qui semble avoir une grande incidence sur le résultat du traitement. Cette étude nous a aussi permis de vérifier en cours de traitement le confort du patient face à l'appareil qui lui a été attribué, grâce à la remise d'un questionnaire. Une seule étude sur le Forsus a rapporté avoir évalué le confort du patient face à cet appareil, il s'agit de l'étude de Heinig [23]. Cependant, le Forsus utilisé dans

cette étude était un modèle différent de celui utilisé pour notre étude. Cette étude faite sur 13 patients, sans groupe contrôle ni groupe de comparaison, a permis de constater que deux tiers des patients rapportaient préférer le Forsus à leur appareil précédant («*headgear*», «*Activator*» ou élastiques de classe II).

Les résultats de la présente recherche semblent en accord avec les études publiées sur le Forsus. La correction des malocclusions de classe II est toujours un sujet d'actualité en orthodontie. L'intérêt pour les différentes façons de corriger cette malocclusion engendre, encore aujourd'hui, le développement de nouveaux appareils, comme le Forsus. Avec cette recherche, nous constatons que les élastiques, utilisés depuis très longtemps en orthodontie, sont toujours un moyen efficace de corriger une malocclusion de classe II, lorsqu'ils sont portés de façon assidue.

Résultats cliniques

Lorsqu'on regarde les graphiques, pour certaines mesures nos groupes semblent différents au départ (Ar-Go, FMA, ANB). Cependant, les analyses de covariance que nous avons effectuées sur les mesures céphalométriques tiennent compte et corrigent cet écart. Cette correction nous permet de bien voir s'il y a une différence entre les deux approches à la fin du traitement myofonctionnel.

Croissance maxillaire

Avec les résultats obtenus à partir des analyses statistiques, nous pouvons affirmer que les deux traitements ont le même effet sur la croissance du maxillaire supérieur (ANS-PNS $p = 0,93$, SNA $p = 0,12$). Cette conclusion est difficile à comparer avec les autres

études publiées sur le sujet puisqu'aucune d'entre elles n'utilisent les mesures que nous avons choisies ou des groupes comparables. Toutefois, l'étude de Franchi [22] rapporte une restriction significative de la position squelettique sagittale du maxillaire avec le Forsus, soit une réduction de SNA de l'ordre de $-1,6^\circ$. Dans notre projet, la différence entre les deux groupes pour l'angle SNA est de $+0,10^\circ$ avec les élastiques et de $-0,79^\circ$ avec le Forsus, ces différences n'étant pas statistiquement significatives. Dans l'étude de Karacay [4], les auteurs rapportent une différence du SNA de l'ordre de $-0,66^\circ$ par rapport à leur groupe contrôle et cette différence des moyennes est statistiquement significative ($p = 0,001$). Nos résultats pour le Forsus démontrent la même amplitude de changements que les autres études, cette différence entre les moyennes n'étant tout simplement pas statistiquement significative entre nos deux groupes.

Croissance mandibulaire

Les changements au niveau mandibulaire se voulaient l'objet principal de la recherche, la malocclusion de classe II étant la plupart du temps causée par une rétrusion de la mandibule [6]. C'est pourquoi plusieurs mesures ont été examinées pour évaluer la croissance mandibulaire. Sur les 17 mesures sélectionnées, près de la moitié était au niveau de la mandibule. Parmi les huit mesures mandibulaires choisies, la plupart des résultats obtenus n'ont pas donné de différences statistiquement significatives entre les deux traitements, sauf pour Ar-Gn ($p = 0,03$) et pour SNB ($p = 0,02$).

Pour la mesure Ar-Gn, la différence des moyennes pour le groupe «élastiques» est de $+2,1$ mm, alors que pour le groupe «Forsus», elle est de $+0,89$ mm. On peut donc dire que pour cette mesure, les élastiques sont plus efficaces que le Forsus. Malheureusement, aucune des études sur le Forsus ne nous permet de comparer ce résultat, leurs analyses céphalométriques ne rapportant pas les mêmes mesures.

Pour la mesure de l'angle SNB, la différence des moyennes pour le groupe «élastiques» est de $+1,01^\circ$, alors que pour le groupe «Forsus» elle est de $-0,02^\circ$. Ceci signifie qu'avec la valeur p obtenue, on peut affirmer que les élastiques permettent un meilleur avancement de la mandibule selon cet angle par rapport au Forsus qui, lui, ne change pratiquement pas la mesure.

L'angle ANB mérite une petite attention malgré le fait que les résultats obtenus ne donnent pas de différence statistiquement significative ($p = 0,64$). La différence des moyennes entre les deux groupes pour cette mesure semble d'origine différente. Pour le groupe «élastiques», la diminution de l'ANB ($-0,89^\circ$) serait principalement due à une augmentation du SNB ($+1,01^\circ$), le SNA étant relativement stable ($+0,10^\circ$). Pour le groupe «Forsus», l'amélioration de l'angle ANB ($-0,76^\circ$) semble principalement due à une réduction plus importante du SNA ($-0,79^\circ$), alors que le SNB est essentiellement stable ($-0,02^\circ$).

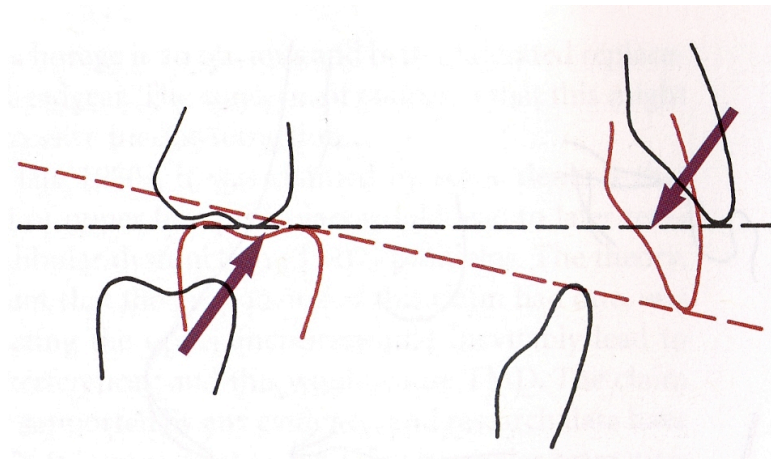
Changements angulaires des plans

Pour nous permettre d'apprécier les changements au niveau des différents plans utilisés en céphalométrie survenus suite aux traitements, trois mesures avaient été choisies; l'angle entre le plan mandibulaire et le plan de Frankfort (FMA), l'angle entre le plan occlusal fonctionnel et le plan de Frankfort (POF/FH) et l'angle entre le plan palatin et le plan de Frankfort (PP/FH).

Tel qu'expliqué plus tôt, les analyses de covariance effectuées sur les données nous ont permis de corriger toute différence qui aurait pu exister entre les groupes au départ, afin de nous permettre de bien comparer les groupes et d'évaluer si le résultat donné par chaque traitement est significatif. Pour ce qui est de l'angle FMA, l'analyse de covariance éliminant toute différence entre les groupes au départ, elle nous a permis de constater et d'affirmer qu'il n'y a aucune différence statistiquement significative entre les deux traitements. Les élastiques et le Forsus ont donc le même effet sur l'angle FMA ($p = 0,85$). Cependant, les analyses de variance faites en premier lieu nous ont permis de constater une différence entre les groupes au départ, pour ce qui est de la mesure FMA. Lorsqu'on regarde le graphique des différences des moyennes entre les deux groupes, on constate que le groupe «élastiques» présentait une moyenne de FMA au départ de $19,5^\circ$, alors que celle du groupe «Forsus» était de $25,2^\circ$. C'est donc dire que malgré le fait que les analyses de covariance élimine cette différence, notre groupe «élastiques» comprenait plus de patients hypodivergents, alors que notre groupe «Forsus» présentait plus de patients hyperdivergents au début de la phase myofonctionnelle. Dans une étude plus élaborée, il pourrait être intéressant d'inclure la mesure du FMA à T0 comme critère d'inclusion, afin d'avoir des groupes similaires en divergence, puisque la divergence d'un patient affecte le résultat du traitement myofonctionnel. Il est reconnu dans la littérature qu'un patient présentant un patron de croissance horizontal répondra de façon plus favorable au traitement myofonctionnel [90, 92-94].

