



**HAL**  
open science

# Intérêt d'une rééducation masticatrice précoce dans le cadre d'un protocole chirurgico-orthodontique

Laïla Karouch

► **To cite this version:**

Laïla Karouch. Intérêt d'une rééducation masticatrice précoce dans le cadre d'un protocole chirurgico-orthodontique. Chirurgie. 2016. dumas-01402445

**HAL Id: dumas-01402445**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01402445>**

Submitted on 24 Nov 2016

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

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

Université de Bordeaux  
Collège des Sciences de la Santé  
UFR des Sciences Odontologiques

Année 2016

N° 63

Thèse pour l'obtention du  
DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par Laïla KAROUCH

Née le 28 juin 1991 à AGEN

Le 4 Novembre 2016

**Intérêt d'une rééducation masticatrice précoce dans le cadre  
d'un protocole chirurgico-orthodontique**

Directeur de Thèse

Docteur François de BRONDEAU

Membres du jury

Présidente	Mme M.J. BOILEAU	Professeur des Universités
Directeur	M. F. de BRONDEAU	Maître de Conférences des Universités
Rapporteur	M. E. BARDINET	Maître de Conférences des Universités
Assesseur	M. C. BAZERT	Maître de Conférences des Universités
Invité	M. M. MAKAREMI	Docteur en Chirurgie Dentaire

# UNIVERSITE DE BORDEAUX

**Président**

M. TUNON DE LARA Manuel

**Directeur de Collège des Sciences de la Santé**

M. PELLEGRIN Jean-Luc

## **COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES ODONTOLOGIQUES**

**Directrice**

Mme BERTRAND Caroline

**Directrice Adjointe – Chargée de la Formation initiale**

Mme ORIEZ-PONS Dominique

**Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche**

M. FRICAIN Jean-Christophe

**Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales**

M. LASSERRE Jean-François

### **ENSEIGNANTS DE L'UFR**

#### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES**

Mme	Caroline	BERTRAND	Prothèse dentaire
Mme	Marie-José	BOILEAU	Orthopédie dento-faciale
Mme	Véronique	DUPUIS	Prothèse dentaire
M.	Bruno	ELLA NGUEMA	Sciences anatomiques et physiologiques - Biomatériaux
M.	Jean-Christophe	FRICAIN	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique

#### **MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES**

Mme	Elise	ARRIVÉ	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale
Mme	Cécile	BADET	Sciences biologiques
M.	Etienne	BARDINET	Orthopédie dento-faciale
M.	Michel	BARTALA	Prothèse dentaire
M.	Cédric	BAZERT	Orthopédie dento-faciale
M.	Christophe	BOU	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale
Mme	Sylvie	BRUNET	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique
M.	Sylvain	CATROS	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique
M.	Stéphane	CHAPENOIRE	Sciences anatomiques et physiologiques
M.	Jacques	COLAT PARROS	Sciences anatomiques et physiologiques
M,	Jean-Christophe	COUTANT	Sciences anatomiques et physiologiques
M.	François	DARQUE	Orthopédie dento-faciale
M.	François	DE BRONDEAU	Orthopédie dento-faciale
M.	Yves	DELBOS	Odontologie pédiatrique
M.	Raphael	DEVILLARD	Odontologie conservatrice- Endodontie
M.	Emmanuel	D'INCAU	Prothèse dentaire
M.	Bruno	ELLA NGUEMA	Sciences anatomiques et physiologiques
M.	Dominique	GILLET	Odontologie conservatrice – Endodontie
M.	Jean-François	LASSERRE	Prothèse dentaire
M.	Yves	LAUVERJAT	Parodontologie
Mme	Odile	LAVIOLE	Prothèse dentaire
M.	Jean-Marie	MARTEAU	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique

Mme	Javotte	NANCY	Odontologie pédiatrique
M.	Adrien	NAVEAU	Prothèse dentaire
Mme	Dominique	ORIEZ	Odontologie conservatrice – Endodontie
M.	Jean-François	PELI	Odontologie conservatrice – Endodontie
M.	Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale
M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique
M.	Johan	SAMOT	Sciences biologiques
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie
Mme	Noélie	THEBAUD	Sciences biologiques
M.	Eric	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie

### **ASSISTANTS**

Mme	Audrey	AUSSEL	Sciences anatomiques et physiologiques
M.	Wallid	BOUJEMAA AZZI	Odontologie conservatrice – Endodontie
Melle	Camille	BOULÉ-MONTPEZAT	Odontologie pédiatrique
M.	Mathieu	CONTREPOIS	Prothèse dentaire
M	Jean-Baptiste	CULOT	Sciences anatomiques et physiologiques
Mme	Clarisse	DE OLIVEIRA	Orthopédie dento-faciale
M.	Cédric	FALLA	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale
M.	Guillaume	FENOUL	Odontologie conservatrice – Endodontie
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Odontologie conservatrice – Endodontie
Mme	Alice	LE NIR	Sciences anatomiques et physiologiques
Mme	Karine	LEVET	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale
M.	Alexandre	MARILLAS	Odontologie conservatrice – Endodontie
Mme	Marie	MÉDIO	Orthopédie dento-faciale
Mme	Darrène	NGUYEN	Sciences biologiques
M.	Ali	NOUREDDINE	Prothèse dentaire
Mme	Chloé	PELOURDE	Orthopédie dento-faciale
M.	Mathieu	PITZ	Parodontologie
Mme	Charlotte	RAGUENEAU	Prothèse dentaire
M.	Clément	RIVES	Odontologie conservatrice – Endodontie
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire
M.	François	VIGOUROUX	Parodontologie

# Remerciements

## A notre Présidente de thèse

Madame Le Professeur Marie-José BOILEAU

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Orthopédie-Dento-Faciale 56-02

*Je vous remercie de l'honneur que vous me faites de présider ce jury de thèse.*

*Votre accompagnement et votre dévouement depuis le début de l'internat, mais aussi durant les années de deuxième cycle, étaient essentiels dans la découverte de cette belle spécialité.*

*Pour vos qualités humaines, votre gentillesse, votre implication et votre disponibilité lors des vacations cliniques, mais également pour la richesse de vos enseignements, je ne vous remercierai jamais assez.*

*Veillez trouver dans ce travail le témoignage de ma très grande gratitude et de mon profond respect.*

## A notre Directeur de thèse

Monsieur Le Docteur François DE BRONDEAU

Maître de conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Orthopédie-Dento-Faciale 56-02

*Je vous remercie de l'honneur et du plaisir que vous me faites en acceptant de diriger cette thèse. Votre aide et votre accompagnement m'ont été précieux dans l'élaboration de ce travail.*

*Tous mes remerciements pour votre engagement, votre dévouement et la rigueur de votre organisation au niveau universitaire et hospitalier.*

*Votre gentillesse, votre bonne humeur et votre dynamisme forcent notre admiration et savent faire grandir en nous la joie d'exercer ce beau métier.*

*Je vous remercie de l'écoute et de l'intérêt que vous portez aux étudiants et au bon déroulement de notre internat.*

*Veillez trouver dans ces pages le témoignage de ma reconnaissance et de mon profond respect.*

## A notre Rapporteur de thèse

Monsieur le Docteur Etienne BARDINET

Maître de conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Orthopédie-Dento-Faciale 56-02

*Je vous remercie de l'honneur et du plaisir que vous me faites en acceptant de faire partie de ce jury de thèse.*

*La qualité de vos enseignements, vos connaissances et votre savoir-faire ont fait de vous notre modèle dans la pratique orthodontique.*

*Je retiens votre disponibilité, vos conseils précieux et avisés, vos astuces efficaces mais aussi votre bonne humeur.*

*Je vous remercie d'avoir fait de la vacation du vendredi une journée très agréable et riche en apprentissage ; bien que vous soyez extrêmement sollicité par tous les étudiants, votre énergie est constante dans votre encadrement, je vous en suis très reconnaissante.*

*Que cette thèse témoigne de ma profonde considération et de mon profond respect.*

## A notre Assesseur

Monsieur le Docteur Cédric BAZERT

Maître de conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section Orthopédie-Dento-Faciale 56-02

*Je vous remercie de l'honneur et du plaisir que vous me faites en participant à ce jury de thèse.*

*Vos enseignements théoriques et cliniques sont indispensables tout au long de l'internat, et vos conseils précieux, à la hauteur de vos connaissances, nous guident dans la pratique quotidienne.*

*Je vous remercie pour votre gentillesse, votre bienveillance, mais aussi pour la qualité de votre accompagnement clinique.*

*Votre rigueur ainsi que la finesse de vos explications lors de vos vacations cliniques nous poussent à réaliser un travail de perfection.*

*Puisse ce travail être pour vous le témoignage de l'admiration et du mon profond respect que j'ai à votre égard.*

## A notre Invité

Monsieur le Docteur Masrour MAKAREMI

Docteur en Chirurgie Dentaire Spécialiste en Orthopédie-Dento-Faciale

*Vous me faites l'immense joie d'accepter de siéger à ce jury de thèse.*

*Pour avoir si généreusement encadré et suivi de très près la rédaction de cette thèse, je vous remercie vivement.*

*Votre aide et vos connaissances dans le domaine de l'orthodontie mais aussi dans le domaine de la chirurgie orthognathique m'ont été très précieuses dans l'élaboration de ce travail.*

*Votre gentillesse, votre disponibilité et votre engagement ainsi que vos relectures ont constitué pour moi un soutien fort lors de la préparation de ce manuscrit, je vous en suis très reconnaissante.*

*Vos interventions à l'université ainsi que l'accueil dans votre cabinet ont été pour nous riche en enseignements, merci d'avoir su nous transmettre votre passion pour l'orthodontie.*

*Que ce travail témoigne de ma profonde gratitude et de toute l'amitié que je vous porte.*

Au Docteur El Okeily Mohammed,

Chirurgien Maxillo-Facial, Bordeaux

*Je vous remercie de la gentillesse que vous m'avez témoignée en m'ouvrant les portes de votre cabinet, mais aussi pour les connaissances que vous m'avez apportées dans le domaine de la chirurgie, ainsi que votre disponibilité.*

*Nos rencontres ont toujours été sources de motivation, mes sincères remerciements pour votre soutien et pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail.*

*Vos qualités humaines ainsi que vos compétences m'ont beaucoup marqué.*

*Soyez assuré de mon profond respect.*

A Mr Gouzland Thierry,

Kinésithérapeute Maxillo-Facial, Bordeaux

*Je tiens à vous remercier pour la patience avec laquelle vous avez su répondre à mes multiples questions, pour l'accueil chaleureux au sein de votre cabinet de kinésithérapie, mais aussi pour votre disponibilité, votre professionnalisme et l'intérêt que vous avez porté à l'élaboration de cette thèse.*

*Votre aide et votre implication m'ont été précieuses.*

*J'espère à travers ce document vous exprimer tout le plaisir que j'ai eu à découvrir votre profession et ma sincère amitié.*

*Trouvez dans ce travail mon profond respect.*

Au Docteur Zink Katherine,

Département de Biologie de l'Evolution Humaine, Université d'Harvard

*Je vous remercie de votre gentillesse et de votre engagement, malgré la forte distance. Votre implication dans ce travail et dans les projets de recherche, ainsi que vos compétences font de vous une personne admirable.*

*Je vous suis très reconnaissante pour votre patience et votre générosité exemplaires.*

*C'est un honneur pour moi de pouvoir échanger et discuter avec vous pour mes travaux de mémoire, votre aide m'est précieuse.*

*Que cette thèse témoigne de mon admiration et de mon plus profond respect.*

Au Professeur Bouletreau Pierre,

Chirurgien Maxillo-Facial, Lyon

*Je tiens à vous remercier pour votre disponibilité et votre écoute, mais aussi pour vos conseils pertinents qui m'ont beaucoup aidé dans l'élaboration de cette thèse.*

*Votre engagement pour l'enseignement et la formation fait de vous un exemple pour tous.*

*Veillez accepter mes sincères et respectueux remerciements.*

*Puisse ce travail être pour vous le témoignage de mon profond respect et de mon admiration.*

## A l'ensemble du corps enseignant,

*De la sous-section ODF, les Docteurs Darque, De Oliveira, Pelourde, Medio, merci de nous enseigner l'orthodontie avec autant de dévouement.*

*A Mr Marteau, pour votre accompagnement précieux en clinique et votre gentillesse.*

*Au Dr Gros Sandrine, merci pour tout cet investissement, ta sincérité, ta disponibilité et ta gentillesse, ton départ de l'hôpital nous attriste, on se retrouve à l'université !*

*Au Dr Laurentjoye pour sa générosité, sa précieuse collaboration ainsi que sa disponibilité, indispensable au bon déroulement du traitement de nos patients.*

*A toute l'équipe du service de Pellegrin qui fait que les vacances hospitalières se déroulent dans de bonnes conditions et dans une bonne ambiance.*

## Au Dr Trémoulet Nadine, et à Jean Marc

*Généreux et disponibles, vous avez toujours suivi mon parcours et ouvert chaleureusement votre cabinet, et ceci depuis le début de mes études, je vous en suis très reconnaissante. Merci pour tout ce vous m'avez apporté et pour votre patience, mes sincères amitiés !*

## A mes co-internes,

*Merci Laurène d'être là, je ne sais pas comment j'aurais fait sans toi, tu égayes mes journées !*

*A Margaux et ta bonne humeur, c'est vraiment un honneur et un bonheur que tu sois à Bordeaux avec nous !*

*A Gabriela et ta générosité, et à Francesco qui nous a accompagné dans les révisions pour l'internat !*

*A Mickaël pour ton aide et ta capacité à supporter ce monde de filles !*

*Un grand merci aux filles, Cynthia première binôme de choc, Aurélie et toute ta sagesse, Charlotte pour ton écoute et ton soutien, et Valentine pour ton sourire... et pour ton oignon ! On est triste de votre départ ...*

*Aux nouvelles recrues, Mathilde, Sarah, Juliette et Antoine, vous êtes au top !*

*A tous nos chers internes des autres disciplines, Floriane, Rawen, Mathilde, Bastien, Rozenn et tous les autres, merci pour tout, sans vous, on serait noyé dans les discussions d'ortho !*

*Aux anciennes, Laurie, Marion, Anaïs et Mélodie, merci pour votre aide au début de l'internat !*

## A ma famille,

### A mes merveilleux parents,

*Je ne vous remercierai jamais assez pour votre soutien depuis toujours. Les mots ne sauraient suffire à exprimer l'amour et la fierté que je vous porte.*

*A mon cher père, ton soutien et ta motivation ont été ma force, tu m'as appris à être ambitieuse. Ton engagement et ton dévouement dans mes études ont été sans limite.*

*A ma formidable mère, pour ta douceur et ton soutien moral, fort à mes yeux, tu as toujours su m'encourager et trouver les mots pour me motiver et me reconforter. Ton sourire et ta bonne humeur sont les piliers du bonheur de tes enfants.*

### A mes frères et sœurs,

*A Abdelaziz, merci pour ta présence et tes précieux conseils.*

*A Amina, merci pour ton accompagnement dans mes études, ma motivation est la tienne, ma réussite sera la tienne.*

*A Amel, merci pour ta douceur et ton soutien depuis toujours.*

*A Sabah, comment te remercier pour ton travail de psychologue personnelle depuis ma naissance, et pour les conversations téléphoniques tardives ! Merci de m'avoir épaulé durant toutes ces années, ton aide n'est pas mesurable.*

*A Abdelwahed, merci d'avoir toujours été là pour moi, « on a bien travaillé ! ».*

*A mes Belles Sœurs, Touria et Léa, A mes beaux-frères, Ahmed, Saïd, Rachid, merci de tout ce que vous avez pu faire pour moi.*

### A tous mes neveux et nièces,

*Omnya, Moncef, Nawel, Yasmine, Mehdi, Sarah, Omar, Aboubakr, Mohammed, Imène, Bilal, Hajar, Aya, vous mettez toujours l'ambiance, je vous aime tous !*

*A Loulay! le petit chouchou de la bande, un jour je te kidnaperai !*

*A Ali ou encore le bombeur de torse, merci de me faire un sourire quand tu le veux bien !*

### A ma belle-famille,

*Je vous remercie pour votre gentillesse et votre soutien.*

### A tout le reste de la famille,

*Je vous remercie tous pour votre bonne humeur et votre soutien, à tous mes oncles et tantes, cousins et cousines, je remercie aussi toute ma famille du Maroc, tout particulièrement à Tatie Lkamla et ses enfants, merci à Mohamed et Zouhair pour vos accueils toujours si chaleureux et vos encouragements constants.*

### A la Famille Dich,

*Merci pour toute votre gentillesse et votre soutien, un grand merci à Nadia, Hakima et Aicha, avec qui j'ai grandi, vous êtes comme mes sœurs !*

### Aux filles,

*A Sabrine, merci pour toutes ces années d'étude passées en ta compagnie, qu'est ce qu'on a pu rigoler !*

*A Leila, ma jumelle, ta présence a toujours été indispensable.*

*A Sabrina, depuis le coup de foudre, plus rien ne peut nous séparer, je remercie également tes parents et ta famille pour leur accueil et leur gentillesse !*

*A Karima, ma belle sensible de la secte, qu'est ce qu'on ferait sans toi!*

*A toutes mes copines, Asmae ma soeurette, Samia ma fidèle compagne, Bibi mon amie depuis la naissance, Tami, Syam, Sofia ma chère cousine, Faizou ma cupido, Leila, Ilham, Hajar, Nassiba, Latifa, Myriam, Saida, Hames, Fedoua, Safa, Assia, Safae, Lilou, Sarah, et toutes les autres,*