Le changement de valeur angulaire au niveau du plan occlusal fonctionnel par rapport au plan de Frankfort fait partie de la correction des malocclusions de classe II [95]. Cependant, il n'est pas nécessairement souhaité. En fait, cette augmentation incorpore de l'instabilité dans le traitement. Le changement de la mesure POF/FH dans notre étude s'est trouvé statistiquement significatif avec une valeur p de 0,001. Le groupe «élastiques» a démontré une augmentation de l'angle de l'ordre de $2,26^\circ$, alors que le groupe «Forsus» a quant à lui subi une augmentation de l'angle POF/FH de $6,34^\circ$. On peut donc affirmer que

le Forsus engendre une augmentation de l'inclinaison du plan occlusal («*steepening of the occlusal plane*»).



Tiré et adapté du livre de Proffit[43]

Figure 35. Changement du plan occlusal engendré par l'utilisation de mécanique de classe II.

Pour ce qui est du plan palatin par rapport au plan de Frankfort, il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les deux traitements ($p = 0,41$). Dans le groupe «élastiques», on a observé une diminution de $0,67^\circ$ de l'angle, alors que dans le groupe «Forsus», il y a eu une légère augmentation de l'angle PP/FH ($0,19^\circ$).

On peut donc affirmer que les deux traitements ont le même effet sur l'inclinaison du plan palatin et du plan mandibulaire par rapport au plan de Frankfort, toutefois, le Forsus augmente de façon significative l'inclinaison du plan occlusal fonctionnel par rapport à FH.

Effets dento-alvéolaires

Au niveau dento-alvéolaire quatre mesures ont été choisies : la projection du menton évaluée par la projection des points B et Pg sur le plan mandibulaire, l'inclinaison de l'incisive supérieure par rapport au plan de Frankfort, l'angle inter-incisif et l'inclinaison de l'incisive inférieure par rapport au plan mandibulaire.

Pour la projection du menton, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux traitements ($p = 0,33$). En effet, la plupart des études s'entendent pour dire que les traitements myofonctionnels n'ont pas d'effet au niveau de la projection du menton [63, 96-98]. Notre résultat est donc en accord avec les autres études.

Nous avons obtenu une différence statistiquement significative ($p = 0,007$) entre les deux traitements en ce qui concerne l'inclinaison de l'incisive supérieure. Nous avons constaté une plus grande rétroclinaison de l'incisive supérieure avec le Forsus qu'avec les élastiques. Malgré le fait que les études publiées sur le Forsus utilisent SN au lieu de FH comme plan de référence, les études de Karacay [4], de Heinig [23] et de Franchi [22] en sont arrivées aux mêmes conclusions que celles obtenues dans le cadre de notre étude. Cependant, ce résultat pour l'inclinaison de l'incisive supérieure n'est pas en accord avec l'étude de Jones [21] qui dans leur cas, ont obtenu une proclinaison de l'incisive supérieure.

L'angle inter-incisif est demeuré relativement le même dans notre étude ($p = 0,18$). En fait, dans le groupe «élastiques» nous avons noté une diminution de l'angle de $-3,53^\circ$, mais cette différence n'était pas statistiquement significative. L'étude de Franchi [22]

démontre une réduction de l'angle inter-incisif avec le Forsus par rapport au groupe contrôle sans traitement, cette différence étant statistiquement significative. Cependant, les autres études sur le Forsus ne présentent pas leurs résultats pour l'angle inter-incisif, ce qui rend difficile la comparaison de notre projet avec les autres études pour cette mesure.

La dernière mesure dento-alvéolaire était l'inclinaison de l'incisive inférieure par rapport au plan mandibulaire. Encore une fois, nous n'avons pas obtenu de différence statistiquement significative entre les deux groupes pour cette mesure ($p = 0,10$), mais on peut affirmer que les deux appareils causent une proclinaison de l'incisive inférieure. L'étude de Jones [21] donne les mêmes résultats que notre étude, soit une proclinaison significative de l'incisive inférieure pour les deux groupes. L'étude de Franchi [22], nous démontre une proclinaison statistiquement significative de l'incisive inférieure avec le Forsus par rapport au groupe contrôle et l'étude de Heinig [23] obtient aussi le même résultat avec le Forsus. L'étude de Karacay [4] donne un résultat contraire, soit une rétroclinaison de l'incisive inférieure lorsque regardée par rapport au plan mandibulaire, ce qui est l'inverse des autres études sur le Forsus.

Qualité des radiographies

Au cours de l'analyse des radiographies céphalométriques et de la conception des tracés, quelques problèmes ont été notés concernant la qualité des radiographies. Lors de l'établissement du protocole de recherche, des points de référence pour le positionnement du patient avaient été établis afin de reproduire l'inclinaison de la tête des patients pour chaque radiographie. Le principal problème survenu avec les radiographies est l'inclinaison de la tête du patient. Pour certaines radiographies, la tête du patient était parfaitement inclinée, selon les normes dictées dans le protocole clinique, alors que pour d'autres, la tête était inclinée vers l'avant ou vers l'arrière. Il semble y avoir un manque dans le

positionnement des patients particulièrement au niveau du placement du guide Nasion de l'appareil radiologique. En fait, le positionnement du guide Nasion nous aide à évaluer l'inclinaison de la tête du patient; donc, lorsqu'il est mal positionné, il est difficile d'obtenir une position de la tête du patient qui ressemble à sa position naturelle («*natural head position*», «*true horizontal line*») et qui est une position reproductible à près de 1 ou 2° [43]. Ceci est survenu parfois chez des patients différents, parfois chez le même patient, tel que vu dans la figure qui suit.

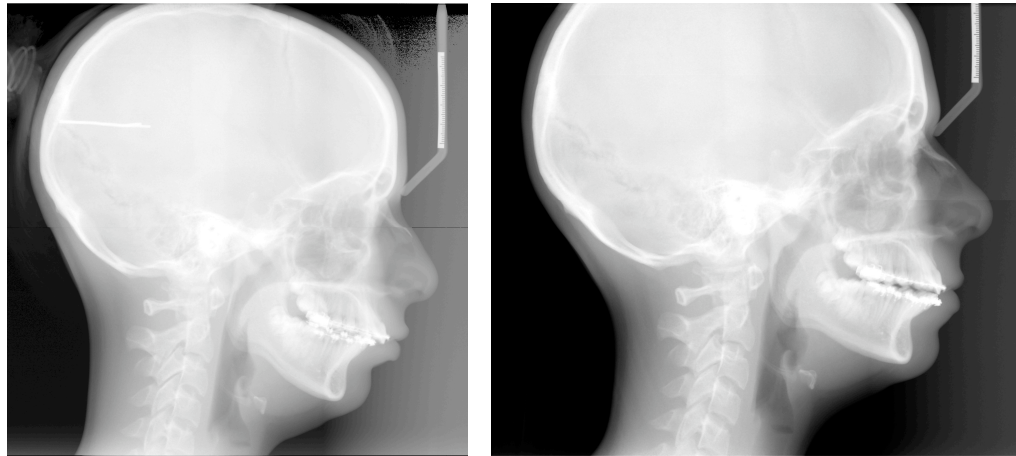


Figure 36. Manque dans le bon positionnement du patient entre la radiographie initiale et la radiographie finale.

Le problème avec le positionnement de la tête du patient est que son inclinaison a une influence sur les mesures linéaires. La projection de points sur les différents plans de référence de l'analyse céphalométrique est faussée si l'inclinaison de la tête diffère d'une radiographie à l'autre puisque celle-ci change l'orientation des plans.

Un second problème survenu avec les radiographies est l'intensité de l'exposition des patients. Chez certains patients, l'exposition nous permettait de bien visualiser tous les points à identifier pour l'analyse céphalométrique, mais chez d'autres, l'exposition était soit trop forte, soit trop faible.

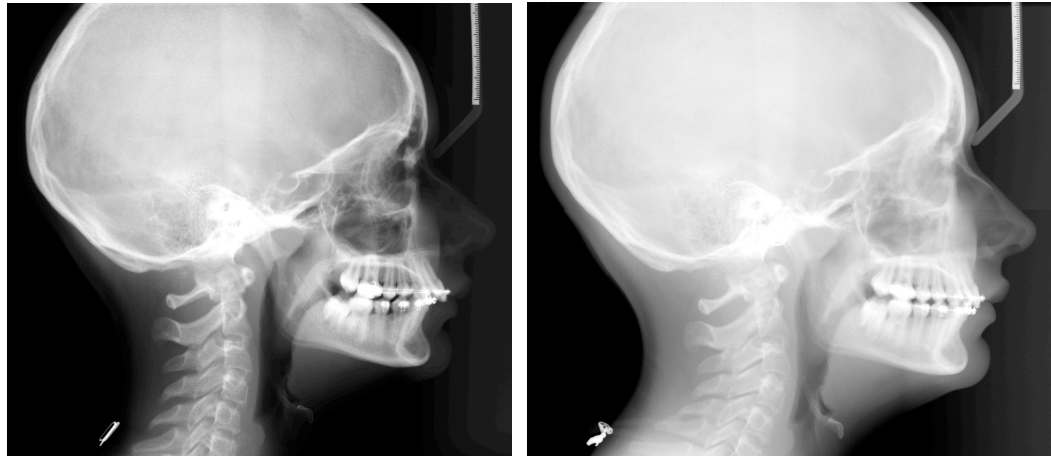


Figure 37. Différence dans l'intensité de l'exposition de la radiographie chez un même patient.

La différence dans l'intensité de l'exposition des radiographies a rendu difficile le positionnement de certains points importants. Des points cruciaux comme Condylion, PNS, Porion et parfois même l'incisive inférieure, ont été particulièrement compliqués à positionner d'une radiographie à l'autre. Il a fallu utiliser différents moyens d'amplification et d'amélioration d'image pour pouvoir positionner les points et, malgré ceci, ce fut difficile pour certains points.

Test de fiabilité

Trois indices ont été mesurés pour vérifier la fiabilité intra-examineur des tracés. Le premier est le coefficient de corrélation intra-classe, pour lequel la plupart de nos mesures était excellente ($ICC > 0,9$). Cependant, certaines valeurs étaient sous le 0,9, la plus faible étant de 0,7, et ces valeurs correspondent à des points difficiles à identifier sur les radiographies, comme le point Condylion. Il est donc cohérent que ces indices soient plus faibles.

L'indice de Dahlberg est un indice souvent utilisé en orthodontie. Nos valeurs étaient très acceptables pour cet indice, variant autour de 0,5 mm pour les mesures linéaires et autour de $1,5^\circ$ pour les mesures angulaires.

Pour l'indice de répétabilité de Bland-Altman, nos résultats sont cependant moins concluants. Pour certaines mesures, l'écart entre les deux essais est beaucoup trop important et démontre une moins bonne fiabilité.

Donc, en résumé, les mesures sont fiables selon les tests statistiques effectués sur les mesures céphalométriques.

Statistiques

Les analyses de covariance nous ont permis de visualiser facilement les différences entre les deux groupes afin d'en tirer nos conclusions. Elles ont permis de corriger toute différence qui aurait pu exister entre les groupes au début du traitement myofonctionnel,

pour nous permettre de bien apprécier le résultat final du traitement et de pouvoir le comparer avec le résultat de l'autre groupe. Le «*paired sample t-test*» nous a permis de voir facilement les différences entre les moyennes des deux groupes.

Complications observées

Aucune complication majeure qui aurait pu compromettre l'étude n'a été observée durant le traitement des patients. La plupart des patients ont bien toléré le traitement et ont bien collaboré. Chez un patient, le Dr Rodrigue a dû retirer les Forsus pour 6 semaines à cause de blessures au niveau des joues. Les Forsus ont été remis par la suite afin de terminer la correction. Chez un patient, le Dr Rodrigue a dû remplacer de façon définitive le Forsus par des élastiques à cause de blessures trop importantes dans la bouche du patient. Ce patient a été exclu de l'étude. Chez deux autres patients, les élastiques ont été remplacés par le Forsus pour manque de coopération. Ces patients ont aussi été exclus de l'étude.

Une complication mineure d'un autre ordre, plus en lien avec l'analyse des données, est que pour un patient la règle incluse dans le point de référence Nasion lors de la prise des radiographies a oublié d'être mise en place. Cette règle nous permet de calibrer les radiographies entre elles et d'avoir une calibration avec les points placés sur la radiographie pour nous permettre d'avoir des mesures à l'échelle. Une règle virtuelle a été ajoutée sur les radiographies de ce patient par le Dr Rodrigue et a été calibrée entre les radiographies pour s'assurer de la justesse des points de repère.

Finalement, un seul patient a refusé de participer à l'étude, la raison étant que le parent ne voulait pas que les données au dossier de son enfant soient utilisées à l'extérieur de la clinique du Dr Rodrigue.

Limitations de l'étude

En premier lieu et tel que discuté précédemment, la qualité des radiographies est une des limitations. Le manque de standardisation dans la prise des radiographies incorpore probablement des erreurs. D'un autre côté, il faut voir que cette étude n'aurait pu être réalisée en milieu universitaire. Nous n'aurions jamais pu obtenir autant de patients en aussi peu de temps sans réaliser ce projet en collaboration avec une pratique privée. De la même façon, un grand flot de patients entraîne la possibilité d'oublis qui sont mineurs en bureau privé, mais qui font une différence en recherche.

Ensuite, le type d'étude que nous voulions réaliser ne permettait pas une randomisation conventionnelle, puisque nous voulions observer les effets réels des élastiques, ce qui nécessite obligatoirement un patient coopératif. Toutefois, le fait de ne pas avoir fait de randomisation enlève du pouvoir statistique à notre projet.

De la même façon, le fait de ne pas avoir eu assez de temps pour obtenir deux groupes égaux, est une autre limitation qui enlève du pouvoir statistique à notre étude. L'idéal aurait été d'obtenir des groupes égaux et même avec plus de 23 patients par groupe (l'étude de Jones [21] comprenait 34 patients par groupe, provenant de deux pratiques privées différentes). Bien entendu, il aurait été plus facile encore d'obtenir un plus grand nombre de patients si le comité scientifique n'avait pas exigé que toutes les radiographies

soient faites par le même appareil et par la même personne pour approuver le projet. Nous aurions alors pu avoir un plus grand échantillon, provenant de pratiques différentes, mais utilisant les mêmes appareillages et avoir un échantillon comparable à celui de l'étude de Jones.

Dans le même ordre d'idées, ne pas avoir de véritable groupe contrôle constitue une autre limitation. L'étude étant comparative, les résultats s'avèrent quand même valables puisque nous avons deux traitements en comparaison. Cependant, d'un point de vue éthique, il aurait été difficile de justifier la prise de radiographies chez un patient sans traitement [65]. Aussi, il aurait été difficile de justifier de ne pas traiter un patient qui en a besoin pour fin d'étude et ce, au moment idéal de sa croissance. Une autre option aurait été d'utiliser les bases de données sur la croissance déjà existantes, mais la comparaison des radiographies aurait incorporé de grandes erreurs (argentique vs numérique, grossissement, prise des radiographies de façon différentes, etc.).

Une autre limitation, moins importante celle-là grâce aux analyses de covariance, et qui aurait certainement pu faire une différence comme expliqué dans la méta-analyse de Marsico [64], est de ne pas avoir tenu compte de l'aspect cranio-facial vertical du patient (hypodivergence, normodivergence ou hyperdivergence). Tel que discuté plus tôt, les patients ayant une certaine hypodivergence répondent mieux aux traitements myofonctionnel que les patients plus verticaux. Il aurait probablement été intéressant d'incorporer ce paramètre dans nos critères d'inclusion. Cependant, exclure les patients avec un FMA plus grand, par exemple, aurait compliqué encore plus la constitution de l'échantillon.