*Je vous aime toutes !*

### A Yassir,

*Merci pour ton soutien infailible, merci de m'accompagner au quotidien comme tu le fais.*

**Intérêt d'une rééducation masticatrice précoce  
dans le cadre d'un protocole chirurgico-  
orthodontique**

# Table des matières

<b>Liste des abréviations.....</b>	<b>14</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>15</b>
<b>1. La fonction masticatrice .....</b>	<b>19</b>
<b>1.1 Particularités de l'appareil masticateur : anatomie et physiologie.....</b>	<b>19</b>
1.1.1 Les muscles masticateurs.....	19
1.1.2 L'articulation temporo-mandibulaire (ATM).....	25
<b>1.2 La physiologie masticatrice .....</b>	<b>27</b>
1.2.1 La mastication .....	27
1.2.2 Evaluation de l'efficacité masticatoire .....	30
1.2.3 Les forces occlusales.....	30
1.2.4 Le système de régulation neuromusculaire .....	31
<b>1.3 Evolution humaine : dysmorphoses et diminution de l'activité masticatoire.....</b>	<b>32</b>
1.3.1 Evolution humaine : augmentation des dysmorphoses .....	32
1.3.2 Lien existant entre dysmorphoses et activité masticatrice .....	34
<b>2. La chirurgie orthognathique et ses conséquences sur le système manducateur .....</b>	<b>35</b>
<b>2.1 La chirurgie orthognathique .....</b>	<b>35</b>
2.1.1 Indications.....	35
2.1.2 Calendrier thérapeutique .....	36
2.1.3 Les gestes chirurgicaux complémentaires : les désinsertions musculaires .....	39
<b>2.2 L'ostéosynthèse et le blocage intermaxillaire .....</b>	<b>41</b>
2.2.1 La cicatrisation osseuse et l'ostéosynthèse .....	41
2.2.2 Le blocage maxillo-mandibulaire .....	48
<b>2.3 Les conséquences du déplacement des bases osseuses sur le système masticateur .....</b>	<b>49</b>
2.3.1 Conséquences musculaires d'une chirurgie orthognathique.....	49
2.3.2 Conséquences sur l'ATM et le condyle.....	66
2.3.3 Conséquences sur la mobilité mandibulaire .....	75
2.3.4 Synthèse sur les conséquences musculaires et articulaires de la chirurgie.....	78
<b>3. La réhabilitation masticatrice, musculaire et articulaire post-chirurgicale : bilan et perspectives .....</b>	<b>81</b>
<b>3.1 La rééducation oro-maxillo-faciale dans les protocoles chirurgico-orthodontiques.....</b>	<b>81</b>
3.1.1 Historique.....	81
3.1.2 Les séquences kinésithérapiques et suivi.....	81
3.1.3 Récidives et rééducation .....	87
<b>3.2 Apport des exercices précoces de physiothérapie après chirurgie orthognathique .....</b>	<b>88</b>
<b>3.3 Nouvelles perspectives : Apport des contraintes masticatrices.....</b>	<b>92</b>
3.3.1 Efficacité des exercices de mastication en ODF .....	92
3.3.2 Les contraintes masticatrices après chirurgie orthognathique.....	94
<b>Conclusion.....</b>	<b>93</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>94</b>
<b>Index des figures.....</b>	<b>105</b>
<b>Index des tableaux.....</b>	<b>106</b>

## Liste des abréviations

Abréviations	Noms complets
ATM	Articulations Temporo-Mandibulaires
BIM	Blocage Intermaxillaire
BMM	Blocage maxillo-mandibulaire
CO	Chirurgie Orthognathique
DAM	Dysfonctionnement de l'Appareil Manducateur
EMG	Electromyographie
FO	Force Occlusale
FIM	Fixations Inter-Maxillaires
IRM	Imagerie par Résonance Magnétique
M	Masséter
NAI	Nerf Alvéolaire Inférieur
NM	Neuro-musculaire
N	Newtons
ODF	Orthopédie Dento-Faciale
OIM	Occlusion d'Intercuspidie Maximale
OSBM	Ostéotomie Sagittale des Branches Montantes
OVBM	Ostéotomie Verticale des Branches Montantes
PM	Ptérygoïdien Médial
PL	Ptérygoïdien Latéral
RC	Résorption Condylieune
SAHOS	Syndrome d'Apnée et Hypopnée Obstructive du Sommeil
T	Temporal

## **Introduction**

Au fil des années, les progrès dans le domaine de l'orthodontie et de la chirurgie orthognathique ont fait des traitements orthodontico-chirurgicaux des moyens efficaces pour corriger les dysmorphoses maxillo-faciales de l'adulte.

Les objectifs d'un traitement orthodontico-chirurgical sont d'équilibrer l'esthétique faciale, d'améliorer la fonction masticatrice et l'occlusion, et permettre une stabilité du traitement à long terme.

La chirurgie orthognathique modifie les relations du maxillaire et de la mandibule dans les trois dimensions de l'espace et ainsi modifie le contexte musculaire et articulaire maxillo-facial.

La chirurgie orthognathique peut donc avoir un impact sur les tissus environnants, peut rompre les mécanismes d'adaptation musculaire et modifier la position du condyle dans la fosse mandibulaire, ce qui limite les mouvements mandibulaires et ainsi la mastication ; ceci peut donc altérer la qualité de vie du patient s'il n'y a pas de prise en charge fonctionnelle.

Après avoir rappelé les particularités de la physiologie masticatrice, nous étudierons les conséquences de la chirurgie orthognathique sur l'appareil manducateur, puis nous traiterons de l'importance de la réhabilitation myo-fonctionnelle dans les protocoles orthodontico-chirurgicaux, en évoquant les nouvelles perspectives de rééducation de la fonction masticatrice.

# 1. La fonction masticatrice

## 1.1 Particularités de l'appareil masticateur : anatomie et physiologie

D'après Gola en 2005 (1), « l'appareil manducateur se compose d'éléments passifs articulaires (temporo-mandibulaires et occlusaux) et d'un élément actif musculaire, dont la dynamique est coordonnée par le système neurosensoriel ».

Les muscles masticateurs et l'ATM constituent les rouages du mécanisme de mastication.

### 1.1.1 Les muscles masticateurs

La cinétique mandibulaire est très complexe et précise, nécessitant l'action de puissants muscles masticateurs.

L'anatomie de l'appareil masticateur, et particulièrement l'épaisseur ou le volume la musculature sont analysés par tomographie, IRM ou ultrasonographie.

La composition musculaire est décrite à partir de prélèvements de tissus musculaires dont est faite l'analyse histologique.

La fonction des muscles masticateurs est représentée par différentes variables : les forces occlusales, mesurées à partir de capteurs ; elles reflètent la puissance masticatrice de l'individu, ou l'électromyographie, qui analyse précisément l'activité musculaire (rôle des différents faisceaux musculaires, puissance musculaire).

#### 1.1.1.1 Les fibres musculaires : généralités

Un muscle est un ensemble de faisceaux de fibres musculaires ; ces fibres musculaires se distinguent par les processus métaboliques qu'elles utilisent et leur résistance à la fatigue.(2)

Les fibres sont classifiées selon leurs caractéristiques physiologiques (3) :

- les fibres de type I à contraction lente
- les fibres de type II à contraction rapide :
  - Type II a ou fibres à contraction intermédiaire
  - Type II b ou fibres à contraction rapide

Les fibres de type I utilisent le métabolisme oxydatif, ont une vitesse de contraction **lente** (réticulum sarcoplasmique peu développé, donc capacité plus faible à transmettre rapidement l'influx nerveux) et sont très faibles au niveau de la force (faible nombre de myofibrilles).

Elles sont plus **endurantes** (utilisation préférentielle du métabolisme aérobie car beaucoup de capillaires, de mitochondries et myoglobines).

Elles sont très résistantes à la fatigue donc adaptées aux exercices prolongés.

Les fibres de type II b utilisent le métabolisme glycolytique, ont une résistance à la fatigue très faible et une **force de contraction très élevée**.

Elles sont donc **extrêmement rapides et fortes** (gros diamètre et réticulum sarcoplasmique très développé, grand nombre de myofibrilles) et **très fatigables** (car essentiellement glycolytiques).

Les fibres de type II a sont des fibres **intermédiaires** entre les types I et les types II b (métabolisme oxydatif et glycolytique), donc moyennement fatigables, moyennement fortes et moyennement endurantes. Elles présentent une résistance à la fatigue plus faible que type I et une force de contraction plus élevée que le type I.

Fibres	I	II a	II b
Métabolisme	oxydatif	mixte	glycolytique
Résistance à la fatigue	+++	++	+
Force de contraction	+	++	+++
Vitesse de contraction	+	++	+++

Tableau 1 : Caractéristiques des fibres musculaires.

En moyenne, les muscles contiennent 50 % de fibres de type I, 25 % de fibres II a et 25 % de fibres II b. Le pourcentage de fibres varie considérablement en fonction des muscles.

### 1.1.1.2 Les muscles masticateurs

#### 1.1.1.2.1 Topographie musculaire masticatrice

Les muscles masticateurs constituent l'appareil moteur de la mandibule. Tous ces muscles servent à la mastication, sont pairs et symétriques. Il existe deux groupes : les muscles élévateurs et les muscles abaisseurs de la mandibule.(4)

##### 1.1.1.2.1.1 Les muscles élévateurs et diducteurs de la mandibule

Les muscles élévateurs et diducteurs de la mandibule s'insèrent d'une part sur le crâne et d'autre part sur la mandibule. Ils sont en rapport étroit avec l'ATM.

#### ❖ Le masséter

Il s'agit d'un muscle, court, épais, et rectangulaire, qui s'insère sur le bord inférieur de l'arcade zygomatique et se dirige en bas en arrière pour se terminer sur la face latérale du ramus mandibulaire. Il présente trois faisceaux musculaires, profond, intermédiaire et superficiel. Il est innervé par le nerf massétérique issu du tronc antérieur du nerf mandibulaire (Vème nerf crânien).

→Il est **élévateur** de la mandibule, mais aussi **propulseur** en raison de la direction oblique en haut et en avant de son faisceau superficiel. Il a une légère composante de **diduction** par sa direction globale en bas et en dedans.

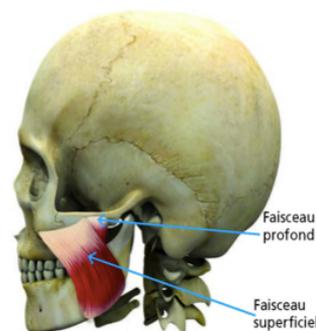


Figure 1 : Muscle masséter (4)

Ainsi le masséter agit dans les trois sens de l'espace en concordance avec les amplitudes de mouvements des ATM. La fine coordination des deux masséters est indispensable pour assurer un chemin de fermeture précis de la mandibule et le contrôle du cycle masticatoire.

## ❖ Le temporal

Il s'agit d'un muscle plat appliqué contre la région temporale du crâne. Il s'insère dans la fosse temporale et sur le fascia temporal et se dirige vers le bas pour se terminer en un puissant tendon qui s'insère sur la partie interne du processus coronoïde et la partie antérieure de la branche montante. Il est innervé par les nerfs temporaux profonds issus du tronc antérieur du nerf mandibulaire.

→ Il est **élévateur** et **rétropulseur** de la mandibule.

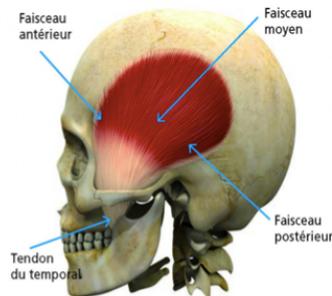


Figure 2 : Muscle temporal (4)

## ❖ Le ptérygoïdien médial

Ce muscle est l'homologue interne du masséter et constitue avec lui la sangle puissante ptérygo-masséterine. L'innervation de ce muscle est assurée par le nerf du ptérygoïdien médial issu du nerf mandibulaire (Vème nerf crânien).

→ Il est **élévateur**, **propulseur** et **diducteur** de la mandibule.



Figure 3 : Ptérygoïdien médial, origine et symétrie avec le masséter (4)

## ❖ Le ptérygoïdien latéral

Ce muscle est innervé par le nerf du ptérygoïdien latéral issu du tronc antérieur du nerf mandibulaire (rameau buccal).

→ Il est **propulseur** lorsque les deux muscles ptérygoïdiens latéraux se contractent ensemble et **diducteur** quand un muscle se contracte seul.

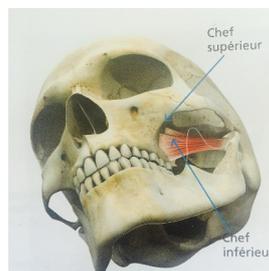


Figure 4 : Ptérygoïdien latéral (4)

Ces muscles attachés à la mandibule ont une importance fondamentale en ODF et leurs caractéristiques sont à prendre en compte dans les diverses thérapeutiques.

En effet, il y a une relation étroite entre leur morphologie, épaisseur et force et la typologie faciale du patient.(5)

Chez les sujets hyperdivergents, ces muscles sont plus fins et participent à une force occlusale plus faible.

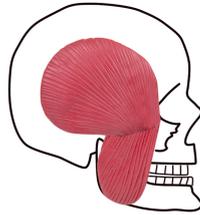


fig. 5

Figure 5 : Type morphologique hypodivergent, la musculature est puissante.  
Illustration L. Gibaudan

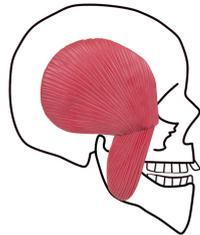


fig. 6

Figure 6 : Type morphologique hyperdivergent, la musculature est fine.  
Illustration L.Gibaudan

#### *1.1.1.2.1.2 Les muscles abaisseurs de la mandibule*

Ces muscles sont tous abaisseurs indirects car ils demandent pour agir que l'os hyoïde soit fixé en position basse par les muscles sous-hyoïdiens. Ces muscles ont tous une insertion mandibulaire et participent à sa mobilisation.

##### **❖ Le digastrique**

Il est composé d'un ventre postérieur, un tendon et un ventre antérieur. Le ventre antérieur est innervé par le nerf mylo-hyoïdien, branche collatérale du nerf mandibulaire. Le ventre postérieur est innervé par une branche collatérale du nerf facial.

→ Il est **abaisseur** de la mandibule et participe à la déglutition (mouvement postéro-inférieur de la langue).

##### **❖ Le mylo-hyoïdien**

Il s'insère sur la face interne de la mandibule, et est tendu entre la symphyse mentonnière en avant jusqu'à l'os hyoïde arrière. Il est innervé par le nerf mylo-hyoïdien.

→ Il est **abaisseur** de la mandibule et élévateur de l'os hyoïde

## ❖ Le génio-hyoïdien

Il est aplati et large. Il va de la face médiale de la branche horizontale à l'os hyoïde. Il est innervé par le nerf hypoglosse (XIIème).

→ Il **abaisse** la mandibule lorsque l'os hyoïde est fixe.

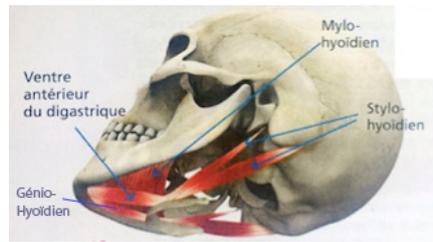


Figure 7 : Muscles du plancher buccal(4)

Muscles éleveurs de la mandibule	Muscles abaisseurs de la mandibule
<ul style="list-style-type: none"> <li>- masséter</li> <li>- temporal</li> <li>- ptérygoïdien médial</li> <li>- ptérygoïdien latéral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- digastrique</li> <li>- mylo-hyoïdien</li> <li>- génio-hyoïdien</li> </ul>

Tableau 2 : Récapitulatif des muscles masticateurs

La langue, non décrite ici, constituée de 17 muscles, participe également à la mastication et aux mouvements mandibulaires. Des mouvements mandibulaires rythmiques ainsi qu'une activité linguale coordonnée permettront une séquence masticatrice efficace.

### 1.1.1.2.2 Particularités des muscles masticateurs

#### 1.1.1.2.2.1 Au niveau de la structure musculaire

De manière générale, ces muscles masticateurs présentent la particularité d'avoir une structure **penniforme**, c'est à dire en forme de plume, à la différence des autres muscles squelettiques qui sont fusiformes.

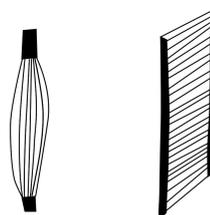


Figure 8 : Structure musculaire fusiforme (gauche) et penniforme (droite)  
Illustration L. Guibaudan

La structure penniforme se caractérise par le fait que les fibres musculaires contractiles ne s'insèrent pas directement sur l'os mais obliquement sur une lame aponévrotique, de part et d'autre de celle-ci, en forme de plume.

Cette particularité explique la **puissance des muscles masticateurs malgré leur faible raccourcissement au cours de la mastication.**

### 1.1.1.2.2.2 Au niveau de la composition fibreuse

#### - Différences avec les autres muscles

Il existe de nombreuses **différences dans la composition** des muscles masticateurs et de celle du tronc ou des membres.(6)

Le masséter exprime trois isoformes de chaînes de myosine supplémentaires : néonatal, embryonnaire et atrial, par rapport aux muscles locomoteurs. Cette particularité d'expression des fibres néonatales et embryonnaires est retrouvée chez l'homme et l'animal, et elle est transitoire jusqu' à la 4ème semaine de vie. La fibre de type atrial est l'apanage des muscles striés d'origine céphalique.