Enfin, le protocole actuel ne tient pas compte des changements observés au niveau des tissus mous des patients. Il aurait pu être très intéressant de voir si ces appareils font une différence au niveau du profil, ceci étant controversé dans la littérature.

Le protocole ne tient pas compte non plus de la maturité squelettique réelle du patient. Il pourrait donc être intéressant de vérifier la maturité squelettique des patients sur les radiographies à T2, selon les stades CS [99]. L'état de croissance active des patients a été évalué sur la base de leur âge chronologique et de leurs caractéristiques sexuelles secondaires (mue de la voix et poils au visage chez le garçon, apparition des seins et des premières règles chez la fille).

Originalité de l'étude

L'originalité de l'étude tient du fait que nous avons pris en considération la coopération et de la collaboration du patient dans le protocole. Si l'étude avait été randomisée de façon conventionnelle, nous n'aurions pas pu vérifier les effets réels des élastiques, ceux-ci nécessitant l'entière collaboration du patient pour obtenir de bons résultats cliniques.

L'intégration de patients provenant d'une pratique privée dans un protocole de projet de recherche universitaire est probablement une première à la section d'orthodontie de la faculté de médecine dentaire de l'Université de Montréal. Certaines études publiées [21, 22] combinent la recherche universitaire et la pratique privée, mais ce n'est pas chose très courante encore en dentisterie.

Conclusion

Chapitre 7. Conclusion

Les appareils myofonctionnels utilisés en combinaison avec un appareillage orthodontique fixe sont une option de choix dans le traitement des patients présentant une malocclusion de classe II. Dans la croyance populaire, l'efficacité du Forsus est déjà reconnue et cet appareil constitue un traitement de choix pour ce type de malocclusion. Cependant, très peu d'études sont publiées à ce jour sur ce sujet et une seule [21] compare les effets de celui-ci aux bons vieux élastiques inter-maxillaires utilisés depuis bien longtemps en orthodontie.

Le but de l'étude étant de vérifier l'efficacité des élastiques de classe II bien portés versus celle des Forsus, on peut conclure que leurs effets sont relativement similaires sur les maxillaires. En effet, seulement quatre mesures sur 17 nous ont donné des résultats démontrant une différence statistiquement significative entre les deux traitements.

Tout d'abord, pour la croissance du maxillaire, on peut conclure qu'il n'y a pas de différence entre les deux traitements, les deux approches ayant le même effet sur la croissance de celui-ci. Tel que rapporté dans les études publiées sur le sujet [4, 22], on peut noter une faible restriction dans la croissance du maxillaire lorsqu'on utilise des appareils myofonctionnels du type utilisé pour notre étude.

Sur la croissance de la mandibule, il n'y a pas de différence significative entre les deux traitements de façon générale. Donc, sur les huit mesures choisies pour évaluer les

changements au niveau mandibulaire, seulement deux mesures ont donné une différence statistiquement significative (Ar-Gn, SNB). Pour ces deux mesures, les élastiques auraient une meilleure efficacité que le Forsus sur la croissance de la mandibule.

Pour les changements angulaires des plans, on peut conclure que le Forsus cause, de manière significative, une augmentation de l'inclinaison du plan occlusal par rapport au plan de Frankfort.

Finalement, sur la composante dento-alvéolaire, on peut conclure que les deux appareils proclinent les incisives inférieures et rétroclinent les incisives supérieures, le Forsus causant une plus forte rétroclinaison des incisives supérieures.

Bien que basée sur une analyse céphalométrique différente de celle retrouvée dans les autres études sur le sujet, la plupart de nos résultats sont similaires aux résultats retrouvés dans les autres publications.

Notre projet a permis de vérifier nos hypothèses de recherche et de conclure que :

- sur la croissance du maxillaire, les deux appareils ont le même effet;
- sur la mandibule, les élastiques auraient une plus grande efficacité selon certaines mesures;
- les effets dento-alvéolaires sont similaires, à l'exception de l'inclinaison de l'incisive supérieure et du plan occlusal qui sont augmentées par le Forsus.

Le type de répartition des patients nous a permis de constater que lorsqu'un patient coopère bien avec les élastiques, les résultats obtenus sont équivalents à ceux obtenus avec le Forsus de façon générale. Donc, lorsqu'un patient coopère bien, l'usage des élastiques donne des résultats similaires, voire mieux que ceux obtenus avec le Forsus.

Annexes

Chapitre 8. Annexes

Annexe I. Approbation du comité scientifique



Faculté de médecine dentaire
Vice-décanat à la recherche & affaires hospitalières

Le 2 juin 2009

Madame Audrey DUBOIS
4374 Côte-des-Neiges
Montréal (QC) H3V 1H4

Objet: Évaluation scientifique
Comparaison des effets sur la croissance des maxillaires de l'utilisation du
Forsus versus celle des élastiques de classe II

Chère Madame DUBOIS,

J'ai pris connaissance de votre courrier du 26 mai courant en réponse aux considérations méthodologiques soulevées par le Comité d'évaluation scientifique concernant, je le rappelle, le mode de randomisation et la méthode utilisée pour l'évaluation masquée (blinded) des radiographies et des effets indésirables décrits par les participants dans les deux bras de votre étude. A cet égard, nous saluons votre intention de rencontrer sous peu Monsieur ROMPRÉ de notre Faculté, afin de tenter de minimiser les risques susceptibles de compromettre l'analyse et la validité de vos résultats. Le Comité est heureux que vous ayez pu préciser les conditions de diffusion des résultats de votre recherche avec la firme 3M/Unitek.

A la demande du Comité des Études Supérieures, le cadre éthique de votre projet a été rediscuté avec Me Marie-Josée BERNARDI, conseillère juridique au CÉRSS, qui ne souscrit pas complètement à mon interprétation de votre projet comme étant une évaluation rétrospective de la qualité de l'acte basée sur les soins de la pratique courante ne nécessitant pas la participation active des sujets à aucune étape. Elle juge plutôt que la comparaison de deux approches faite dans le cadre d'un apprentissage, même dans des conditions apparentes sous le seuil de risque minimal pour la santé et la vie privée des participants, nécessite l'obtention préalable d'une approbation éthique. Le Comité vous accorde son approbation scientifique et vous autorise à présenter votre projet au CÉRSS dans les meilleurs délais.

Je suis désolé de la confusion entourant le cadre éthique de votre projet et vous prie d'agréer, Madame DUBOIS, l'expression de mes sentiments distingués.

Pierre Blanchet, MD, FRCP(C), PhD
Président, Comité Scientifique
Vice-doyen – Recherche & Affaires Hospitalières
Faculté de Médecine dentaire

C.P. 6128, succursale Centre-ville
Montréal QC H3C 3J7

Téléphone : 514 343-2134
Télécopieur : 514 343-2233

Annexe II. Approbation du comité d'éthique

Université 
de Montréal

Département de kinésiologie

Monsieur Claude Remise
Professeur titulaire
Faculté de médecine dentaire
Pavillon Roger Gaudry
Bureau n°A106

CERTIFICAT N°: CÉRSS-2009-945-P

COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE DES SCIENCES DE LA SANTÉ
- CÉRSS -
CERTIFICAT D'ÉTHIQUE

En vertu des documents qui lui ont été soumis, le Comité d'éthique de la recherche des sciences de la santé de l'Université de Montréal a procédé à l'évaluation éthique du projet suivant :

Titre de l'étude : « Comparaison des effets sur la croissance des maxillaires de l'utilisation du Forsus versus celle des élastiques de classe II »

Nom du chercheur principal : Claude Remise

Nom de l'étudiant-chercheur : Audrey Dubois

Organisme subventionnaire : non

Le Comité d'éthique déclare le projet conforme aux normes déontologiques en vigueur à l'Université de Montréal. Un certificat d'éthique est émis pour une durée d'une année dont les modalités d'applications sont les suivantes :

Date d'émission du certificat : 30 novembre 2009

Date de fin de validité du certificat : 29 novembre 2010

À l'échéance du certificat d'éthique, un suivi déontologique sera effectué, conformément aux normes de fonctionnement du *Plan d'action ministériel en éthique de la recherche et en intégrité scientifique*. Il est aussi à souligner que vous devrez faire part au CÉRSS de toute nouvelle information (changement dans les connaissances scientifiques...), observation (événement négatif, incident...) ou de tout changement au protocole expérimental, qui pourrait modifier le fondement éthique sur lequel repose votre projet de recherche.

Veillez agréer, Monsieur, l'expression de mes salutations distinguées.

Date : 30 novembre 2009

Marie-France Daniel
Présidente
Comité d'éthique de la recherche des sciences de la santé
CEPSUM, 2100 Édouard-Montpetit, bureau 7211
Téléphone : (514) 343.5624
Télécopieur : (514) 343.2181
Courriel :

L'original du certificat est conservé au CÉRSS. Une copie des certificats octroyés aux chercheur(e)s est conservée au BRDV. Une copie des certificats octroyés aux étudiant(e)s est envoyée à la FESP à des fins d'archivage des dossiers.

C.P. 6128, succursale Centre-ville
Montréal QC H3C 3J7

Secrétariat : (514) 343-6151
Télécopieur : (514) 343-2181

<http://www.kinesio.umontreal.ca>

Annexe III. Documents remis aux patients

Consentement éclairé

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

Comparaison des effets sur la croissance des maxillaires de l'utilisation du Forsus versus celle des élastiques de classe II

Formulaire conçu selon la trousse du CÉRSS version du 15 juillet 2009

Acceptation par le CÉRSS en date du 24 novembre 2009



Dre Audrey Dubois

D.M.D., résidente en orthodontie

Université de Montréal

Dr Claude Remise

D.D.S., M. Sc., cert. Ortho, professeur titulaire, Section d'orthodontie

Université de Montréal

Faculté de médecine dentaire

Santé buccale

Local D-116

Pavillon Roger-Gaudry

Université de Montréal

Introduction

Nous vous demandons de participer à ce projet de recherche parce que votre enfant présente une malocclusion de classe II, c'est-à-dire qu'il présente un recul de sa mâchoire inférieure qui doit être corrigé. Avant d'accepter de participer à ce projet de recherche, veuillez prendre le temps de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire de consentement vous explique le but de cette étude, les procédures, les avantages, les risques et les inconvénients, de même que les noms des personnes avec qui communiquer en cas de besoin.

Le présent formulaire peut contenir des mots que vous ne comprendrez pas en première lecture. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur ou aux autres membres du personnel impliqués dans ce projet de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui ne serait pas clair.

À partir du moment où vous êtes en possession de ce formulaire, si vous acceptez de participer au projet de recherche, vous devrez signer le consentement sur place et nous le rendre après clarification de toutes vos questions.

Description de l'étude

L'utilisation d'appareils myofonctionnels, comme le Forsus ou les élastiques, a pour but de rediriger ou de stimuler la croissance des maxillaires chez les patients ayant encore un potentiel de croissance. Ces appareils sont utilisés pour corriger un décalage présent entre les deux arcades dentaires chez votre enfant.

Le but de cette étude est d'évaluer la composante de croissance produite au niveau des os des mâchoires chez les patients utilisant le Forsus en comparaison avec ceux utilisant les

élastiques. Ce projet est donc destiné à évaluer l'efficacité des différentes techniques afin de déterminer lequel des deux appareils est le plus efficace pour le traitement des patients.

Des études cliniques ont été effectuées sur le Forsus avant sa mise en marché, mais peu d'études cliniques ont été réalisées sur les effets squelettiques réels de ceux-ci. Les élastiques sont utilisés depuis longtemps en orthodontie, mais peu d'études ont comparé leurs effets à ceux du Forsus.

Méthodologie retenue

Les patients doivent présenter un problème squelettique de classe II division 1, soit un décalage entre les mâchoires du haut et du bas. Ce décalage doit être dû à un retrait de la mâchoire inférieure et la mâchoire supérieure doit être en bonne position. Le décalage, qui se veut bilatéral, doit être entre 5 et 7 mm.

Les patients choisis doivent être en période de croissance active et en dentition adulte. Le plan de traitement doit cependant exclure des extractions dentaires et un alignement initial des dents sera fait avant l'installation des appareils.

Le port d'élastiques nécessite plus de coopération et d'assiduité chez le patient puisque ce dernier doit les placer lui-même tous les jours. Le Forsus est un appareil fixe en bouche, le patient est donc obligé de le porter. Le choix de l'appareil qui sera mis en bouche chez chacun des patients sera déterminé par le Dr Rodrigue, selon la coopération du patient durant l'alignement initial des dents de celui-ci.

Après une étude complète du dossier par le Dr Charles Rodrigue, un plan de traitement est établi. Votre enfant débutera le traitement afin de faire l'alignement préliminaire de ses dents. Une fois cet alignement fait, une radiographie céphalométrique numérique sera prise et les appareils de correction de la relation sagittale seront ensuite mis en bouche. Le

traitement avec l'appareil myofonctionnel une fois terminé, une autre radiographie sera prise immédiatement après l'enlèvement des appareils afin d'évaluer leur effet sur les mâchoires du patient. Votre enfant terminera ensuite son traitement de la même manière que tous les autres patients.

L'étude se fera à partir de l'analyse des radiographies céphalométriques déjà consignées au dossier de votre enfant.

L'analyse céphalométrique utilisée sera l'analyse de l'Université de Montréal, qui est une analyse standard.

Nature de la participation et durée de l'étude

Votre enfant recevra le traitement le plus approprié pour lui, selon son comportement durant la première phase d'alignement. Il se retrouvera donc soit dans le groupe «élastiques», soit dans le groupe «Forsus». Peu importe le groupe dans lequel il se retrouvera, son traitement impliquera la même technique d'orthodontie fixe. S'il se retrouve dans le groupe «élastiques», il devra placer lui-même en bouche ses élastiques. La durée du traitement sera la même, c'est-à-dire le temps correspondant à la correction du recul de la mandibule chez votre enfant.

Votre enfant recevra le même suivi que tous les patients étant traités par le Dr Rodrigue et l'étude se déroulera dans son bureau.

Les personnes impliquées dans la recherche sont :

-Dre Audrey Dubois

Dentiste, résidente en spécialité d'orthodontie à l'université de Montréal et
étudiante à la maîtrise

-Dr Claude Remise

Orthodontiste, professeur titulaire, chef de la Section d'orthodontie de
l'Université de Montréal

-Dr Charles Rodrigue

Orthodontiste en pratique privée depuis plus de 21 ans, gradué du
programme d'orthodontie de l'Université de Montréal et impliqué dans
l'éducation continue des dentistes et des orthodontistes

L'étude comprendra environ 40 patients par groupe, pour un total d'environ 80 patients.

D'un point de vue clinique, votre enfant sera traité comme tous les autres patients du Dr Rodrigue. D'un point de vue expérimental, ses radiographies seront utilisées pour l'étude. Votre enfant et vous-même n'êtes impliqués dans cette étude que par le fait de donner votre consentement pour l'utilisation des radiographies de celui-ci.

Participation volontaire et possibilité de retrait de l'étude

La participation de votre enfant à ce projet de recherche est tout à fait volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer sans que cela n'affecte la qualité des soins que recevra votre enfant. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raison. Vous avez simplement à aviser le chercheur responsable du projet ou l'un des membres de l'équipe.

Le chercheur responsable du projet de recherche ou l'un des directeurs peut aussi mettre fin à votre participation si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou si cela n'est plus dans votre intérêt.

Par ailleurs, le Comité d'éthique de la recherche des sciences de la santé (CÉRSS) de l'Université de Montréal peut également mettre fin au projet, notamment pour des raisons de sécurité ou de faisabilité.