En plus des fibres musculaires habituelles, il existe également au sein de la musculature masticatrice des **fibres hybrides**. (3)(6)(7) Les muscles locomoteurs contiennent aussi des fibres hybrides, mais en quantité beaucoup plus faible que dans le masséter et le temporal. Ces fibres sont présentes tout au long de la vie et leur quantité diminue avec l'âge.

La présence de ses fibres hybrides peut être expliquée par des demandes fonctionnelles spécifiques des muscles masticateurs ; ces fibres hybrides permettent d'élargir le spectre des tâches motrices, et leurs propriétés contractiles se situent entre celles des autres types de fibres pures. Ces fibres hybrides jouent un rôle dans la régénération cellulaire.

Habituellement, dans les muscles squelettiques, le diamètre des fibres de type II est plus important que celui des fibres de type I, tandis que en moyenne, dans le masséter et les autres muscles masticateurs, les fibres de type II sont plus fines.(7)

Une autre différence existe entre les muscles squelettiques et masticateurs, les fibres musculaires masticatrices sont 50% plus petites que celles des autres muscles.(6)

La densité capillaire et la vascularisation sont plus importantes dans le masséter comparé aux muscles des membres, mais cette vascularisation diminue avec l'âge et de façon plus frappante au niveau du masséter.

La force occlusale mesurée à différents âges montre une diminution des valeurs en rapport avec la diminution du nombre de fibres hybrides, du diamètre des fibres rapides et de la vascularisation.(6)

#### - Complexité du masséter, différence de composition entre les trois faisceaux

Le masséter possède un profil globalement lent (riche en fibres de type I majoritaires), mais avec un nombre plus élevé de fibres de type II dans le faisceau superficiel, tandis que le chef profond posséderait plus de fibres de type I.

**Le masséter est alors considéré comme beaucoup plus complexe qu'un muscle locomoteur** et s'attribue la possibilité d'activation plus ou moins importante de certaines régions en fonction du mouvement imprimé à la mandibule.

Par sa structure et sa composition histologique, **le masséter possède une capacité de contraction étagée** et répartie dans son épaisseur pour faire varier précisément la course mandibulaire et se synchroniser avec l'ensemble du reste de la musculature responsable du mouvement (élevateurs et abaisseurs de la mandibule).(7)

Les mouvements mandibulaires sont très fins, dictés par une proprioception occlusale précise, ce qui donne aux muscles masticateurs une spécificité par rapport aux autres muscles du corps, liée à leur structure hétérogène.

- Composition fibreuse du masséter par rapport à la dysmorphose maxillo-faciale

Des travaux ont été réalisés sur la variation de la composition du muscle masséter en fonction de la dysmorphose.

Dans les classes II squelettiques, le pourcentage de fibres hybrides est augmenté, mais celui des fibres de type II est diminué ; c'est l'inverse pour les classes III.(7)

Chez les hypodivergents, le pourcentage de fibres de type II est augmentée, et il est diminué chez les hyperdivergents.(7)

Dans les cas de latéro-mandibulies, il y a plus de fibres de type II, rapides et puissantes du côté de la déviation (là où le masséter est le plus court) par rapport au côté opposé à la déviation.(7)

C'est alors que le phénotype du masséter change en fonction de la dysmorphose et des rapports osseux sagittaux, verticaux et transversaux. Cette adaptation du phénotype est appelée « **plasticité musculaire** ». Si un muscle est peu sollicité pendant plusieurs semaines, les proportions habituelles varient, le taux de fibres lentes augmente. La plasticité musculaire est une caractéristique essentielle des muscles masticateurs, il y aura une adaptation du phénotype en fonction du travail musculaire demandé.

Un muscle altéré par une chirurgie doit reprendre ses fonctions pour permettre une bonne réorganisation de ses fibres permise par sa plasticité.

En définitive, les muscles masticateurs sont puissants, notamment les muscles élévateurs, et possèdent des propriétés adaptatives. C'est l'occlusion dentaire qui protège les structures articulaires en s'opposant à ces puissants muscles.



Figure 9 : L'occlusion s'oppose aux muscles élévateurs et protège les structures articulaires. (4)

### **1.1.2 L'articulation temporo-mandibulaire (ATM)**

L'ATM relie la mandibule au massif facial et réalise l'union d'une partie convexe, le processus condyloire mandibulaire mobile, et d'une partie concave fixe, la fosse mandibulaire de l'os temporal se poursuivant en avant par une partie convexe, le tubercule articulaire du temporal, par l'intermédiaire d'un disque biconcave.

L'ATM est une articulation bi-condyloire à mobilité importante (diarthrose) à disque interposé, elle est considérée comme la plus mobile de toutes les articulations humaines.

La présence de structures cartilagineuses est la conséquence de mouvements précoces résultant de l'effet des muscles du système manducateur : succion, déglutition puis mastication et phonation. Sans leur action, cette articulation ne serait qu'une suture cranio-faciale. La fosse mandibulaire se creuse grâce au phénomène de la mastication intervenant lors de la mise en place sur l'arcade des premières molaires mandibulaires. Cette morphologie se confirme avec la mise en place des dents de 12 ans. (8)

### 1.1.2.1 Les surfaces articulaires

#### 1.1.2.1.1 La surface articulaire osseuse du temporal

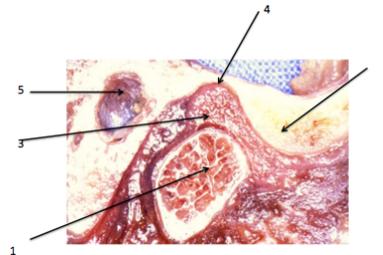
Cette surface est constituée par :

- en avant : le tubercule articulaire du temporal, également appelé « condyle temporal » ou « éminence articulaire »
- en arrière : la fosse mandibulaire, aussi appelée « cavité glénoïde »

#### 1.1.2.1.2 La surface articulaire osseuse de la mandibule : le processus condylien

Aussi appelé « tête mandibulaire » ou « condyle mandibulaire », le processus condylien se situe à l'angle postéro-supérieur de la branche montante mandibulaire.

La tête du condyle est supportée par une partie osseuse rétrécie : le col. (9)



#### Légende

1. Tête du condyle
2. Tubercule articulaire du temporal
3. Disque articulaire
4. Fosse mandibulaire du temporal
5. Méat acoustique externe

Figure 10 : Coupe sagittale anatomique de l'Articulation Temporo-Mandibulaire  
Courtoisie du Dr Marteau (Dissection)

#### 1.1.2.1.3 Le cartilage

Il s'agit d'un tissu fibreux collagénique dense, et non un cartilage hyalin. Il n'est ni innervé ni vascularisé.

### 1.1.2.2 Le disque articulaire

Fibreux et en forme de disque biconcave, il assure la coaptation des deux surfaces articulaires qui en conditionnent la forme et la taille. Son grand axe est orienté en dedans et en arrière. Il présente un bourrelet postérieur épais et un bourrelet antérieur plus mince.

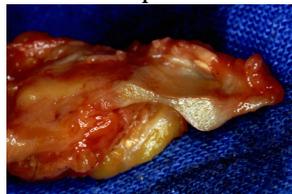


Figure 11 : Disque articulaire (pièce anatomique après dissection, Courtoisie du Dr Marteau)

Il permet **d'amortir les chocs et de répartir la charge** entre les pièces articulaires. Il joue un rôle actif dans les mouvements articulaires et est totalement encapsulé ce qui le différencie d'un ménisque articulaire.

## 1.2 La physiologie masticatrice

La mastication met en jeu une cinématique mandibulaire et des contractions musculaires coordonnées par le système nerveux central, par l'intermédiaire des récepteurs sensitifs et des motoneurones innervant ces structures.

L'ATM permet des mouvements mandibulaires dans toutes les directions de l'espace (par rotation et translation). (4)(8)(10)

Les mouvements fondamentaux sont, avec les valeurs moyennes :

- Dans le plan frontal : ouverture/fermeture  
L'amplitude d'ouverture, mesurée entre les deux milieux inter incisifs supérieur et inférieur, varie en moyenne entre 40 et 50 mm (selon le sexe, l'âge, la taille).
- dans le plan sagittal : propulsion (7-9mm) /rétropulsion (2-3mm)
- dans le plan transversal : diduction (9-10mm)

### 1.2.1 La mastication

La mastication consiste à modifier la consistance des aliments placés en bouche afin de les rendre aptes à être déglutis. Il s'agit de la première étape de la nutrition mais aussi de la digestion.(11)

#### 1.2.1.1 Le cycle masticateur

La mastication ne consiste pas uniquement en des mouvements verticaux d'élévation et d'abaissement de la mandibule, qui ne seraient pas efficaces pour traiter le bol alimentaire. Des cycles masticateurs vont se développer et se structurer pour assurer l'écrasement des aliments ; ce sont des mouvements répétitifs qui partent de l'OIM et reviennent à l'OIM. Chaque fois que le milieu inter-incisif mandibulaire revient à sa position initiale, la mandibule a effectué un cycle masticateur.

Les cycles masticateurs se développent à partir d'une position de repos, la mandibule s'abaissant d'abord du côté opposé, puis la mandibule va être déportée largement vers le côté masticateur pour s'élever vers sa position d'intercuspidation en réalisant, à la fin du cycle, un mouvement de **glissement centripète** des dents inférieures, créant ainsi une large zone d'écrasement par frottement.

C'est là que se trouve la partie active d'un cycle masticateur : non pas des points de contact qui résulteraient d'un mouvement strictement vertical, mais au contraire de larges surfaces de friction résultant d'un mouvement de déboîtement latéral.(12)

Physiologiquement, elle doit être **unilatérale alternée**(13), où le bol alimentaire est écrasé d'un seul côté, mais avec une alternance plus ou moins régulière selon les cycles.

Il existe aussi :

- la mastication unilatérale stricte, le côté travaillant est presque toujours le même. D'après Gola, une mastication unilatérale prédominante est dysfonctionnelle. (1)
- La mastication bilatérale, où l'aliment est mastiqué simultanément des deux côtés.

**Chez les patients opérés, il sera nécessaire de mettre en place une mastication unilatérale alternée ; l'apprentissage de cette mastication équilibrée est fondamental, afin d'éviter les récurrences (par exemple dans les cas d'asymétries mandibulaires). L'orthodontiste aura un rôle actif dans l'établissement et la surveillance de cette fonction.**

D'un point de vue fonctionnel, l'organisation des arcades doit permettre la trituration du bol alimentaire.

La mastication est divisée en plusieurs étapes (11) :

- phase préparatoire : la nourriture est rassemblée, préparée et déplacée par la langue vers l'arrière et les surfaces occlusales molaires
- phase de contacts entre les dents et le bol alimentaire
- phase d'écrasement du bol alimentaire (élévation mandibulaire)
- phase de broiement du bol alimentaire

Sur le plan dentaire, elle se décompose en plusieurs phases :

- la préhension et l'incision (dents antérieures)
- la dilacération (canines et prémolaires)
- la trituration (dents postérieures), elle-même divisée en phase préparatoire sans contact dento-dentaire et une phase dento-dentaire (écrasement).

Lauret JF et Le Gall M. ont réhabilité les connaissances sur le cycle masticatoire avec une « approche centripète de l'occlusion » (14), en déterminant une terminologie clinique avec :

- entrées dentaires de cycle
- tables d'entrées de cycles constituées par les versants internes des cuspidés vestibulaires des prémolaires et molaires maxillaires
- sorties dentaires de cycle
- tables de sorties de cycle constituées par les versants internes des cuspidés principales.

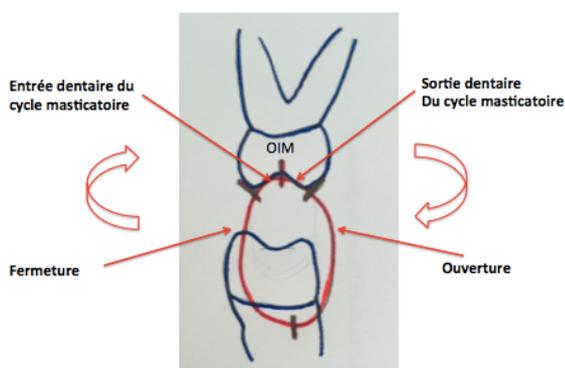


Figure 12 : Cycle masticatoire selon Le Gall et Lauret (14)

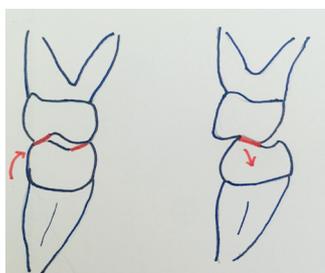


Figure 13 : Phases d'entrée (gauche) et de sortie (droite) dentaires de cycle pour un côté droit (14)

Sur le plan articulaire, deux phases se succèdent : le mouvement d'ouverture et le mouvement de fermeture. Les ATM supportent environ un tiers des forces masticatoires.

Sur le plan musculaire, la mastication s'effectue grâce à l'activité coordonnée des muscles masticateurs mais aussi des muscles faciaux, linguaux et hyoïdiens.

### **1.2.1.2 Activité des muscles masticateurs pendant la mastication**

- les muscles élévateurs

Ils ont une activité faible pendant la phase de préparation, et celle-ci augmente considérablement et de façon rapide à partir du contact dentaire avec l'aliment. (15)

- Le muscle ptérygoïdien médial

Du côté non travaillant, il est le premier élévateur à se contracter. Il est actif dès le début de la fermeture et dirige la mandibule en haut et latéralement vers le côté travaillant.

Son homologue du côté travaillant commence son activité légèrement plus tard, avec un rôle stabilisateur.

- Le temporal et le masséter

Ils se contractent presque simultanément, plus ou moins tôt dans la phase de fermeture.

En fin de fermeture, tous les élévateurs sont actifs et le restent jusqu'à la fin de la phase dentaire du cycle.

- les muscles ptérygoïdiens latéraux

Du côté travaillant, le chef supérieur du ptérygoïdien latéral se contracte pendant la phase de fermeture, ce qui permet de contrôler la position et l'étirement de l'appareil capsulo-méniscal. A la sortie dentaire du cycle, les deux chefs du ptérygoïdien latéral travaillant sont contractés. Il initie l'ouverture suivi par son homologue controlatéral. L'activité du ptérygoïdien latéral inférieur s'arrête à la fin de la phase d'ouverture.

- les muscles sus-hyoïdiens abaisseurs de la mandibule

Ils se contractent dans les phases préparatoires du bol alimentaire où l'ouverture est le moteur du déplacement.

### **1.2.1.3 Le guidage de la mastication**

Lors des mouvements masticatoires, le retour vers l'OIM est guidé par les contacts dentaires.(4)

Ces zones de frottement guident les mouvements mandibulaires durant la mastication, agissant par :

- voie mécanique : les dents limitent le mouvement
- voie proprioceptive : la proprioception et le feed-back limitent le mouvement à une enveloppe fonctionnelle, sans aller jusqu'au contact occlusal, évitant les traumatismes occlusaux.

La fonction de guidage dentaire est optimisée lorsque les contacts sont à prédominance antérieure. L'évitement des contacts postérieurs réduit les contraintes occlusales par l'éloignement du point d'application des forces musculaires et facilite la coordination neuromusculaire : la proprioception est majorée.

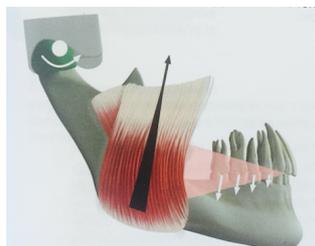


Figure 14 : L'éloignement du point d'application des forces diminue les contraintes occlusales. (4)

Ce pilotage proprioceptif, fin et très réactif, est permis par le recouvrement des dents mandibulaires par les dents antéro-maxillaires : cette fonction est donc déficiente chez les sujets en classe II, en classe III occlusale, ou hyperdivergents avec béance antérieure.

**Ainsi chez les patients adultes opérés pour une dysmorphose maxillo-faciale , il sera nécessaire de rétablir une fonction occlusale et une dynamique mandibulaire équilibrées pour créer un nouveau schéma proprioceptif, avec notamment un guide antérieur efficace qu'ils ne connaissaient pas auparavant.**

### 1.2.2 Evaluation de l'efficacité masticatoire

L'évaluation de l'efficacité masticatoire est réalisée à l'aide de tests consistants à faire mastiquer un bol alimentaire de référence (par exemple des rondelles de carottes crues, des grains de café, des cacahuètes), pendant un nombre de cycles spécifié, puis à le faire recracher pour le recueillir, le nettoyer et le filtrer à travers des tamis d'intermaille progressivement décroissants. Plus les particules passent vers les tamis inférieurs, plus l'efficacité masticatoire est élevée (méthode granulométrique). (11) (15)

Une autre méthode consiste à compter le nombre de cycles nécessaires pour réduire l'aliment en particules de taille donnée.

L'efficacité masticatoire est déterminée par les dents établissant des contacts fonctionnels ; elle est liée au nombre et à la surface des contacts occlusaux en OIM mais ne dépend pas du nombre de dents présentes car celles ci peuvent être en malposition et sans contacts avec les dents antagonistes.

**Théoriquement, le traitement orthodontique et chirurgical, qui a corrigé les malpositions dentaires et optimisé l'occlusion (meilleur rapport entre les bases osseuses et les dents), permettra aux patients d'acquérir une meilleure efficacité masticatoire.**

### 1.2.3 Les forces occlusales

Les muscles masticateurs ont la capacité de développer des forces considérables. La force occlusale est considérée dans la littérature comme un bon indicateur de la performance masticatrice.

Deux types de données sont disponibles (11):

- des enregistrements statiques :

Le sujet serre entre ses dents aussi fort qu'il peut un dynamomètre (capteur de force). Les valeurs varient de 100 Newtons (N) au niveau des incisives jusqu'à 500 N au niveau des molaires.