En cas de retrait ou d'exclusion, les renseignements qui auront été recueillis pour les fins de l'étude au moment de votre retrait seront détruits. Cependant, les résultats des analyses déjà effectuées ne seront pas détruits afin de ne pas mettre en péril l'intégrité de l'étude. De plus, vous serez avisé de toute nouvelle information susceptible de vous faire reconsidérer la participation de votre enfant à la présente étude.

Confidentialité

Durant votre participation à ce projet, le chercheur et son équipe recueilleront dans un dossier de recherche les renseignements concernant votre enfant qui sont nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques.

Tous les renseignements recueillis demeureront strictement confidentiels. Votre enfant ne sera identifié que par un numéro de code auquel seule l'équipe de recherche aura accès. La clé du code, reliant le nom de votre enfant à son dossier de recherche, sera conservée par le chercheur responsable.

Les données de recherche seront conservées pendant sept ans après la fin de l'étude et seront détruites par la suite.

Vous avez le droit de consulter le dossier de recherche de votre enfant pour vérifier les renseignements recueillis et les faire rectifier au besoin, ce aussi longtemps que le chercheur responsable du projet ou l'établissement détient ces informations. Cependant, afin de préserver l'intégrité scientifique du projet, vous pourriez n'avoir accès à certaines de ces informations qu'une fois la participation de votre enfant terminée.

Pour des raisons de surveillance et de contrôle de la recherche, le dossier de votre enfant pourra être consulté par une personne mandatée par le Comité d'éthique de la recherche des sciences de la santé (CÉRSS) de l'Université de Montréal. Toutes ces personnes respecteront la politique de confidentialité.

Les données pourront être publiées dans des revues scientifiques, mais il ne sera pas possible d'identifier votre enfant.

Compensation et indemnisation

Vous ne recevrez pas d'argent pour votre participation à ce projet de recherche. Cette participation pourrait vous occasionner des dépenses (stationnement, essence, repas, taxis) qui ne vous seront pas remboursées.

En signant le présent formulaire d'information et de consentement, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs et l'établissement de leurs responsabilités civile et professionnelle.

Si votre enfant devait subir un préjudice ou quelque lésion que ce soit dû à sa participation à ce projet (i.e résultant des traitements et/ou des procédures), il recevrait tous les soins et services requis par son état de santé, sans frais de votre part.

Communication des résultats

Vous pourrez communiquer avec l'équipe de recherche afin d'obtenir de l'information sur l'avancement des travaux ou les résultats du projet de recherche. L'état d'avancement de nos travaux vous sera communiqué par courriel à la fin du projet de recherche.

Personnes ressources

Si vous avez des questions au sujet de cette étude, vous pouvez communiquer (avant, pendant et après l'étude avec une des personnes suivantes) avec :

- Dre Audrey Dubois à -----.
- En cas d'urgence orthodontique, communiquez avec le Dr Charles Rodrigue au 418.652.2424 ou vous rendre à son bureau.

Pour toute question d'ordre éthique concernant les conditions dans lesquelles se déroule la participation de votre enfant à ce projet, vous pouvez en discuter avec le responsable du projet, expliquer vos préoccupations à la présidente du Comité d'éthique de la recherche des Sciences de la santé, Mme Marie-France Daniel (téléphone 514.343.5624).

Si vous avez des questions concernant les droits de votre enfant en tant que participant à cette étude ou si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler, vous pouvez communiquer avec l'ombudsman de l'Université, Madame Pascale Descary, au 514.343.2100, entre 9h et 12h00 ou entre 13h30 et 17h.

Le Comité d'éthique de la recherche des sciences de la santé a approuvé ce projet de recherche et en assure le suivi. De plus, il approuvera toute modification apportée au formulaire d'information et de consentement et au protocole de recherche.

Consentement

En ma qualité de représentant légal, j'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à mes questions à ma satisfaction et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Après réflexion, j'accepte que mon enfant ou l'enfant que je représente participe à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées. Une copie signée et datée du présent formulaire d'information et de consentement me sera remise.

Nom de l'enfant mineur

Assentiment de l'enfant capable de comprendre la nature du projet

Assentiment verbal de l'enfant incapable de signer mais capable de comprendre la nature de ce projet : oui___ non___

Nom et signature du représentant
légal (parent ou tuteur)

Date

J'ai expliqué au représentant légal (parent ou tuteur) les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées. On lui a clairement indiqué qu'il demeure libre de mettre un terme à la participation de son enfant, et ce, sans aucune conséquence négative.

Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au formulaire d'information et de consentement et à en remettre une copie signée au parent responsable du participant.

Dr Charles Rodrigue

Date

Questionnaire sur le confort

Questionnaire sur le confort face à ton appareil

Je porte : les élastiques
 les Forsus

Sur une échelle de 0 à 100 :

À quel point ton appareil te gêne dans tes activités quotidiennes?
 (manger, faire du sport, parler...)

0 _____ 100
 ne me gêne pas du tout m'empêche totalement de faire mes activités

Est-ce que ton appareil gêne tes soins d'hygiène orale?
 (brossage, soie dentaire...)

0 _____ 100
 ne me gêne pas du tout m'empêche totalement de procéder à ces soins

Est-ce que ton appareil t'empêche de dormir?

0 _____ 100
 je dors très bien m'empêche totalement de dormir

Comment évaluerais-tu le confort de ton appareil?

0 _____ 100
 très peu confortable très confortable

Annexe IV. Lettre de propriété intellectuelle



Comité d'évaluation scientifique
 Faculté de médecine dentaire
 Vice-décanat à la recherche et affaires hospitalières
 C.P. 6128, succursale Centre-ville
 Montréal (Québec)
 H3C 3J7

Objet : Projet de recherche «Comparaison des effets sur la croissance des maxillaires de l'utilisation du Forsus versus celle des élastiques de classe II»

Madame, Monsieur,

La présente est pour faire suite à votre demande concernant la propriété intellectuelle de la recherche et de la diffusion des résultats de cette même recherche.

Nous, soussignés, attestons que les résultats de la recherche entreprise, s'ils sont publiés, le seront tels qu'apparus suite à l'analyse des données obtenues.

Les docteurs Charles Rodrigue et Claude Remise s'engagent à participer à la recherche en toute impartialité, et en aucun cas, de faire tendre les procédures ou résultats en faveur de la compagnie 3M/Unitek.

La compagnie 3M/Unitek s'engage à ne pas empêcher la publication, s'il y a lieu, des résultats obtenus sur son produit Forsus, et ce peu importe les résultats obtenus. Elle reconnaît aussi que les résultats obtenus sont la propriété unique des chercheurs et de l'université de Montréal.

Toutes les parties s'engagent à respecter l'intégrité des résultats.

 Dre Audrey Dubois,
 résidente en orthodontie
 chercheuse principale

 Dr Claude Remise,
 responsable, section d'orthodontie
 directeur du projet de recherche

 Dr Charles Rodrigue,
 orthodontiste
 Co-directeur du projet

 M. Claude Saillant,
 représentant,
 Compagnie 3M/Unitek *

*Compagnie fournissant les appareils sous étude (Forsus).