Ces différences de valeurs reflètent aussi bien les différences de tailles et de formes des dents que leur situation sur l'arcade, les molaires étant placées plus près des insertions des muscles élévateurs et des régions condyliennes où se dissipent les forces masticatoires. Les valeurs sont supérieures chez les sujets masculins, et les performances augmentent avec un entraînement masticatoire. Les sujets esquimaux qui ont l'habitude de mastiquer des aliments durs, développent d'emblée des forces de l'ordre de 1500 N (sujets masculins).

- les forces réelles de mastication

Les valeurs sont obtenues au moyen de jauges de contraintes intégrées dans un inlay ou une couronne. Les forces varient de 50 à 150 N et sont développées durant la phase de broiement et ont tendance à augmenter au cours des cycles successifs. Elles varient selon l'individu et le type d'aliments mastiqués.

Les forces occlusales varient en fonction du schéma facial. Les sujets hyper et hypodivergents ne présentent pas la même physiologie masticatrice et n'engendrent pas les mêmes forces lors de la mastication, largement supérieures chez le sujet hypodivergent.

En effet, Bake et al (16) ont prouvé qu'il existe une corrélation positive entre les forces occlusales et l'anatomie du masséter, et il a été montré que les sujets aux forces occlusales puissantes ont une face antérieure courte et un angle goniale diminué.

Les sujets « long face » présentent des forces occlusales diminuées et une activité électromyographique réduite au niveau du temporal et du masséter.(17)

#### 1.2.4 Le système de régulation neuromusculaire

La mandibule est sous la dépendance d'un contrôle proprioceptif fin ; les informations spatiales permettent de mobiliser l'arcade mandibulaire et ainsi ce système permet d'assurer la conservation des structures par limitation des sollicitations mécaniques. (18)

L'interaction entre les ATM, les muscles et les dents est assurée par le système nerveux central, qui collecte des informations périphériques (afférences) et ajuste en retour la réponse efférente motrice musculaire.(4)

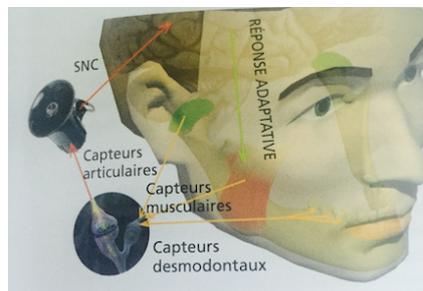


Figure 15 : Système neuro-musculaire (4)

A partir de l'extéroception muqueuse et de la proprioception desmodontale il y a mise en place de différents types de réflexes :

- Myotatique, qui règle la tonicité, la longueur des muscles, la position de repos de la mandibule.
- Nociceptifs ou d'évitement d'un obstacle au cours des mouvements mandibulaires.

L'équilibre de l'appareil manducateur (dynamique mandibulaire et équilibre occlusal) est contrôlé par un mécanisme de rétro-contrôle: les capteurs ou récepteurs périphériques sensitifs collectent les informations sur l'appareil manducateur (position de la mandibule et des arcades dentaires) et les transmettent au système nerveux central. Ce dernier intègre et interprète ces informations et déclenche une réponse (ou non réponse) adaptée qu'il envoie aux effecteurs moteurs (muscles, articulations), permettant la coordination du jeu musculaire et des mouvements mandibulaires, en respectant le principe biologique de fonction et de protection. La sensibilité est donc un système de protection du système manducateur.

**Par rapport aux autres muscles de l'organisme, les muscles masticateurs sont proportionnellement très riches en capteurs**, ils donnent ainsi l'information précise qui permet l'exécution de mouvements complexes que sont les mouvements de l'appareil manducateur.

Le système de capteurs le plus performant au niveau de cet appareil est situé au niveau des arcades dentaires. Ce sont **les capteurs desmodontaux**, nombreux, précis, et répartis au niveau de toutes les dents. C'est ainsi que l'occlusion est fondamentale dans la régulation des mouvements masticatoires.

## **1.3 Evolution humaine : dysmorphoses et diminution de l'activité masticatoire**

### **1.3.1 Evolution humaine : augmentation des dysmorphoses**

#### **1.3.1.1 Croissance et mastication**

L'appareil masticateur constitue une région de la face qui va connaître une croissance considérable depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte.

Au cours des années, de multiples perturbations, d'origine génétique ou acquise, peuvent interférer et provoquer l'apparition de dysharmonies et de dysmorphoses dento-maxillo-faciales. (12)

Parmi ces influences acquises de l'environnement, le contexte fonctionnel de la cavité buccale va jouer un très grand rôle. Si les différentes fonctions (respiration, mastication, déglutition, phonation, contexte postural) s'installent et se réalisent de manière correcte et efficace, elles **produiront des stimulations de croissance** qui, chez l'enfant, permettront le développement normal de l'appareil masticateur.

Parfois, ces fonctions sont anormales ou perturbées, comme par exemple :

- l'absence de fonction «préhension / morsure» entre les incisives
- l'absence d'une mastication unilatérale alternée efficace.

**Les conduites alimentaires vont donc jouer un rôle essentiel car elles constituent les premières fonctions dévolues à l'appareil masticateur.**

Les sollicitations musculaires importantes développées au cours des cycles masticateurs vont jouer un rôle de stimulation au niveau des sites de croissance que sont la suture médio-palatine et le périoste.

**Ceci aboutit à l'augmentation de la croissance transversale des mâchoires et donc à une expansion transversale des arcades dentaires, et ainsi, par le déverrouillage occlusal, une bonne croissance mandibulaire par facilitation des mouvements de propulsion mandibulaire.**

Des muscles masticateurs efficaces et puissants permettent d'acquérir une morphologie cranio-faciale normale.(19)

#### **1.3.1.2 Modifications des comportements alimentaires et dysmorphoses**

Le régime alimentaire a un effet sur la croissance faciale. Depuis la révolution industrielle, la texture des aliments proposés ainsi que les changements d'habitude et de comportement n'encouragent pas les jeunes enfants à réaliser un véritable exercice de mastication (12). Avant le néolithique et la naissance de l'agriculture, les hommes étaient des chasseurs, cueilleurs et mangeaient des aliments durs et fibreux ; ceci peut expliquer la faible prévalence des malocclusions dans les recherches archéologiques. (20)

La fonction de préhension et morsure, chez l'homme moderne, est une fonction qui a été progressivement abandonnée en raison de notre mode de vie et de notre type d'alimentation. Les aliments sont préparés, détaillés en petites particules, plus faciles à digérer, et nécessitent très peu d'activité masticatrice comparé à la capacité réelle du système masticateur.

À nouveau, les processus de croissance ne pourront pas s'exprimer complètement si les comportements fonctionnels naturels ne sont pas suffisamment développés.

Les caractéristiques rhéologiques, la texture et la dureté des aliments vont conditionner la plupart des paramètres caractérisant des cycles masticateurs. (21)

En présence d'aliments mous, attendris ou semi-liquides, il ne sera pas nécessaire de développer des cycles masticateurs très larges ni une très grande quantité de travail musculaire. En effet, ces aliments ne nécessitent pas de longues triturations ni le développement de larges mouvements latéraux. Des cycles masticateurs plutôt étroits et de faible amplitude suffisent habituellement. Une alimentation molle entraînera peu de stimulations de croissance et les mâchoires aussi bien que les arcades dentaires resteront plus étroites.

Au contraire, en présence d'aliments durs, résistants, coriaces, non attendris, non ramollis, la mastication devra s'adapter en décrivant des cycles plus larges et en développant un travail musculaire plus important, stimulant la croissance.

Les performances masticatrices seront donc largement dépendantes de la qualité des aliments.

Anderson et al (22) ont étudié l'effet de la consistance du bol alimentaire sur le cycle masticatoire, en voici les conclusions :

- La mastication d'aliments durs n'entraîne pas une augmentation de la durée du cycle masticatoire.
- Elle entraîne une extension de l'amplitude des mouvements masticateurs, à l'exception de la phase occlusale.
- Une augmentation de la vitesse des mouvements mandibulaires est constatée à toutes les phases, sauf celle de fermeture occlusale.

Les travaux de Lieberman ont également été fait autour de ce sujet. L'hypothèse de départ était que les changements dans les préparations alimentaires au cours de ces derniers milliers d'années ont contribué à un développement facial plus faible, en réponse à des contraintes masticatrices diminuées.

Une étude expérimentale a été réalisée sur des mammifères rétrognathes (Hyrax ou Damans), qui comparait la croissance mandibulaire entre deux groupes, l'un mastiquant des aliments durs et l'autre des aliments mous. (23)

Les résultats ont montré que le groupe qui mangeait des aliments mous a eu une croissance mandibulaire significativement inférieure par rapport au groupe ayant mastiqué des éléments à consistance dure.

L'interprétation de ces données serait de considérer qu'une musculature masticatrice réduite, en lien avec la typologie faciale ou le mode alimentaire, conduit à l'apparition de dysmorphoses cranio-faciales.

Une expérience de Zink et Lieberman (24), réalisée sur des hommes, confirme le lien existant entre le mode alimentaire et la force musculaire développée. Les techniques de préparation alimentaire (aliments coupés, écrasés ou rôtis) nécessitent moins de force musculaire masticatrice que si les aliments n'étaient pas préparés.

La préparation alimentaire et la consommation de viande (qui apporte plus d'énergie en mastiquant moins) semblent être en lien, dans l'évolution humaine, avec la diminution du volume facial, de la taille des dents et de l'appareil masticateur, permettant une architecture faciale adaptée aux autres fonctions (par exemple la phonation et le langage) mais aussi une modification de volume et de forme du cerveau.

**Ainsi, depuis la révolution industrielle, il existe une augmentation des dysmorphoses dento-faciales. Contrairement à l'alimentation dure d'autrefois, de nos jours, l'alimentation industrielle est très largement composée d'éléments à consistance molle. En conséquence, les hommes actuels mâchent moins et les contraintes masticatrices mises en jeu sont bien moindres, sollicitant moins la croissance et aboutissant à de plus fréquentes dysmorphoses.**

*« N'oublions jamais que la mastication est la gymnastique naturelle de l'appareil masticateur ! Nos lointains ancêtres ne le savaient peut-être pas mais ils la pratiquaient.*

*Aujourd'hui, nous savons cela, mais il nous reste à le redécouvrir. » Michel Limme (12)*

### **1.3.2 Lien existant entre dysmorphoses et activité masticatrice**

L'importance des contacts occlusaux et des afférences proprioceptives dans la mastication explique une modification du cycle masticatoire et de la coordination musculaire en présence de dysmorphies maxillo-faciales.

Les malocclusions, surtout lorsqu'elles sont associées à un faible nombre de couples de contacts occlusaux, entraînent des perturbations au niveau du cycle masticatoire.

Dans les anomalies sagittales (Classes II,1 et III squelettiques), l'absence de guidage incisif efficace perturbe l'incision et la préhension ; la supraclusion incisive entraîne une mastication verticale bilatérale ou unilatérale dominante en raison des verrous occlusaux. Les sujets présentant une insuffisance transversale maxillaire développeront une mastication unilatérale stricte. Les contacts cuspide-cuspide peuvent créer une instabilité et une incoordination musculaire responsables d'une hyperactivité musculaire et des craquements articulaires. (15)

**Ainsi, les dysmorphoses à l'âge adulte, sont accompagnées d'une physiologie masticatrice perturbée.**

**La correction orthodontique ou orthodontico-chirurgicale de ces anomalies dento-squelettiques aura pour but de rétablir une fonction masticatrice efficace et une activité musculaire équilibrée.**

**Au delà de la correction du cadre dentaire et squelettique, il serait intéressant d'étudier l'importance de la gestion du cadre fonctionnel dans ce type de traitement. L'intégration d'une proprioception nouvelle chez le patient devra être accompagnée d'une réhabilitation musculaire et articulaire appropriée pour aboutir à une physiologie manducatrice optimale.**

Après avoir vu les rappels concernant la physiologie masticatrice, nous allons aborder les conséquences de la chirurgie orthognathique sur le plan musculaire, articulaire, et masticatoire.

## 2. La chirurgie orthognathique et ses conséquences sur le système manducateur

### 2.1 La chirurgie orthognathique

#### 2.1.1 Indications

Au fil des années, les progrès dans le domaine de l'orthodontie et de la chirurgie orthognathique ont fait des traitements orthodontico-chirurgicaux des moyens efficaces pour corriger les dysmorphoses maxillo-faciales de l'adulte.

Lorsque les anomalies squelettiques, dento-alvéolaires, fonctionnelles et esthétiques ne peuvent être corrigées par un traitement orthodontique pur, l'indication chirurgicale est posée.

Les indications sont d'ordre (25)(26) :

#### -morphologiques :

- Les décalages squelettiques sagittaux extrêmes : relation de classe II, III



Figure 16: Décalage de classe II squelettique



Figure 17 : Décalage de classe III squelettique

- Les problèmes squelettiques verticaux : excès vertical antérieur (« open bite »), béance antérieure, insuffisance verticale antérieure (« deep bite »)



Figure 18: Téléradiographies de profil d'un patient ayant un excès vertical antérieur (gauche) et d'un patient présentant une insuffisance verticale antérieure (droite)

- Les décalages squelettiques transversaux déficit ou excès transversal des bases osseuses
- Les grands syndromes.

-**fonctionnelles** : perturbations des fonctions orales, de la mastication, de la phonation problèmes respiratoires (SAHOS), DAM, problème de déglutition

-**esthétiques** : les grands préjudices esthétiques ; la société actuelle motive facilement le patient à améliorer son apparence physique.

**Il y aura donc après le traitement une modification de l'architecture maxillo-faciale à laquelle la musculature doit s'adapter.**

### 2.1.2 Calendrier thérapeutique

Un traitement combiné orthodontique et chirurgical fait appel à une équipe multidisciplinaire.

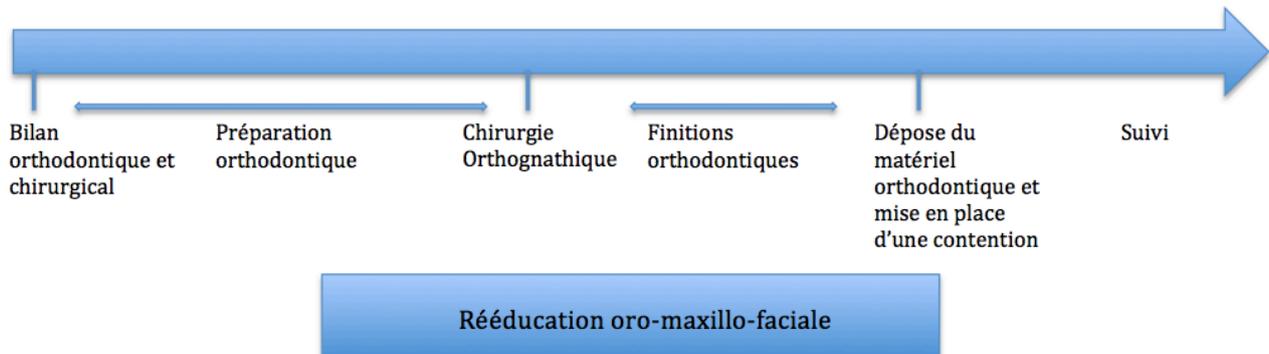


Figure 19 : Calendrier thérapeutique global (schéma personnel)

L'approche actuelle la plus courante est le traitement en **trois étapes**.

#### 2.1.2.1 La préparation orthodontique

L'objectif de cette préparation est d'aligner, de niveler, et de coordonner les arcades en vue d'obtenir une classe I molaire et canine au moment de la chirurgie.

Pour cela, il est nécessaire de supprimer les compensations dento-alvéolaires existantes en fonction de l'anomalie présente.(27)(Jacobs et Co, 1983)

Le rétablissement d'une position idéale des dents sur leurs bases osseuses aggrave donc temporairement la malocclusion, son retentissement esthétique et fonctionnel. Ainsi, en fin de préparation, le décalage dentaire doit correspondre au décalage squelettique, les arcades doivent être coordonnées et elles doivent permettre d'obtenir une occlusion post-chirurgicale stable en classe I.

Des **arcs chirurgicaux passifs** (en acier de pleine taille ou proche, par exemple en 20.25), sur lesquels des pitons chirurgicaux sont clippés ou soudés, entre chaque dent, du côté gingival, sont mis en place avant la chirurgie.



Figure 20 : Pose d'arcs chirurgicaux (photographie personnelle)

### 2.1.2.2 La chirurgie

Les ostéotomies peuvent être maxillaires, mandibulaires, bimaxillaires, symétriques ou non, en fonction de l'anomalie squelettique présente.(28)

#### - Les ostéotomies maxillaires

L'ostéotomie de référence au niveau du maxillaire supérieur est l'ostéotomie maxillaire totale supra-apicale de Lefort I.

Le trait d'ostéotomie est parallèle au plan de Francfort, 4 mm au minimum au dessus des apex. La voie d'abord est endobuccale, vestibulaire.

L'ostéotomie de Lefort 1 permet un déplacement de l'arcade maxillaire dans les trois sens de l'espace :

- avancée (jusqu'à environ 8 mm), recul (limité par les éléments vasculo-nerveux de la fosse ptérygo-maxillaire et l'apophyse ptérygoïde)
- élévation (impaction) ou abaissement (épaction), parallèle ou différentielle avec un effet secondaire d'auto-rotation mandibulaire (le centre de rotation étant le condyle)
- dérotation (avancée ou recul asymétrique)
- expansion ou contraction par disjonction chirurgicale.

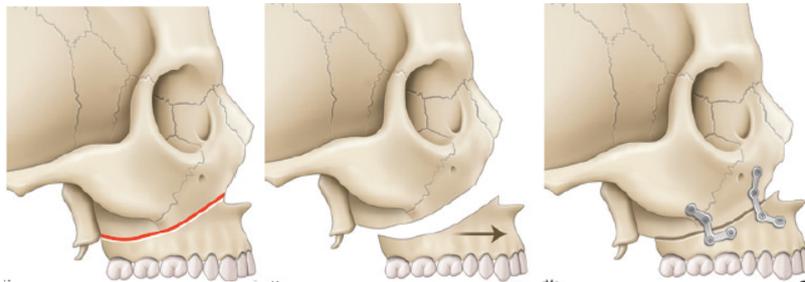


Figure 21: Ostéotomie maxillaire Lefort 1, d'après EMC(28)

#### - Les ostéotomies mandibulaires

Les types d'interventions les plus pratiquées à la mandibule sont les ostéotomies sagittales et verticales des branches montantes.

##### ▪ Les ostéotomies sagittales des branches montantes d'Obwegeser-Dalpont (OSBM)

Elle a été décrite par OBWEGESER en 1955 et modifiée par DALPONT en 1959.

C'est sans doute la plus utilisée des ostéotomies totales mandibulaires car elle permet la correction des pro ou rétrognathismes avec ou sans open-bite.

Cette mobilisation permet de déplacer la mandibule dans les trois sens de l'espace : avancée ou recul, élévation ou abaissement, dérotation (avancée d'un côté et recul de l'autre).

Elle permet le traitement de classes III par recul mandibulaire, de classes II par avancée mandibulaire et d'hypercondylies ou latéromandibulies par dérotation.

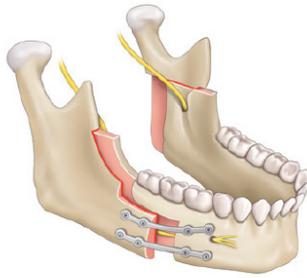


Figure 22 : Ostéotomie sagittale des branches montantes, d'après EMC(28)

- Les ostéotomies verticales des branches montantes (OVBM)

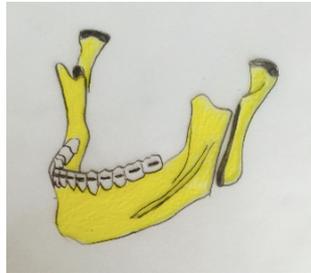


Figure 23 : Ostéotomie verticale des branches montantes

Le trait d'ostéotomie se situe entre l'échancrure sigmoïde et la région angulaire de la mandibule, en arrière de l'épine de Spix. Cette technique permet le recul mandibulaire et l'allongement ou rétrécissement du ramus.

- Avantages et inconvénients de chacune de ces deux techniques :

	<b>Ostéotomie verticale</b>	<b>Ostéotomie sagittale</b>
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- au niveau de la technique : plus simple</li> <li>- moins de dommages neuro-vasculaires</li> <li>- positionnement plus physiologique du condyle (position plus antérieure et inférieure donc il y a moins de pressions dans l'ATM)</li> <li>- moins d'interférences osseuses lors des corrections des asymétries mandibulaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fixations rigides possibles donc durée des fixations intermaxillaires plus courte</li> <li>- possible correction de classe II et III</li> <li>- plus grande surface de contact entre les parties osseuses clivées</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- cette technique nécessite des fixations intermaxillaires longues (supérieures à 4 semaines) car la fixation rigide n'est pas possible</li> <li>- pas de possibilité d'avancer la mandibule : utilisée pour les classes III</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- plus de risques de lésions nerveuses</li> <li>- maîtrise du geste plus difficile</li> </ul>

Tableau 3 : Comparaison entre les ostéotomies verticales et sagittales.

- les ostéotomies combinées

La combinaison d'ostéotomies bi-maxillaires permet de traiter les dysharmonies esthétiques, squelettiques et occlusales avec le minimum de compromis.

Elle permet de diminuer l'amplitude de mouvement des deux maxillaires.

Elle est également indiquée dans le cadre du traitement chirurgical du SAHOS (Syndrome d'Apnée et d'Hypopnée du Sommeil), avec avancée bimaxillaire afin de libérer les voies aériennes supérieures.

### **2.1.2.3 Les finitions**

Un mois après l'intervention, une phase de finition et de coordination des arcades est nécessaire. La durée médiane du traitement orthodontique post-chirurgical est de 7,5 mois (5 à 11mois)(29)(Luther et Morris,2007).

**Parallèlement à ces trois grandes étapes, la gestion fonctionnelle et musculaire sont primordiales.**

Nous verrons les conséquences musculaires des déplacements chirurgicaux, et la prise en charge des muscles masticateurs sera abordée dans les parties dédiées.

### **2.1.3 Les gestes chirurgicaux complémentaires : les désinsertions musculaires**

Les muscles insérés sur le complexe maxillo-mandibulaire ont été cités comme des facteurs majeurs de récives après une chirurgie orthognathique. Ces muscles sont étirés, comprimés, ou subissent une modification de leur ligne d'action.

#### **2.1.3.1 Désinsertion chirurgicale de la sangle ptérygo-massétérine**

Certains auteurs détachent partiellement et replacent **sans tension** les insertions du masséter et du ptérygoïdien médial, sans toucher au temporal ni au ptérygoïdien latéral qui subissent le moins de modification.

Une règle d'or à respecter en chirurgie orthognathique est de ne pas étirer la sangle ptérygo-massétérine, afin d'éviter la récive post-chirurgicale d'origine musculaire.

En effet, si le muscle masséter est allongé sans être détaché de la mandibule, il va récupérer sa longueur initiale progressivement et donc exposer le patient à une récive. A 48 semaines pour Yellich(30), 50% de la récupération a été faite. Quand ce muscle est d'abord étiré puis détaché de son insertion osseuse, il se raccourcit et se réinsère à une distance plus courte (Yellich et al. , 1981)(30).

**Ainsi pour cet auteur, détacher les muscles de leurs insertions pendant l'intervention génère moins de stress sur les éléments squelettiques placés chirurgicalement dans leurs nouvelles positions.**

La désinsertion de la sangle ptérygo-massétérine et du ligament sphéno-mandibulaire peut être réalisée lors de l'ostéotomie sagittale des branches montantes, avec une désinsertion large des muscles masséter et ptérygoïdien médial.

Ferri (31) a proposé une section de cette sangle sur son versant ptérygoïdien par voie endobuccale entre les deux valves osseuses lors de l'ostéotomie sagittale.

La mobilisation mandibulaire est ainsi libérée des tensions exercées par ses muscles et ligaments insérés sur le segment interne de la branche montante.

Ce procédé a été proposé pour les cas de classe II squelettique hyperdivergente avec insuffisance verticale postérieure.

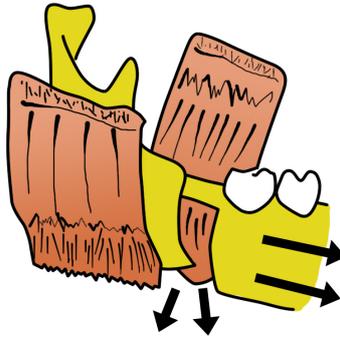


fig. 24

Figure 24 : Section de la sangle ptérygo-massétélerine lors de l'ostéotomie selon Ferri(31)  
Illustration L.Gibaudan

Les expériences chez les primates montrent que le détachement et le rattachement ultérieur des muscles masticateurs entraînent une diminution transitoire de l'activité électrique musculaire (Hohl, 1983)(32), des capacités oxydatives et de l'aire de section des fibres de types I de ces muscles. Cependant, la densité capillaire et le type de composition en fibres ne change pas significativement. (Maxwell et al 1981).(33)

Il est intéressant de noter que le détachement musculaire n'induit pas d'altérations morphologiques ou histologiques (Song and Park, 1997 )(34) et il n'y a pas de signes évidents d'atrophie musculaire.

Ainsi, les chirurgiens, pour mobiliser la mandibule et la positionner dans une situation idéale sans contrainte, désinsèrent la sangle ptérygo-massétélerine, qui est parfois puissante et source de récédive chez les patients.

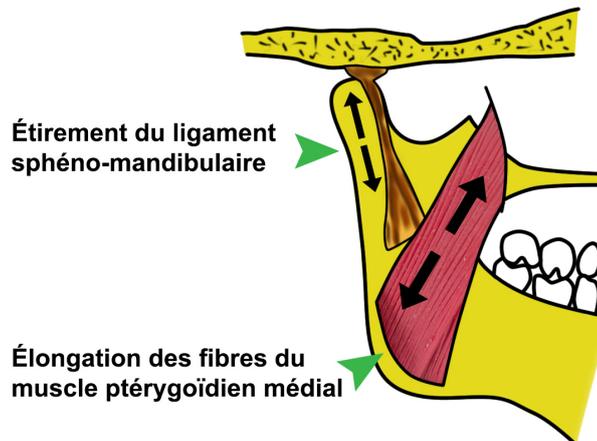


fig. 25

Figure 25 : Facteurs de tension sur la partie interne du la branche montante.  
Illustration L.Gibaudan

### **2.1.3.2 Désinsertion de la musculature supra-hyoïdienne**

La musculature supra-hyoïdienne a aussi été mise en cause dans les phénomènes de récédives par étirement musculaire.

Lors d'une expérimentation menée sur des singes (35), la désinsertion des muscles supra-hyoïdiens a été réalisée dans le cadre d'une avancée mandibulaire (génio-hyoïdien et digastrique).

En comparaison avec un groupe opéré sans myotomie, le groupe avec incision de la musculature a montré moins de récédives et plus de stabilité, contrairement au groupe contrôle qui a montré une récédive pendant la phase de fixation intermaxillaire.

### 2.1.3.3 Bilan sur la désinsertion musculaire

Le but est de positionner la mandibule sans contraintes et donc de moins exposer le patient au risque de récurrence.

Le repositionnement musculaire se fait naturellement pendant la cicatrisation, par l'intermédiaire de la vascularisation et du caillot sanguin, formant ensuite un tissu fibreux et permettant au muscle de se ré-attacher sur l'os.

**La cicatrisation musculaire est dictée par l'adaptation fonctionnelle de ses muscles ; ils s'attacheront en fonction de la nouvelle position des bases osseuses et donc en fonction de leur stimulation et la direction des forces mises en œuvre, notamment lors de la mastication.**

## 2.2 L'ostéosynthèse et le blocage intermaxillaire

### 2.2.1 La cicatrisation osseuse et l'ostéosynthèse

La cicatrisation osseuse est similaire à tous les processus de cicatrisation osseuse après fracture.

La consolidation et la stabilisation des fragments osseux sont permises par la mise en place de matériel d'ostéosynthèse.

#### 2.2.1.1 Généralités sur la consolidation osseuse après une fracture

La consolidation osseuse est un processus de réparation osseuse après une fracture traumatique, une **ostéotomie (fracture chirurgicale)** ou une greffe osseuse.

La fracture vient perturber un tissu vivant, structuré, vascularisé et en perpétuel remodelage, elle va déclencher un processus de réparation, l'ostéogénèse réparatrice destinée à reconstituer une continuité solide de l'os.

La consolidation est un phénomène physiologique complexe qui aboutit à la cicatrisation du tissu osseux. La consolidation est permise grâce à l'hématome péri-fracturaire, le périoste et les sollicitations mécaniques.

**Le rôle du chirurgien est d'assurer la reconstitution anatomique puis, aidé du kinésithérapeute, la récupération fonctionnelle.**

#### 2.2.1.1.1 Les étapes de la consolidation osseuse

Quel que soit l'os concerné, la consolidation osseuse est un phénomène naturel qui procède en deux grandes étapes. (36)

- La première est la **période d'union** au cours de laquelle l'os retrouve sa continuité anatomique, il s'agit de la formation du cal osseux
- elle est suivie par la **période de remodelage**, beaucoup plus longue, qui restitue l'os dans sa forme, sa structure, sa résistance d'origine.

## ➤ Formation du cal osseux

La formation du cal osseux se déroule en trois stades.

### Première phase : l'hématome et la réaction inflammatoire (J1 à J20)

Tout foyer de fracture est envahi par un hématome. Celui-ci s'organise rapidement à partir de néo-vaisseaux qui proviennent des tissus sains environnants. Il est colonisé par des polynucléaires et des macrophages chargés de la détersion du foyer de fracture. Le tissu de granulation se forme. L'hématome est remplacé progressivement par un tissu fibroblastique très richement vascularisé, déjà abondant 24 heures après la fracture.

### Deuxième stade : le cal conjonctif (mou ou primaire)(J20 à J30).

La matrice fibreuse devient fibro-cartilagineuse et assure une certaine stabilité et une diminution de la mobilité du foyer de fracture. Des sels minéraux vont progressivement se déposer et une métaplasie cartilagineuse puis osseuse, définissant *le cal osseux primaire* va apparaître. L'augmentation de l'apport d'oxygène par les vaisseaux favorise la transformation des chondrocytes périphériques en ostéocytes. Les ostéoclastes apparaissent et commencent à résorber les extrémités osseuses dévitalisées. Lors d'une ostéotomie, le décollement des tissus mous et musculaires environnants diminue l'apport vasculaire et en oxygène.

### Troisième stade : l'ossification du cal (J30 à J60).

Le cal conjonctif est progressivement envahi par les cellules ostéoblastiques qui vont construire le cal osseux.

La matrice cartilagineuse (riche en collagène de type 2) est remplacée par une matrice osseuse lamellaire (riche en collagène type 1).

On aboutit à une union des extrémités fracturaires, et minéralisation de proche en proche.

Le cal fibreux primaire sera remplacé progressivement par un cal secondaire ou définitif. Le cal va ensuite se remodeler et s'adapter aux conditions mécaniques pendant de nombreux mois.

## ➤ Remodelage osseux

Une fois l'union des deux fragments terminée, l'os néoformé doit adapter sa structure à sa nouvelle fonction. Le remodelage a pour but d'adapter le segment osseux aux contraintes mécaniques, et vise à restaurer une morphologie normale.

Cette phase de remodelage dure de 1 à 4 ans. Il y a lyse en périphérie et densification au centre de l'os. Il y a un épaissement des corticales et un amincissement du cal, qui suit le même mécanisme que pour l'os normal : résorption ostéoclastique et apposition ostéoblastique.

### 2.2.1.1.2 Les contraintes biomécaniques après une fracture osseuse

La remise en charge (par une contrainte mécanique) participe à la consolidation de la fracture, et stimule l'ostéo-formation. Après une fixation optimale, des contraintes de faibles amplitudes et générant des micromouvements, surtout en **compression**, permettent une accélération de la consolidation osseuse. (37)

Après 6-8 semaines, les contraintes mécaniques en compression sont favorables à la consolidation et renforcent le cal. Cependant les contraintes en torsion ou cisaillement sont néfastes.

Dans le cadre de fracture orthopédique (tibia, fémur), l'immobilisation prolongée entraîne une ostéopénie et une perte osseuse par absence de stimulation. (38)

Les fractures du tibia ou du fémur consolident correctement, même en permettant l'appui et une certaine quantité de mouvement du foyer.

Cependant une mobilisation intempestive empêche la consolidation et il peut en résulter des pseudarthroses (absence de consolidation à 6 mois).(38)

**Au vu de ces éléments de cicatrisation osseuse, qui se fait entre 6 semaines et 2 mois, dans le cadre de la chirurgie orthognathique, il est important de mettre progressivement en charge les os maxillaires par la remise en route de l'appareil masticateur. Il faudra éviter l'enraidissement articulaire et mandibulaire, et épargner l'immobilisation aux articulations.**

**Lorsque la phase de consolidation osseuse est acquise, une rééducation doit être entreprise afin de récupérer la force musculaire et la proprioception.**

**Les ATM ne doivent pas être immobilisées sur une longue durée après la chirurgie et les amplitudes articulaires doivent être restaurées. La musculature masticatrice doit être détendue et renforcée ; et ainsi le patient doit progressivement tendre vers la mastication d'aliments solides.**

### **2.2.1.2 Cicatrisation après ostéotomies des maxillaires : histologie et radiologie**

#### **❖ HISTOLOGIE**

Le chirurgien Dr Bell William H, aux Etats-Unis, est le pionnier dans la recherche du processus de cicatrisation après ostéotomies des mâchoires.

A partir de 1965, il étudia l'histologie et la microangiographie de la consolidation osseuse après les différentes techniques d'ostéotomies, dans un laboratoire de chirurgie orthopédique, encouragé par ses professeurs.

La revascularisation et la cicatrisation osseuse étaient analysées au moyen de techniques d'histologie et de micro-angiographie.

L'étude était menée sur des singes adultes, sacrifiés immédiatement, ou à 2 jours, une, deux, quatre, six ou douze semaines après ostéotomie.

#### **- Ostéotomie totale du maxillaire Lefort 1(39)**

A une semaine, les lits vasculaires de l'endoste et du périoste se remplissent.

Au bout de quatre semaines, un cal composé de tissus conjonctif fibreux et d'os jeune est visible histologiquement.

**A 6 semaines, un cal osseux mature est constitué.**

A 12 semaines, il existe un pont osseux complet entre les fragments.

#### **- Ostéotomie mandibulaire par clivage vertical des ramus (40)**

La conservation de la vascularisation par les tissus mous périphériques (capsule articulaire, muscle ptérygoïdien latéral) a été analysée.

Deux groupes ont été comparés : clivage avec le segment mandibulaire proximal pédiculé et clivage avec le segment mandibulaire non pédiculé.