Fait à Montréal, le 30 mai 2009

Bibliographie

Chapitre 9. Bibliographie

1. Proffit WR, Fields HW, Jr., Moray LJ: **Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in the United States: estimates from the NHANES III survey.** *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1998, **13**(2):97-106.
2. Massler M, Frankel JM: **Prevalence of malocclusion in children aged 14 to 18 years.** *Am J Orthod* 1951, **37**(10):751-768.
3. Ast DB, Carlos JP, Cons NC: **The Prevalence and Characteristics of Malocclusion among Senior High School Students in Upstate New York.** *Am J Orthod* 1965, **51**:437-445.
4. Karacay S, Akin E, Olmez H, Gurton AU, Sagdic D: **Forsus Nitinol Flat Spring and Jasper Jumper corrections of Class II division 1 malocclusions.** *Angle Orthod* 2006, **76**(4):666-672.
5. Payette M PR: **The prevalence of malocclusion problems and orthodontic treatment needs in 13 and 14-year old Quebec school children in 1983-1984.** *J Dent Que* 1989, **26**(Oct.):505-510.
6. McNamara JA, Jr.: **Components of class II malocclusion in children 8-10 years of age.** *Angle Orthod* 1981, **51**(3):177-202.
7. Nelson C, Harkness M, Herbison P: **Mandibular changes during functional appliance treatment.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993, **104**(2):153-161.
8. Pancherz H: **The Herbst appliance--its biologic effects and clinical use.** *Am J Orthod* 1985, **87**(1):1-20.
9. Patel HP, Moseley HC, Noar JH: **Cephalometric determinants of successful functional appliance therapy.** *Angle Orthod* 2002, **72**(5):410-417.
10. Pangrazio-Kulbersh V, Berger JL, Chermak DS, Kaczynski R, Simon ES, Haerian A: **Treatment effects of the mandibular anterior repositioning appliance on patients with Class II malocclusion.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003, **123**(3):286-295.
11. Sari Z, Goyenc Y, Doruk C, Usumez S: **Comparative evaluation of a new removable Jasper Jumper functional appliance vs an activator-headgear combination.** *Angle Orthod* 2003, **73**(3):286-293.
12. Schaefer AT, McNamara JA, Jr., Franchi L, Baccetti T: **A cephalometric comparison of treatment with the Twin-block and stainless steel crown Herbst**

- appliances followed by fixed appliance therapy.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004, **126**(1):7-15.
13. McNamara JA, Brudon WL, Kokich VG: *Orthodontics and dentofacial orthopedics*. Ann Arbor, Mich.: Needham Press; 2001.
 14. Combrink FJ, Harris AM, Steyn CL, Hudson AP: **Dentoskeletal and soft-tissue changes in growing class II malocclusion patients during nonextraction orthodontic treatment.** *SADJ* 2006, **61**(8):344-350.
 15. Sfondrini MF, Cacciafesta V, Sfondrini G: **Upper molar distalization: a critical analysis.** *Orthod Craniofac Res* 2002, **5**(2):114-126.
 16. Jacobs T, Sawaengkit P: **National Institute of Dental and Craniofacial Research efficacy trials of bionator class II treatment: a review.** *Angle Orthod* 2002, **72**(6):571-575.
 17. Vogt W: **The Forsus Fatigue Resistant Device.** *J Clin Orthod* 2006, **40**(6):368-377; quiz 358.
 18. McSherry PF, Bradley H: **Class II correction-reducing patient compliance: a review of the available techniques.** *J Orthod* 2000, **27**(3):219-225.
 19. Rossouw PE, Buschang PH: **Temporary orthodontic anchorage devices for improving occlusion.** *Orthod Craniofac Res* 2009, **12**(3):195-205.
 20. Ellen EK, Schneider BJ, Sellke T: **A comparative study of anchorage in bioprogressive versus standard edgewise treatment in Class II correction with intermaxillary elastic force.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998, **114**(4):430-436.
 21. Jones G, Buschang PH, Kim KB, Oliver DR: **Class II non-extraction patients treated with the Forsus Fatigue Resistant Device versus intermaxillary elastics.** *Angle Orthod* 2008, **78**(2):332-338.
 22. Franchi L, Alvetto L, Giuntini V, Masucci C, Defraia E, Baccetti T: **Effectiveness of comprehensive fixed appliance treatment used with the Forsus Fatigue Resistant Device in Class II patients.** *Angle Orthod* 2011.
 23. Heinig N, Goz G: **Clinical application and effects of the Forsus spring. A study of a new Herbst hybrid.** *J Orofac Orthop* 2001, **62**(6):436-450.
 24. Thilander B: **Basic mechanisms in craniofacial growth.** *Acta Odontol Scand* 1995, **53**(3):144-151.
 25. Scott JH: **The growth of the cranio-facial skeleton.** *Ir J Med Sci* 1962, **438**:276-286.
 26. Moss ML: **A theoretical analysis of the functional matrix.** *Acta Biotheor* 1968, **18**(1):195-202.
 27. Enlow DH H, MG: *Essentials of Facial Growth*. Philadelphia; 1996.

28. Persson M TB: *Introduction to orthodontics*. 2nd ed. edition. Solna: LIC Förlag; 1995.
29. Norton NS: *Précis d'anatomie clinique de la tête et du cou*. Saunders edition. Issy-les-Moulineaux cedex; 2009.
30. Enlow DH: *Facial growth*. 3rd edition. Philadelphia: Saunders; 1990.
31. Sarnas KV, Solow B: **Early adult changes in the skeletal and soft-tissue profile**. *Eur J Orthod* 1980, **2**(1):1-12.
32. Sicher H: *Oral anatomy*. 2d edition. St. Louis,: Mosby; 1952.
33. Kraus BS, Riedel RA: *Vistas in orthodontics : presented to Alton W. Moore*. Philadelphia: Lea & Febiger; 1962.
34. van Limborgh J: **The role of genetic and local environmental factors in the control of postnatal craniofacial morphogenesis**. *Acta Morphol Neerl Scand* 1972, **10**(1):37-47.
35. Carlson DS, Ferrara AM: *Craniofacial growth theory and orthodontic treatment*. Ann Arbor, Mich.: Center for Human Growth and Development, the University of Michigan; 1990.
36. Creekmore TD, Radney LJ: **Frankel appliance therapy: orthopedic or orthodontic?** *Am J Orthod* 1983, **83**(2):89-108.
37. Wieslander L, Lagerstrom L: **The effect of activator treatment on class II malocclusions**. *Am J Orthod* 1979, **75**(1):20-26.
38. Tulloch JF, Medland W, Tuncay OC: **Methods used to evaluate growth modification in Class II malocclusion**. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990, **98**(4):340-347.
39. Ghafari J, Shofer FS, Jacobsson-Hunt U, Markowitz DL, Laster LL: **Headgear versus function regulator in the early treatment of Class II, division 1 malocclusion: a randomized clinical trial**. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998, **113**(1):51-61.
40. McNamara JA, Jr., Bookstein FL, Shaughnessy TG: **Skeletal and dental changes following functional regulator therapy on class II patients**. *Am J Orthod* 1985, **88**(2):91-110.
41. McNamara JA, Jr., Howe RP, Dischinger TG: **A comparison of the Herbst and Frankel appliances in the treatment of Class II malocclusion**. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990, **98**(2):134-144.
42. Bishara SE, Ziaja RR: **Functional appliances: a review**. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989, **95**(3):250-258.
43. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM: *Contemporary orthodontics*. 4th edition. St. Louis, Mo.: Mosby Elsevier; 2007.

44. Bjork A: **The use of metallic implants in the study of facial growth in children: method and application.** *Am J Phys Anthropol* 1968, **29**(2):243-254.
45. Sarnat BG, Engel MB: **A serial study of mandibular growth after removal of the condyle in the Macaca rhesus monkey.** *Plast Reconstr Surg (1946)* 1951, **7**(5):364-380.
46. Gianelly AA, Moorrees CF: **Condylectomy in the Rat.** *Arch Oral Biol* 1965, **10**:101-106.
47. Bjork A, Skieller V: **Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years.** *Eur J Orthod* 1983, **5**(1):1-46.
48. Moss ML, Salentijn L: **The primary role of functional matrices in facial growth.** *Am J Orthod* 1969, **55**(6):566-577.
49. Frankel R: **The treatment of Class II, Division 1 malocclusion with functional correctors.** *Am J Orthod* 1969, **55**(3):265-275.
50. Woodside DG, Altuna G, Harvold E, Herbert M, Metaxas A: **Primate experiments in malocclusion and bone induction.** *Am J Orthod* 1983, **83**(6):460-468.
51. McNamara JA, Jr., Bryan FA: **Long-term mandibular adaptations to protrusive function: an experimental study in Macaca mulatta.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987, **92**(2):98-108.
52. Charlier JP, Petrovic A, Herrmann-Stutzmann J: **Effects of mandibular hyperpropulsion on the prechondroblastic zone of young rat condyle.** *Am J Orthod* 1969, **55**(1):71-74.
53. Stockli PW, Willert HG: **Tissue reactions in the temporomandibular joint resulting from anterior displacement of the mandible in the monkey.** *Am J Orthod* 1971, **60**(2):142-155.
54. McNamara JA, Jr.: **Neuromuscular and skeletal adaptations to altered function in the orofacial region.** *Am J Orthod* 1973, **64**(6):578-606.
55. McNamara JA, Jr., Carlson DS: **Quantitative analysis of temporomandibular joint adaptations to protrusive function.** *Am J Orthod* 1979, **76**(6):593-611.
56. Xiong H, Hagg U, Tang GH, Rabie AB, Robinson W: **The effect of continuous bite-jumping in adult rats: a morphological study.** *Angle Orthod* 2004, **74**(1):86-92.
57. Mills JR: **The effect of functional appliances on the skeletal pattern.** *Br J Orthod* 1991, **18**(4):267-275.
58. Pancherz H: **A cephalometric analysis of skeletal and dental changes contributing to Class II correction in activator treatment.** *Am J Orthod* 1984, **85**(2):125-134.