Dans le groupe dans lequel le clivage vertical a été réalisé sans pédicule vasculaire, les analyses montrent une nécrose intra-osseuse, une ischémie vasculaire et un retard de cicatrisation.

Dans l'autre groupe de singes dans lequel le pédicule vasculaire a été conservé, il existe une union osseuse plus précoce, moins de nécroses et d'ischémie.

Ainsi, la circulation sanguine et la viabilité du segment proximal étaient maintenues grâce au pédicule vasculaire du ptérygoïdien latéral et de la capsule articulaire.

#### **- Ostéotomie mandibulaire par clivage sagittal des ramus(41)**

La comparaison a été faite entre le clivage en conservant l'attache des tissus mous périphériques et avec détachement des tissus mous périphériques.

L'expérience montre que l'ostéonécrose et l'ischémie intraosseuse est nettement diminuée lorsque la muqueuse, le périoste et la sangle ptérygo-masséterine restent attachés au segment proximal repositionné.

La cicatrisation osseuse est ainsi favorisée par le maintien de la vascularisation périphérique, et elle est meilleure si les tissus musculaires et muqueux sont détachés au minimum.

#### ❖ RADIOLOGIE

Hasegawa et al (42) étudient en 2011 la cicatrisation osseuse sur image tridimensionnelle (tomographie numérisée), et ils montrent à un an une stabilité osseuse par remodelage osseux entre les valves interne et externe issus de l'ostéotomie sagittale des branches montantes. Ils montrent également l'importance de la proximité entre les berges osseuses lors de la pose du matériel d'ostéosynthèse rigide.

**Globalement, la cicatrisation osseuse est obtenue à partir de 4 semaines au maxillaire et 6 semaines à la mandibule.**

**Dans le protocole chirurgico-orthodontique, la complémentarité entre les trois acteurs est essentielle, avec :**

- le chirurgien, dans le positionnement des bases osseuses et la mise en œuvre des moyens d'ostéosynthèses efficaces pour le bon déroulement de la cicatrisation
- l'orthodontiste, dans la levée des compensations dentaires existantes et la mise en place d'une occlusion optimale
- le kinésithérapeute, dans le travail de récupération fonctionnelle.

#### **2.2.1.3 Les systèmes d'ostéosynthèse**

La chirurgie orthognathique a connu un essor considérable ces vingt dernières années par l'amélioration de l'anesthésie et du matériel. Les complications ont diminué et les résultats sont meilleurs et plus stables.

Le concept d'ostéosynthèse rigide par miniplaques vissées a largement contribué à l'essor de cette chirurgie.

Ce matériel a progressivement remplacé le fil d'acier et le blocage maxillo-mandibulaire.(43)

##### 2.2.1.3.1 Les fils d'aciers

Auparavant, l'ostéosynthèse se réalisait en solidarissant les segments osseux à l'aide fils d'aciers.

Par leur manque de rigidité, le patients devait avoir un blocage strict avec des ligatures métalliques autour des attaches et crochets dentaires pendant au minimum 6 semaines.

Le patient devait toujours avoir sur lui une pince coupante ou un ciseau pour couper les ligatures en cas d'urgence (par exemple en cas de vomissement).

**Un blocage maxillo-mandibulaire prolongé après la chirurgie entraînait une atrophie musculaire, une diminution de la force musculaire élévatrice et des modifications morphologiques du condyle causant des lacunes fonctionnelles (Storum et Bell, 1986)(44).**



Figure 26 : Les fils d'acier

Ces matériaux trop souples et inconfortables pour le patient ont été remplacés progressivement par des systèmes plus rigides.

### 2.2.1.3.2 Les plaques semi-rigides

Le système d'ostéosynthèse semi-rigide associe une stabilisation des segments ostéotomisés suffisante à une flexibilité nécessaire à l'adaptation post-chirurgicale (adaptation physiologique libre du condyle).

En effet, si les bords osseux ne sont pas tout à fait dans le même axe, la plaque ( de 0,6, 0,8 ou 1mm d'épaisseur) peut être légèrement déformée, n'imposant pas au condyle une position incorrecte. Les plaques plus épaisses (1,5 mm) ne permettent pas une grande flexibilité.

Il y a des avantages techniques à la mise en place de fixations semi-rigides :

- accès facile du matériel de pose, facilité de pose et de dépose en cas de réintervention
- voie endo-buccale (pas de cicatrices cutanées jugales visibles)
- peu de risque de lésion du nerf alvéolaire inférieur (NAI)

La plaque peut être de taille définie ou modulable (système de glissière). (45)

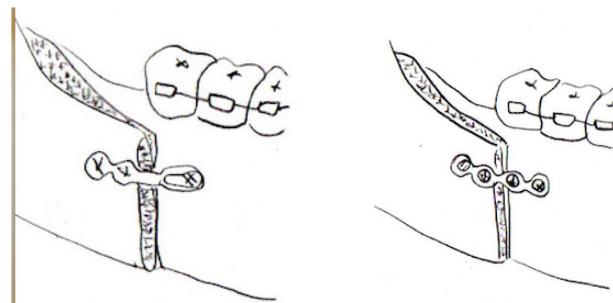


Figure 27 : Schématisation des systèmes semi-rigides  
Glissière à gauche et taille définie à droite.

En raison de cette semi-rigidité, le patient doit porter des élastiques intermaxillaires pour un blocage par élastique en attendant que la cicatrisation osseuse se réalise. La durée du blocage dépend de la dysmorphose initiale, de la technique chirurgicale, et de la prescription du chirurgien. Elle peut varier de deux à quatre semaines.(46)

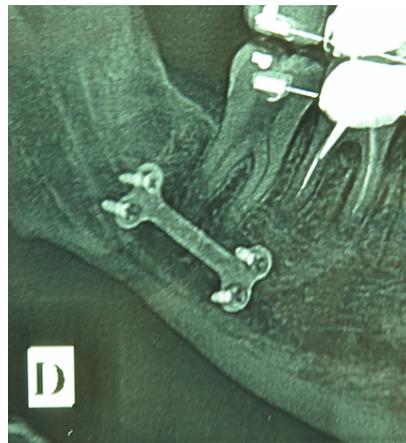


Figure 28 : Exemple de plaque d'ostéosynthèse semi-rigide après ostéotomie sagittale des branches montantes pour un avancement mandibulaire  
(Courtoisie du Dr El Okeily)

### 2.2.1.3.3 Les ostéosynthèses rigides

Ce type d'ostéosynthèse correspond à des vis bi-corticales, qui traversent les deux fragments osseux à solidariser, et constitue un ensemble solide.

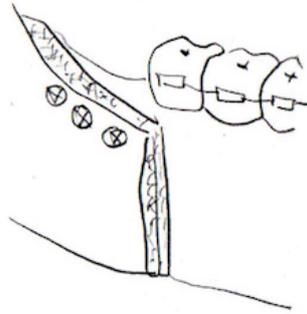


Figure 29 : Vis bi-corticales

Au niveau de la technique chirurgicale, l'accès est difficile, et le vissage se fait par voie transcutanée.

Ce type d'ostéosynthèse permet une reprise des fonctions rapides, notamment de la mastication, car il ne nécessite pas ou très peu de blocage maxillo-mandibulaire. Ceci est donc un confort supplémentaire pour le patient.

Cependant, avec ce système de fixations rigides, le condyle est contraint de rester dans une position fixée. Il peut exister des erreurs de positionnement, et de dislocation du condyle lors de la chirurgie, ainsi que des erreurs au niveau occlusal, avec des conséquences au niveau des ATM.(47)

Au niveau de la mandibule, trois vis bicorticales peuvent être mises en place, dites de « triangulation », pour contrer les mouvements de torques des segments ostéotomisés.

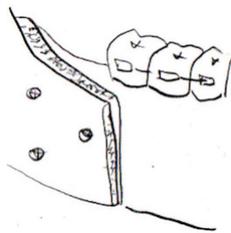


Figure 30 : Vis bi-corticales de triangulation.

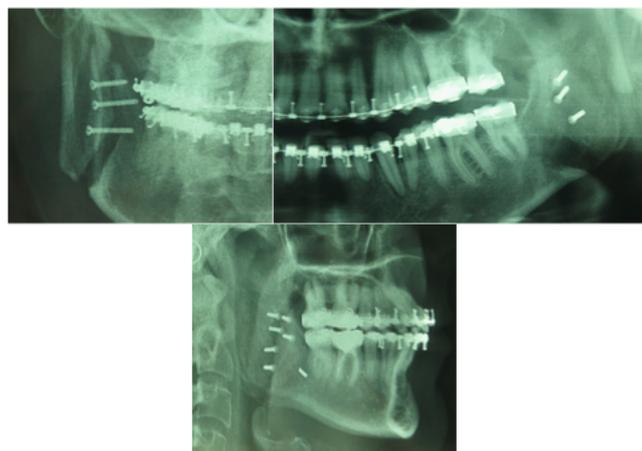


Figure 31: Exemple de vis bicorticales dans le cadre d'une avancée mandibulaire (Courtoisie du Dr Laurentjoye)

Au maxillaire, très souvent, deux mini-plaques rigides en titane en L ou en J sont posées de chaque côté pour réaliser l'ostéosynthèse, elles doivent être modulées en fonction du déplacement du plateau maxillaire.(48)



Figure 32 : Exemple de plaques vissées après une Ostéotomie maxillaire Lefort 1  
(Courtoisie du Dr El Okeily)

Techniques d'ostéosynthèse	Semi-rigide	Rigide
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stabilisation osseuse suffisante</li> <li>- flexibilité pour une adaptation post-chirurgicale</li> <li>- mise en œuvre simple</li> <li>- accès endo-buccal</li> <li>- peu de risque de lésion du NAI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rigidité du système</li> <li>- reprise des fonctions oro-faciales rapide</li> <li>- pas de FIM</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- blocage maxillo-mandibulaire post-chirurgical</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- accès difficile</li> <li>- vissage par voie transcutanée : cicatrices possibles</li> <li>- erreur de positionnement</li> <li>- erreurs occlusales</li> <li>- conséquences au niveau des ATM, peu de liberté offerte au condyle</li> </ul>

Tableau 4: Avantages et inconvénients des techniques d'ostéosynthèses

Ces systèmes métalliques sont largement étudiés et utilisés. Ils peuvent être laissés en place, mais aussi retirés, en raison de la gêne occasionnée lors de la palpation osseuse, mais aussi car les plaques en titane pourraient causer une ostéonécrose des mâchoires en lien avec les biphosphonates (49).

C'est pourquoi des plaques biodégradables ont été conçues pour la chirurgie orthognathique.

#### 2.2.1.3.4 Les plaques et vis biodégradables

Une revue systématique de la littérature a montré leur efficacité dans la stabilité du traitement, sans différence significative avec les matériaux en titane. (50)

Elles sont de plus en plus utilisées mais les plaques et vis en titane sont tout de même le gold standard.

Le processus de dégradation peut prendre jusqu'à deux ans après chirurgie.

## 2.2.2 Le blocage maxillo-mandibulaire

Les arcs chirurgicaux munis de crochets et mis en place avant la chirurgie orthognathique permettent d'assurer un blocage maxillo-mandibulaire. (26)

### 2.2.2.1 Le blocage chirurgical

Après les ostéotomies, le chirurgien place le maxillaire et la mandibule dans une position stable, fonctionnelle et esthétique, et les fixe à l'aide de fils d'acier fin. C'est ainsi que les crochets permettent le blocage métallique pendant la mise en place du matériel d'ostéosynthèse.



Figure 33 : Exemple de blocage chirurgical après un Lefort 1 avant de placer les plaques d'ostéosynthèse  
(Courtoisie du Dr Laurentjoye)

Une fois les deux cotés ostéosynthésés, le blocage est levé pour vérifier la qualité de l'occlusion et de l'ostéosynthèse, en mobilisant la mandibule, les condyles étant en relation centrée.(26)

### 2.2.2.2 Le blocage post-opératoire : évolution selon le type d'ostéosynthèse

Selon le type d'ostéotomies réalisées et du matériel d'ostéosynthèse mis en place, le blocage variera.

#### ❖ EN CAS D'OSTEOSYNTHESE SEMI-RIGIDE

Pour assurer une bonne occlusion et éviter les récives pendant la cicatrisation osseuse, le patient doit porter la journée et la nuit des élastiques intermaxillaires serrés.

Le blocage maxillo-mandibulaire consiste à solidariser les arcades dentaires des deux maxillaires pendant un temps déterminé. Il permet d'immobiliser la mandibule afin de la cicatrisation osseuse débiter en bonne position. Il s'apparente au plâtre en orthopédie. Les conséquences sont une alimentation liquide à la paille et une hygiène scrupuleuse.

#### ❖ EN CAS D'OSTEOSYNTHESE RIGIDE

Le patient, peut, en fonction de la dysmorphose initiale, porter des élastiques intermaxillaires mais la mobilisation mandibulaire et les fonctions peuvent être reprises assez rapidement. Les aliments passent rapidement de liquide, mou à consistance normale voire dures. Au bout d'un mois, les patients peuvent retrouver une mastication normale, sans période de blocage.

#### ❖ LE GUIDAGE ELASTIQUE

Il permet une mise en occlusion par élastiques maxillo-mandibulaires pendant la consolidation osseuse (dans les 45 jours post-opératoires).

Pour cela, l'arc doit être légèrement sous-dimensionné pour permettre un certain glissement dans les gorges des attaches (par exemple, un arc .020 x .025 dans des attaches en .022 X .028).

Lors des finitions, les forces appliquées par les élastiques sont modulées par leur orientation et leur positionnement sur les dents(48) :

- élastiques d'intercuspitation en triangle ou en triangle inversé afin d'améliorer l'assise occlusale au niveau canin et prémolaire
- rectangle antérieur en cas de recouvrement antérieur insuffisant
- élastiques obliques de classe II ou III pour corriger une imperfection sagittale.

Les mouvements peuvent être rapides et le patient doit être vu tous les 15 jours.

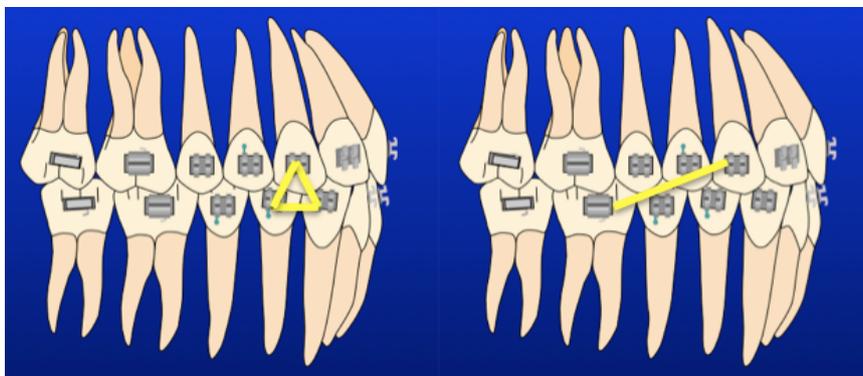


Figure 34 : Exemples d'élastiques d'intercuspitation et de classe II

Au niveau musculaire, pendant la période de rééducation musculaire, le patient peut présenter **des contractures musculaires au niveau des muscles masticateurs par la durée importante de port d'élastiques** (douleurs matinales, difficulté à l'ouverture buccale).

Ceci montre la **complémentarité** entre les différents praticiens, et la nécessité d'avoir un kinésithérapeute qui gère la partie fonctionnelle et musculaire.

Après la cicatrisation des éléments traumatisés pendant la chirurgie, les patients ne retrouvent pas automatiquement un équilibre fonctionnel, notamment au niveau de la mastication : c'est la **réintégration progressive de la proprioception qui va permettre de rétablir ces fonctions dans un nouveau contexte maxillo-facial.**

## 2.3 Les conséquences du déplacement des bases osseuses sur le système masticateur

### 2.3.1 Conséquences musculaires d'une chirurgie orthognathique

Le système musculaire est affecté par l'intervention chirurgicale, et les modifications dépendent du type de chirurgie et du suivi post-opératoire.

Dans la littérature, les conséquences musculaires sont étudiées à travers différents critères :

- L'analyse histologique
- L'ouverture buccale
- La force occlusale maximale
- L'électromyographie des muscles masticateurs (activité électrique)
- La surface de section des muscles masticateurs
- Les changements morphologiques et l'avantage biomécanique des muscles

### 2.3.1.1 Conséquences musculaires et sur la force occlusale

#### 2.3.1.1.1 Les changements au niveau musculaire : revue de la littérature

La correction chirurgicale des dysmorphoses maxillo-mandibulaires entraîne une modification de la position des mâchoires dans les dimensions sagittale, verticale et transversale, ce qui implique un raccourcissement ou un allongement des tissus musculaires périphériques.(51)

La nature, l'amplitude et la direction du déplacement chirurgical des bases osseuses détermineront les réactions adaptatives des muscles masticateurs.

La correction chirurgicale des dysmorphoses maxillo-faciales mène à un changement dans la force de traction ou compression des muscles masticateurs (52).

Les récurrences apparaissent dans 20 à 30 % des cas 2 à 3 ans après chirurgie, dues à une instabilité occlusale et une mauvaise adaptation musculaire. (53)(54)(55)

La force maximale musculaire dépend de la longueur du muscle et de l'ampleur du chevauchement des myofilaments. Elle est fortement altérée par la compression et l'étirement après la chirurgie.(56)

Il existe différents moyens d'évaluer l'adaptation musculaire :

- la tomographie
- l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)
- les Ultra-sons
- l' Electromyographie (EMG)
- l'histologie

#### ❖ ANALYSE HISTOLOGIQUE

Dans une étude de Gedrange et Co en 2006 (52), une biopsie musculaire au niveau du masséter est réalisée pendant la chirurgie (ostéotomie mandibulaire) et après 6 mois, et le taux de myosine (myosin heavy chain), protéine responsable de la contraction des fibres musculaires, est mesuré à ces deux dates. Les patients n'ont pas eu de rééducation musculaire.

Les résultats montrent :

- Qu'il y a moins de protéines dans les classes III que dans les classes II au départ (jour de la chirurgie). Ceci peut-être dû au nombre de contacts occlusaux et à la direction de croissance.
- Qu'il y a une réduction importante des taux 6 mois après la chirurgie, surtout dans les classes II (réduction de 87,5 %) : ces taux indiquent une atrophie musculaire.

Cela suggère une inactivité musculaire 6 mois après la chirurgie, le retour à une fonction masticatrice normale nécessite de « l'entraînement », car le traumatisme chirurgical et l'immobilisation conduisent à une atrophie musculaire.

Le problème d'une adaptation musculaire incomplète est la recherche d'une stabilité fonctionnelle de l'os et **donc le risque d'aboutir à des récurrences.**

Pour les auteurs, une stimulation fonctionnelle par les élastiques intermaxillaires (dits « de guidage ») et des exercices de mastication dans la période postopératoire peuvent aider à compenser le déficit fonctionnel.

Dans une autre étude de la même équipe (56), les auteurs comparent à partir de biopsie au niveau du masséter les taux de fibres type I (« lentes » quand il y a de faibles contractions comme chez les hyperdivergents) et le taux de fibres II (fibres « rapides » comme chez les hypodivergents). Six mois après la chirurgie, il y a une augmentation des types II au détriment d'une diminution des types I.

Rappels sur les fibres musculaires :

- les **fibres I** sont **très lentes, très faibles** au niveau force mais aussi **plus endurantes**
- les **fibres IIb** sont **extrêmement rapides et fortes** et **très fatigables**
- les **fibres IIa** sont des fibres **intermédiaires** entre les types I et les types II b, donc moyennement fatigables, moyennement fortes et moyennement endurantes.

Par rapport à l'étude précédente, on pourrait alors comprendre que **l'atrophie musculaire disparaît progressivement après 6 mois.**

La chirurgie orthognathique augmente les contacts occlusaux et donc le taux de protéines dans les fibres de contractions rapides de types II. Il en résulte une amélioration de la mastication et le développement de plus grandes forces occlusales.

Il est recommandé de réaliser une **thérapie physique assez précocement pour neutraliser le degré d'atrophie musculaire, et ainsi assurer l'adaptation fonctionnelle et la normalisation de la mastication.**

Dans une autre étude utilisant l'analyse histologique (57), les auteurs mesurent pendant et 6 mois après la chirurgie :

- les isomères de la myosine : diminution de la type I et augmentation de la II
- le facteur de croissance : augmentation significative de sa régulation
- la myostatine (inhibitrice de la croissance musculaire) : pas de changement de son taux.

Ces changements indiquent une adaptation musculaire adéquate et une plus forte activité musculaire après chirurgie.

D'autres auteurs évaluent la variation des protéines musculaires en fonction de l'étirement ou de la compression du muscle masséter après chirurgie(58).

Pour ces auteurs, le déplacement de la mandibule dans le sens sagittal et vertical va induire un étirement ou une compression des muscles masticateurs par la modification de sa longueur et morphologie.

**Ces changements requièrent une adaptation fonctionnelle des muscles masticateurs.**

Les protéines étudiées sont :

- les protéines de **contraction** MYH (myosin heavy chain ), les MYH I pour les protéines lentes (« slow »), et MYH IIa, IIb,IIx pour les rapides (« fast »). Sous l'action d'un stress, un changement au niveau du phénotype se réalise et donc il existe une expression différente des gènes. Il y a des MYH spécifiques dans le masséter, différents de ceux des autres muscles squelettiques en raison d'une innervation différente : MYH 3 et MYH 8.
- les protéines spécifiques à l'**étirement** : FOXO3a, la calcineurine, et la NFAT-1 (leurs taux sont corrélés)
- La cyclo-oxygénase 2 COX2 protéines inflammatoires qui jouent un rôle dans la **régénération musculaire** avec prolifération des myofibroblastes et dans le processus d'étirement.

<b>Protéines / Dysmorphoses</b>	<b>Classe II</b>	<b>Classe III</b>	<b>Interprétations</b>
<b>MYH : mécanisme de contraction musculaire</b>	Augmentation de MYH 3 et 8 Passage différé des types lents à rapides	Diminution MYH 3 et 8	-Contractions moins importantes dans les Classes III dues au raccourcissement mandibulaire -Délai plus important de réhabilitation musculaire dans les Classes II dû à l'étirement
<b>FOXO3a, Calcineurine, NFAT1c : spécifiques à l'étirement</b>	Augmentation Atrophie qui continue	Diminution des taux indique un arrêt de la dégradation musculaire et des processus d'atrophie	Confirment les travaux de Dicker qui montrent une atrophie permanente après une chirurgie de classe II(59) *
<b>COX2 : régénération et étirement</b>	Augmentation	Diminution	Etirement musculaire après chirurgie de classe II

Tableau 5 : Etude des protéines musculaires en fonction de la dysmorphose

\* L'IRM montre une diminution significative du volume musculaire après une chirurgie d'avancée mandibulaire, surtout chez les hyperdivergents (non significatif).

#### ❖ ACTIVITE ELECTRIQUE MUSCULAIRE

Le repositionnement chirurgical de la mandibule entraîne une diminution de l'activité électrique et la force musculaire des muscles élévateurs.

L'activité électrique des muscles masséter et temporal antérieur diminue en OIM les 6 premières semaines mais augmente de manière significative après un an, de manière plus importante chez les patients ayant eu une correction de classe III que de classe II, et plus chez des hommes que chez les femmes (Raustia and Oikarinen).(60)

Cette diminution après chirurgie est le résultat du traumatisme chirurgical, de l'inactivité musculaire durant la période des fixations intermaxillaires, et de l'anxiété que présente le patient pour serrer fort sur ses dents. (Ingervall et al.)(61)

Ensuite, l'activité EMG des muscles masséter, temporal et ptérygoïdien médial augmente progressivement jusqu'à dépasser les valeurs pré-chirurgicales, et continue d'évoluer jusqu'à un an après la chirurgie. (Moss)(62)

Cependant, les valeurs finales restent tout de même inférieures à celles des sujets non opérés contrôles, dans de nombreuses études que nous verrons par la suite (Harper et al. (63); Kobayashi et al.(64); Nakata et al.,(65)).

### 2.3.1.1.2 Les modifications dans la force occlusale

Proffit a étudié l'effet de la chirurgie orthognathique sur la force occlusale en 1989(66).

La chirurgie orthognathique a le potentiel d'affecter les forces occlusales par deux moyens :

- **mécanique** : en altérant la géométrie des arcades et des mâchoires
- **physiologique** : en modifiant les récepteurs sensoriels et proprioceptifs.

Le changement biomécanique des mâchoires affecte la fonction des muscles masticateurs car il y a une relation étroite entre la force occlusale, la biomécanique et la force musculaire.

Les hypothèses de départ étaient (selon les modèles biomécaniques de THROCKMORTON (67))

- les « faces longues » traitées par impaction maxillaire : cela engendrerait une augmentation de la force occlusale
- rétrognathie mandibulaire traitée par avancée : diminution de la force occlusale
- prognathie mandibulaire traitée par recul : augmentation de la force occlusale

L'étude a été menée sur des patients ayant eu ces différents types de chirurgies.

- Repositionnement par impaction maxillaire avec Lefort 1 : l'avantage mécanique augmente pour le masséter mais pas pour le temporal. Certains patients ont une force occlusale maximale qui a augmenté, pour d'autres elle a diminué, et d'autres encore elle reste inchangée
- Avancée mandibulaire : petit avantage pour le masséter et petit désavantage pour le temporal, la force augmente ou diminue ou reste inchangée.
- Recul mandibulaire : petit avantage biomécanique pour le masséter et le temporal mais non significatif, la force augmente, diminue ou reste inchangée selon les patients, mais la force occlusale durant la déglutition augmente de manière significative après 1 an.

Ainsi, il existe une variabilité dans les résultats de force occlusale relevés, les changements dans la force occlusale ne peuvent être prédits par les changements des avantages mécaniques selon le modèle de Throckmorton.

Il y a donc d'autres facteurs qui influencent la force occlusale :

- la volonté du patient, dépendant de son confort (dents, ATM), le patient a peur d'avoir mal
- le fait de détacher les insertions musculaires pendant la chirurgie
- la durée des FIM.

Ainsi pour Proffit, la majorité des patients ont une augmentation de plus de 20 % de leur force occlusale, qui est associée à une modification de la géométrie de l'ensemble bases osseuses-muscles. Ceci est également dû à une meilleure occlusion.

En 1996, Throckmorton et Co évaluent la variation des forces occlusales après chirurgie. (68)

La force occlusale maximale mesurée à différentes positions dentaires est significativement plus faible chez les patients par rapport au groupe contrôle, avant la chirurgie et jusqu'à deux ans après la chirurgie.

A partir de 6 mois après la chirurgie, les valeurs sont supérieures aux valeurs préchirurgicales.

Les patients ont une augmentation stable de leur force occlusale après la chirurgie, de façon plus rapide pour les hommes.

Il n'y a pas de différence significative entre les différentes procédures chirurgicales (l'hypothèse de base était que la force occlusale serait plus altérée avec une chirurgie bimaxillaire, puis mandibulaire seule et le moins avec une maxillaire seule).

Ainsi, il y a une réduction temporaire de la force occlusale les premiers mois après la chirurgie, puis il y a une augmentation graduelle.

Harada et Co ont montré en 2000 que la force occlusale et les aires de contacts occlusaux sont tous les deux des paramètres qui sont les plus bas deux semaines après la chirurgie, et qui reviennent à leurs valeurs initiales entre 8 semaines et 3 mois, et ensuite ces valeurs augmentent et dépassent les valeurs préopératoires à 6 mois.(69)

Différents auteurs ont étudié l'impact de la chirurgie orthognathique sur la force occlusale (70)(71) et il a été montré qu'il existe une corrélation positive forte entre la force occlusale et les contacts occlusaux. (72)

D'autre part, des études ont montré que la force de fermeture labiale est associée à l'occlusion, en effet les patients avec une classe II1 ou les patients qui présentaient une biprotrusion avaient des forces labiales faibles par rapport aux classes I. De même les jeunes patients qui présentaient une classe III avaient des forces musculaires péri-orales faibles.(73)

Une autre étude (74) a été menée sur des patients présentant une dysmorphose de classe III pour évaluer l'influence de la chirurgie orthognathique sur la force de fermeture des lèvres, la force occlusale, et les aires de surfaces de contacts occlusaux.

Dans cette étude, il est montré une augmentation des trois paramètres étudiés à un an en post-chirurgie, mais ces valeurs restent tout de même inférieures au groupe contrôle. Il y avait une corrélation positive entre la force labiale et les aires de surfaces occlusales d'une part montrée dans cette étude, et entre les aires de surfaces de contact et la force occlusale d'autre part.

Ainsi il y a une amélioration fonctionnelle significative due à la correction chirurgicale et le changement géométrique du squelette, avec une meilleure activité des lèvres et des muscles masticateurs.

Abrahamsson en 2015(75) étudie la fonction masticatoire après chirurgie.

La fonction masticatoire évaluée de manière subjective (propre évaluation du patient à partir d'un questionnaire sur l'alimentation et les douleurs à la mastication) et objective (fractionnement de particules, contacts occlusaux) est améliorée par la chirurgie.

**La majorité des études montrent que la chirurgie orthognathique augmente sur le long terme l'activité musculaire, la force occlusale maximale et les aires de contacts occlusaux, mais aussi elle améliore l'efficacité masticatoire, en rapport avec l'obtention d'une meilleure occlusion. La correction de l'occlusion ainsi que la stabilité occlusale constituent donc un levier thérapeutique puissant dans le protocole orthodontico-chirurgical.**

Nous allons maintenant étudier ces caractéristiques en fonction du type de correction (dimension sagittale, dimension verticale).

### **2.3.1.2 Corrections sagittales**

#### 2.3.1.2.1 Traitement chirurgico-orthodontique des Classes II

Différentes études montrent que l'avancée mandibulaire chirurgicale diminue la mobilité mandibulaire plus que d'autres types de chirurgie (76).

D'autres études montrent que la réduction de la mobilité mandibulaire est temporaire et qu'elle disparaît en 6 mois à 1 an. (77) ,(78).

#### ❖ FONCTION MASTICATRICE

Les études biomécaniques montrent que l'avancée mandibulaire diminue les avantages biomécaniques des muscles adducteurs (qui rapprochent le segment mobile), ce qui peut entraîner une réduction de la force occlusale maximale, peut augmenter l'effort musculaire requis pour générer une force de mastication donnée, ou bien les deux. (67)

Des études sur des singes confirment ces hypothèses, lorsque les forces occlusales molaires ont été produites par la stimulation électrique maximale. (79)

Mais les résultats sont variables, en général le changement dans les avantages mécaniques n'est pas un très bon prédicteur du changement dans la force occlusale.(80)

Raustia et Kyosti ont montré une diminution de l'activité du temporal et du masséter pendant le « serrage » maximal 6 semaines après une ostéotomie sagittales des branches montantes. (60)

Mais 3 mois après la chirurgie, l'activité musculaire revient à son niveau initial et continue d'augmenter jusqu'à deux ans après la chirurgie.

Cette augmentation dans l'activité musculaire est moins apparente dans l'avancée que dans le recul mandibulaire. Ils ont également observé que la baisse et ensuite l'augmentation de cette activité étaient proportionnelles à la quantité de déplacement mandibulaire.

Throckmorton en 1995 étudie les caractéristiques fonctionnelles des patients rétrognathes avant et après avancée mandibulaire chirurgicale.(80)

#### **→ Changement morphologique pour une avancée mandibulaire moyenne de 7,3 mm :**

Avant la chirurgie, il n'y avait pas de différence significative dans la conformation biomécanique du temporal et du masséter mais après la chirurgie, il note une diminution de l'avantage mécanique des muscles par rapport à ceux du groupe contrôle, mais pas de façon significative ; ceci était dû à l'allongement chirurgical du bras de levier de la force occlusale.

#### **→ Amplitude de mouvement mandibulaire volontaire :**

Il n'y avait pas de différence significative dans ce critère avant l'orthodontie de préparation et avant la chirurgie.

Les mesures des différents mouvements (ouverture, excursion verticale, excursion postérieure) étaient plus faibles par rapport au groupe contrôle avant la chirurgie, mais pas de différence significative entre patients et contrôles pour les mouvements de latéralité.

A 6 semaines après la chirurgie : il y avait une nette diminution dans toutes les valeurs d'excursion volontaires de la mandibule et valeurs inférieures au groupe contrôle.

A 6 mois, toutes les mesures augmentent. Les valeurs d'ouverture buccale maximale étaient alors proches voire plus grandes qu'avant la chirurgie.

Toutes les mesures, à part l'excursion postérieure en ouverture maximale, étaient tout de même inférieures aux valeurs du groupe contrôle.

A 1 an, les mesures d'ouverture buccale maximale étaient plus élevées qu'avant la chirurgie mais non significativement différentes des valeurs contrôles.

Les valeurs de latéralités et protrusion ont une plus faible augmentation mais, à part l'excursion maximale droite, n'étaient pas significativement différentes du groupe contrôle.

A 2 ans, les valeurs n'étaient pas statistiquement différentes par rapport au groupe contrôle.

Ces résultats vont dans le sens de certaines études en ce qui concerne la récupération des amplitudes, mais sont contraires à d'autres qui montrent une hypomobilité qui se maintient jusqu'à 1 ou 2 ans après la chirurgie.

L'hypomobilité diminue avec l'utilisation de fixations rigides et d'une rééducation physique musculaire et articulaire.

Dans cette étude, les patients ont tous eu des fixations rigides, sans fixation intermaxillaire post-chirurgicale, et ils ont bénéficié d'exercices de thérapie physique immédiatement après chirurgie.

#### **→ Excursion maximale pendant la mastication**

Il n'y a pas de différence significative chez les patients avant orthodontie et immédiatement avant chirurgie.

A 6 mois et 1 an après la chirurgie, les valeurs d'excursion latérale maximale sont plus faibles chez les patients par rapport aux contrôles.

A 2 ans il n'y a pas de différence significative entre patients et contrôles.

### **→ Force occlusale maximale volontaire (mesures sur différents couples de dents)**

Avant la préparation orthodontique, les patients avaient des valeurs inférieures à la moitié de celle des contrôles.

La préparation orthodontique tendait à diminuer la force occlusale, mais sans différence significative.

A 6 mois, toutes les valeurs ont augmenté mais pas de façon significative.

A 1 an après chirurgie, les valeurs continuaient d'augmenter mais sans atteindre la moitié de la valeur du groupe contrôle.

Au niveau des canines et des prémolaires, elles ont significativement augmenté par rapport aux valeurs immédiatement avant la chirurgie.

Dans la 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> année les valeurs ont continué d'augmenter vers les valeurs contrôles mais non de façon significative, cependant les valeurs étaient significativement supérieures aux valeurs préchirurgicales (deux fois plus grandes sauf au niveau des incisives).

Ces valeurs sont celles attendues par la littérature.

Proffit et ses collaborateurs ne trouvent pas de différence significative 1 an après la chirurgie pour la force occlusale molaire, alors que dans cette étude il existe une augmentation jusqu'à 3 ans.(66)

### **→ l'activité musculaire**

Après chirurgie, les patients requièrent moins d'activité musculaire pour une force donnée par rapport aux contrôles, donc les muscles élévateurs sont plus efficaces.