59. Vargervik K, Harvold EP: **Response to activator treatment in Class II malocclusions.** *Am J Orthod* 1985, **88**(3):242-251.
60. Pancherz H, Malmgren O, Hagg U, Omblus J, Hansen K: **Class II correction in Herbst and Bass therapy.** *Eur J Orthod* 1989, **11**(1):17-30.
61. Hansen K, Pancherz H: **Long-term effects of Herbst treatment in relation to normal growth development: a cephalometric study.** *Eur J Orthod* 1992, **14**(4):285-295.
62. Cope JB, Buschang PH, Cope DD, Parker J, Blackwood HO, 3rd: **Quantitative evaluation of craniofacial changes with Jasper Jumper therapy.** *Angle Orthod* 1994, **64**(2):113-122.
63. Bishara SE: **Mandibular changes in persons with untreated and treated Class II division 1 malocclusion.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998, **113**(6):661-673.
64. Marsico E, Gatto E, Burrascano M, Matarese G, Cordasco G: **Effectiveness of orthodontic treatment with functional appliances on mandibular growth in the short term.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011, **139**(1):24-36.
65. Cozza P, Baccetti T, Franchi L, De Toffol L, McNamara JA, Jr.: **Mandibular changes produced by functional appliances in Class II malocclusion: a systematic review.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006, **129**(5):599 e591-512; discussion e591-596.
66. Nelson B, Hansen K, Hagg U: **Class II correction in patients treated with class II elastics and with fixed functional appliances: a comparative study.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000, **118**(2):142-149.
67. Nelson B, Hagg U, Hansen K, Bendeus M: **A long-term follow-up study of Class II malocclusion correction after treatment with Class II elastics or fixed functional appliances.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007, **132**(4):499-503.
68. Nelson B, Hansen K, Hagg U: **Overjet reduction and molar correction in fixed appliance treatment of class II, division 1, malocclusions: sagittal and vertical components.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999, **115**(1):13-23.
69. Langlade M: *Optimization of orthodontic elastics.* New York; 2000.
70. Brandao M, Pinho HS, Urias D: **Clinical and quantitative assessment of headgear compliance: a pilot study.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006, **129**(2):239-244.
71. Beckwith FR, Ackerman RJ, Jr., Cobb CM, Tira DE: **An evaluation of factors affecting duration of orthodontic treatment.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999, **115**(4):439-447.

72. Skidmore KJ, Brook KJ, Thomson WM, Harding WJ: **Factors influencing treatment time in orthodontic patients.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006, **129**(2):230-238.
73. Rothenberg J, Campbell ES, Nanda R: **Class II correction with the Twin Force Bite Corrector.** *J Clin Orthod* 2004, **38**(4):232-240.
74. Pancherz H: **Treatment of class II malocclusions by jumping the bite with the Herbst appliance. A cephalometric investigation.** *Am J Orthod* 1979, **76**(4):423-442.
75. Pancherz H: **The nature of Class II relapse after Herbst appliance treatment: a cephalometric long-term investigation.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991, **100**(3):220-233.
76. Pancherz H: **The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment. A cephalometric investigation.** *Am J Orthod* 1982, **82**(2):104-113.
77. Wieslander L: **Long-term effect of treatment with the headgear-Herbst appliance in the early mixed dentition. Stability or relapse?** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993, **104**(4):319-329.
78. Pancherz H, Fackel U: **The skeletofacial growth pattern pre- and post-dentofacial orthopaedics. A long-term study of Class II malocclusions treated with the Herbst appliance.** *Eur J Orthod* 1990, **12**(2):209-218.
79. Hansen K, Pancherz H, Petersson A: **Long-term effects of the Herbst appliance on the craniomandibular system with special reference to the TMJ.** *Eur J Orthod* 1990, **12**(3):244-253.
80. Franchi L, Baccetti T, McNamara JA, Jr.: **Treatment and posttreatment effects of acrylic splint Herbst appliance therapy.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999, **115**(4):429-438.
81. Valant JR, Sinclair PM: **Treatment effects of the Herbst appliance.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989, **95**(2):138-147.
82. Konik M, Pancherz H, Hansen K: **The mechanism of Class II correction in late Herbst treatment.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997, **112**(1):87-91.
83. Jasper JJ, McNamara JA, Jr.: **The correction of interarch malocclusions using a fixed force module.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995, **108**(6):641-650.
84. Stucki N, Ingervall B: **The use of the Jasper Jumper for the correction of Class II malocclusion in the young permanent dentition.** *Eur J Orthod* 1998, **20**(3):271-281.
85. Weiland FJ, Bantleon HP: **Treatment of Class II malocclusions with the Jasper Jumper appliance--a preliminary report.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995, **108**(4):341-350.

86. Blackwood HO, 3rd: **Clinical management of the Jasper Jumper.** *J Clin Orthod* 1991, **25**(12):755-760.
87. Covell DA, Jr., Trammell DW, Boero RP, West R: **A cephalometric study of class II Division 1 malocclusions treated with the Jasper Jumper appliance.** *Angle Orthod* 1999, **69**(4):311-320.
88. Chhibber A, Upadhyay M, Uribe F, Nanda R: **Long-term stability of Class II correction with the Twin Force Bite Corrector.** *J Clin Orthod* 2010, **44**(6):363-376.
89. Chen JY, Will LA, Niederman R: **Analysis of efficacy of functional appliances on mandibular growth.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002, **122**(5):470-476.
90. Collett AR: **Current concepts on functional appliances and mandibular growth stimulation.** *Aust Dent J* 2000, **45**(3):173-178.
91. Rakosi T: *An atlas and manual of cephalometric radiography.* Philadelphia: Lea & Febiger; 1982.
92. Honn M, Schneider C, Dietz K, Godt A, Goz G: **Treating Class II patients with removable plates and functional orthopedic appliances--the importance of anterior tooth inclination and direction of growth on treatment outcome.** *J Orofac Orthop* 2006, **67**(4):272-288.
93. Ahn SJ, Kim JT, Nahm DS: **Cephalometric markers to consider in the treatment of Class II Division 1 malocclusion with the bionator.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001, **119**(6):578-586.
94. Barton S, Cook PA: **Predicting functional appliance treatment outcome in Class II malocclusions--a review.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997, **112**(3):282-286.
95. Pancherz H: **The effects, limitations, and long-term dentofacial adaptations to treatment with the Herbst appliance.** *Semin Orthod* 1997, **3**(4):232-243.
96. Boecler PR, Riolo ML, Keeling SD, TenHave TR: **Skeletal changes associated with extraoral appliance therapy: an evaluation of 200 consecutively treated cases.** *Angle Orthod* 1989, **59**(4):263-270.
97. Brown P: **A cephalometric evaluation of high-pull molar headgear and face-bow neck strap therapy.** *Am J Orthod* 1978, **74**(6):621-632.
98. LaHaye MB, Buschang PH, Alexander RG, Boley JC: **Orthodontic treatment changes of chin position in Class II Division 1 patients.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006, **130**(6):732-741.
99. Baccetti T FL, McNamara JA: **The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics.** *Semin Orthod* 2005(11):119-129.