Les analyses théoriques ont suggéré que le décalage dans la direction de la force occlusale pourraient augmenter l'efficacité musculaire élévatrice car il entraîne une direction de la force occlusale plus proche parallèlement à la direction des muscles (81).

Les muscles deviennent plus forts mais ceci n'est pas expliqué.

### **Conclusions : les bénéfices fonctionnels de l'opération**

- il y a une augmentation de la force occlusale après le traitement
- l' hypomobilité mandibulaire est temporaire et se résout au bout de 6 mois à un an sans affecter les mouvements masticatoires
- il y a une réduction des avantages biomécaniques sans réduire la force occlusale ou l'efficacité musculaire.

#### **❖ PERFORMANCE MASTICATRICE**

Une autre étude (Van den Braber en 2005 ) évalue l'influence de la chirurgie sur la performance masticatoire chez les patients en classe II.(82)

Les patients rétrognales ont une performance masticatrice réduite avant le traitement.

L'orthodontie préchirurgicale ne modifie pas la performance masticatrice.

- pas de différence significative avant et après chirurgie pour la taille moyenne des particules broyées en bouche
- pas de différence significative pour la rupture des particules, plus élevées chez les contrôles, les patients arrivent à moins broyer les petites particules par rapport aux contrôles

Ainsi ,1 à 1, 5 ans après une chirurgie, la fonction masticatrice n'est pas significativement augmentée.

Les mêmes auteurs (Van den Braber en 2006(83)), étudient l'influence de l'avancée mandibulaire sur les fonctions orales sur un suivi de 5 ans avec des conclusions différentes par rapport à l'étude précédente.

- Il n'y avait pas de différence significative dans la force occlusale à 1 an et 5 ans, et les contrôles avaient des valeurs significativement supérieures aux patients que ce soit avant ou après la chirurgie.
- Il y avait une augmentation significative de la performance masticatrice révélée par la diminution de la moyenne de la taille des particules mais les valeurs contrôles étaient toujours significativement meilleures (après la chirurgie, à un an et à 5 ans)

**Il existe une influence positive de la correction chirurgicale de classe II sur la performance masticatrice 5 ans après la chirurgie, qui peut ne pas être détectée à un an.**

❖ ACTIVITE MUSCULAIRE MASTICATRICE

Harper et co ont évalué l'activité musculaire pendant les mouvements mandibulaires chez les patients rétrognathes en comparaison aux patients en classe I.(84)

L'avancée mandibulaire entraîne une redistribution de l'activité des muscles masticateurs.

Le changement dans le recrutement musculaire concerne plus le ptérygoïdien latéral et le temporal, qui sont donc des muscles responsables du contrôle fin du positionnement mandibulaire. Le masséter, muscle puissant, est plus lent dans l'adaptation aux modifications chirurgicales du squelette facial.

Les mécanismes biomécaniques et proprioceptifs peuvent être impliqués dans les changements fonctionnels des muscles.

La posture mandibulaire est maintenue par l'activité des muscles masticateurs et il a été montré qu'elle s'adapte au squelette facial.(85)(86)

Les récepteurs de la position mandibulaire placés dans les muscles masticateurs et dans l'ATM interagissent avec les récepteurs du ligament parodontal pendant la déglutition de manière à maintenir constamment un tonus musculaire permettant à la mandibule de garder une position de repos.(87)(88).

**Les altérations du squelette facial entraînent des changements dans les mécanismes de rétrocontrôle proprioceptif. Il faut donc réintégrer la proprioception pour une mastication fonctionnelle après un changement anatomique.**

En ce qui concerne la **musculature supra-hyoïdienne**, les auteurs ont étudié son adaptation à l'avancée mandibulaire chirurgicale. (89)

Il s'agissait d'une expérimentation animale (singes). Il se produit un allongement du complexe musculaire supra-hyoïdien, il est étiré et surtout au niveau de l'interface muscle/os, au niveau du tendon et au niveau du ventre antérieur du digastrique.

Le port des élastiques intermaxillaires après chirurgie permettrait d'éviter les récurrences dues à cette traction musculaire.

Comme nous l'avons vu dans une précédente partie, certains chirurgiens désinsèrent les muscles supra-hyoïdiens lors des grandes avancées mandibulaires pour éviter les récurrences d'origines musculaires.(35)

#### 2.3.1.2.2 Traitement chirurgico-orthodontique des classes III

La plupart des patients de dysmorphose de classe III présentent des désordres dans les fonctions stomatognathiques, avec une mastication, une respiration et une phonation perturbées. C'est pourquoi la correction chirurgicale des classes III est un important objectif de santé et de bien être.

La littérature concernant les modifications musculaires et masticatoires pour les patients en classe III traités par chirurgie orthognathique est riche ; ce chapitre sera donc plus détaillé que pour les classes II.

## ❖ FONCTION MASTICATOIRE

Edlund montre une diminution de l'activité du temporal après une ostéotomie sagittale de correction de prognathisme mandibulaire. (90)

Une étude intéressant la fonction masticatoire après le traitement orthodontique et chirurgical du prognathisme mandibulaire a été publiée en 1991.(91)  
Le chirurgien réalisait une ostéotomie sagittale des branches montantes sur ces patients.

Les auteurs évaluent la mastication par :

- Mesure de l'efficacité masticatoire : mastication de granules d'ATP (adénosine triphosphate), et calcul de l'absorbance, le pic dans la courbe représente l'efficacité masticatoire.
- Mesure de la force occlusale
- Mesure des aires de contacts occlusaux (mesures sur des cires des projections de points de contacts occlusaux).

L'efficacité masticatoire a augmenté graduellement après la chirurgie, de manière significative. A 2 mois, après avoir retiré les élastiques intermaxillaires, les forces occlusales étaient diminuées , puis les valeurs ont augmenté jusqu'à deux ans après chirurgie de façon significative. De la même manière les surfaces de contacts occlusaux ont augmenté, se rapprochant à partir d'un an des personnes qui possèdent une occlusion normale.

**Les améliorations fonctionnelles se font surtout à partir du 6<sup>ème</sup> mois, la stabilité morphologique se fait surtout entre les 6 à 12 mois après la chirurgie.**

Une deuxième étude sur la fonction masticatoire a été faite par les mêmes auteurs sur le même type de patients.(92)  
Ils utilisèrent les mêmes méthodes que l'article précédent, mais ici les patients étaient soit traités par ostéotomies bimaxillaires (Lefort 1 et OSBM) ou bien monomaxillaires (OSBM).  
Les valeurs d'efficacité masticatoire et les surfaces de contacts occlusaux augmentent de manière non significative, mais restent inférieures au groupe contrôle.

Les mêmes auteurs observent les changements de la fonction masticatoire après chirurgie orthognathique chez les classes III. (64)

L'efficacité masticatoire augmente grâce à la chirurgie, le nombre ainsi que les aires de surfaces de contacts occlusaux augmentent aussi.

L'activité du masséter et du temporal est augmentée.

Les coefficients de variation diminuent chez les patients après la chirurgie, ceci montre une stabilité post-chirurgicale du rythme masticatoire.

Les valeurs restent tout de même inférieures aux valeurs du groupe contrôle avant et après chirurgie.

Pour les auteurs, il faut augmenter la qualité de l'occlusion et réaliser des exercices musculaires pour parfaire la fonction masticatoire après un traitement chirurgical.

Une autre étude(65) montre que les aires de contacts occlusaux ainsi que la force occlusale maximale sont diminuées après le traitement orthodontique préchirurgical et augmentent après la chirurgie. L'activité du masséter et du temporal sont faibles également après la préparation orthodontique et avant la chirurgie et augmentent après la chirurgie (2,5 ans après la chirurgie).

Les muscles masticateurs chez les patients opérés pour une classe III s'adaptent au nouvel environnement acquis chirurgicalement, mais les valeurs restent toujours plus faibles que les valeurs du groupe contrôle.

L'amélioration fonctionnelle due au traitement chirurgical était différente selon si le patient présentait au départ une **asymétrie ou non**.

En effet, une étude(93) dont le but était d'évaluer la fonction occlusale avant et après correction chirurgicale de classe III avec ou sans asymétrie montre une différence entre les deux groupes.

Les paramètres mesurés étaient la force de morsure occlusale, à l'aide d'un film occlusal sensible à la pression, ainsi que les aires de surfaces de contact occlusal. Les résultats montrent une augmentation de ses valeurs un mois après chirurgie jusqu'à un an, mais de façon plus significative chez les patients qui présentaient une asymétrie.

Ceci s'explique par le fait qu'ils présentaient avant la chirurgie **une instabilité occlusale plus importante** (bascule du plan d'occlusion dans le sens frontal, différence dans les rapports molaires droite gauche, mastication unilatérale, différence du poids des ramus droit et gauche) ; la chirurgie améliorant considérablement les conditions occlusales du patient.

Pendant le premier mois, une diminution dans la force occlusale était relevée, due aux douleurs et à l'inconfort immédiatement après chirurgie (traumatisme chirurgical, plaies, oedèmes). De plus, les patients qui présentaient une asymétrie montraient une récupération plus lente de leurs valeurs de force occlusale, influencées par l'amplitude des mouvements osseux transversaux, et les changements du positionnement de la musculature et des tissus mous.

#### ❖ FORCES OCCLUSALES

Une étude évalue la force occlusale chez les patients en classe III avant et après chirurgie en comparaison à un groupe contrôle qui ne présente pas de dysmorphoses.(94) Les patients en classe III étaient traités par recul mandibulaire. Les mesures des forces occlusales étaient réalisées grâce à un transducteur relié à un ordinateur.

Avant la chirurgie, les avantages mécaniques étaient significativement plus faibles chez les patients par rapport au groupe contrôle, et la chirurgie ne modifie pas significativement cet avantage. Avant la chirurgie les patients avaient des forces occlusales significativement plus faibles que celles du groupe contrôle.

Les résultats montrent que les valeurs de force occlusale augmentent de manière significative après la chirurgie, s'approchant des valeurs contrôles au bout de 2 à 3 ans.

**La correction des classes III par chirurgie orthognathique augmente les capacités masticatoires, l'activité musculaire ainsi que les forces occlusales.**

#### ❖ RECUPERATION DE L'OUVERTURE BUCCALE

De nombreuses études concernant la récupération de l'ouverture buccale chez les patients en classe III ayant été opérés ont été publiées.

Une étude sur des patients ayant eu une OSBM, et sans exercices de rééducation ni aide mécanique post-chirurgicale a été réalisée en 1987 ; les auteurs ont mesuré l'ouverture buccale (mobilité verticale) avant et après chirurgie. (95)

Les patients ont porté des fixations intermaxillaires pendant une moyenne de 9,8 semaines (de 5 à 12 semaines).

Les patients ont récupéré presque 50% des valeurs préopératoires après 2 semaines après avoir enlevé les élastiques intermaxillaires. Ce n'est qu'après une moyenne de 8,5 mois qu'ils récupèrent 91,8% de leur ouverture buccale initiale.

Ko et ses collaborateurs en 2012 (96) ont aussi voulu étudier les changements des amplitudes de mouvements mandibulaire et condylien consécutifs à une chirurgie orthognathique. Les patients en classe III ont été comparés à un groupe contrôle qui bénéficiaient d'un traitement orthodontique pur.

Avant la chirurgie, les patients en classe III présentaient une ouverture buccale maximale supérieure au groupe contrôle, mais des valeurs d'excursions latérales identiques. Ils présentaient cependant une amplitude de rétrusion condylienne inférieure au groupe contrôle.

Un mois après la chirurgie, les amplitudes mandibulaires et la mobilité condylienne diminuent considérablement.

A 6 mois après la chirurgie, les amplitudes de mouvement mandibulaires atteignent les valeurs du groupe contrôle.

#### ❖ MOUVEMENTS MANDIBULAIRES

Il existe des changements significatifs dans les types de mouvements mandibulaires après la chirurgie de correction de classe III, passant du type « découpe » au type « broyage », se rapprochant ainsi de ceux du groupe contrôle, et ceci de manière significative. (97)

Les activités des muscles masséter et temporal se retrouvent modifiées (contribution relative des deux muscles inversée), le temporal était prédominant en pré-chirurgical alors que le masséter devient dominant après la chirurgie, et ceci se rapproche des activités musculaires du groupe contrôle.

Des auteurs ont étudié les tracés des mouvements mandibulaires après correction chirurgicale du prognathisme mandibulaire par ostéotomie sagittale des branches montantes. (98)

Les amplitudes de mouvements mandibulaires pendant l'ouverture buccale, la protrusion et les mouvements latéraux en préopératoire sont inférieures aux amplitudes postopératoires à 6 mois (de manière significative) et sont similaires au groupe contrôle.

**Ainsi, la correction orthodontico-chirurgicale des classes III permet de restaurer des mouvements mandibulaires fonctionnels.**

#### ❖ VOLUME ET MORPHOLOGIE MUSCULAIRES APRES LA CORRECTION CHIRURGICALE DE CLASSE III

Westesson et ses collaborateurs ont montré qu'après une ostéotomie verticale des rami pour corriger le prognathisme mandibulaire, les patients avaient des muscles masticateurs **plus petits et plus gras** (99).

Trawitzki et co ont montré l'effet de la chirurgie sur l'épaisseur du muscle masséter en 2006. (100)

Une analyse ultrasonographique a été réalisée sur le masséter au repos et en occlusion des patients avant et après (6 à 8 mois) une chirurgie de classe III, et comparée à un groupe contrôle. Les résultats sont significativement différents, les valeurs les plus grandes étant pour le groupe contrôle, suivies par celles des patients après chirurgie, puis les valeurs préchirurgicales.

**Il y a ainsi une augmentation de la largeur du masséter après chirurgie mais elle reste tout de même inférieure au groupe contrôle.**

Les mêmes auteurs, en 2011, ont évalué l'épaisseur du masséter trois ans après la chirurgie. (101)

Le but était d'analyser l'effet de l'orthodontie, de la chirurgie orthognathique et la myothérapie fonctionnelle sur la largeur du muscle masséter chez les patients qui avaient une classe III squelettique 3 ans après la chirurgie.

Une ultrasonographie est réalisée sur le muscle masséter au repos et en position de morsure.

**Les valeurs de la largeur du muscle masséter sont significativement plus importantes 3 ans après la chirurgie par rapport aux valeurs préopératoires, et se rapprochent des valeurs contrôles.**

Une évaluation morphologique du masséter par tomographie tridimensionnelle avant et après chirurgie a été réalisée en 2004 par Katsumata et co.(102)

Le masséter est un muscle très affecté par le recul mandibulaire, et sa position et morphologie en post-opératoire influencera grandement les forces de mastication du patient.

Chez des patients en classe III, qui ont une chirurgie (OSBM avec fixations rigides ou OVBM), la direction, la longueur et la section du masséter ont été évaluées avant et après la chirurgie. Les résultats montrent une inclinaison antérieure du masséter, mais la longueur musculaire est inchangée. Trois mois après la chirurgie, une diminution significative de la section du masséter est constatée sur les coupes axiales. Mais celle-ci a tendance à retrouver sa valeur normale entre 6 mois et un an. Aucune différence significative n'a été trouvée entre les deux techniques d'ostéotomies.

**L'évaluation tomographique du masséter montre ainsi une atrophie réversible après un recul mandibulaire chirurgical.**

### **2.3.1.3 Correction de la dimension verticale**

Pour Proffit, il y a une augmentation des forces occlusales quand la correction de l'excès vertical est réalisée. (66)

#### ❖ IMPACTION MAXILLAIRE EN CAS D'EXCES VERTICAL ANTERIEUR

Proffit et ses collaborateurs ont montré que chez les « long face individuals », la force occlusale maximale augmente 1 an après le repositionnement maxillaire chirurgical.(66)

Zimmer et ses collaborateurs ont montré qu'une intervention maxillaire isolée ne modifiaient pas la mobilité mandibulaire (76) tandis que O'Ryan et Epker ont observé une réduction de la mobilité mandibulaire sur le long terme.(103)

La relation entre force occlusale et activité électrique musculaire est bien démontrée(104)(105).

Une étude a été réalisée sur des patients qui avaient un excès vertical antérieur. (Zarrinkelk et al. , 1995) (106) Les altérations morphologiques et fonctionnelles ont été étudiées. Le traitement était le repositionnement maxillaire chirurgical, en moyenne pour ses patients de 3,3 mm.

#### **→ Changement morphologique et biomécanique**

Le masséter était moins avantageux mécaniquement avant et après chirurgie par rapport aux contrôles, de façon significative, sinon pas de différence significative pour les patients avant et après chirurgie.

#### **→ Amplitude de mouvement mandibulaire**

Ils notent une réduction de la mobilité 6 semaines après la chirurgie, mais qui s'est résolue et a atteint les valeurs contrôles en 6 à 12 mois.

Les patients ne portaient pas de fixations maxillo-mandibulaires ; la réduction de la mobilité à 6 semaines était plus susceptible d'être attribuable à la limitation volontaire de la fonction due à l'œdème et la douleur.

#### **→ Mesures des forces occlusales**

Les forces occlusales isométriques étaient inférieures aux contrôles avant la chirurgie de façon significative.

Elles augmentent significativement après la chirurgie, approchant les valeurs du groupe contrôle au bout de deux ans.

### → **Activité musculaire**

Avant la chirurgie, les niveaux d'activité par unité musculaire étaient identiques et parfois inférieurs aux contrôles, et après la chirurgie, certains patients ont une activité bien plus faible que les contrôles. Le modèle de Throckmorton prédisait un meilleur avantage mécanique des deux muscles temporal et masséter en se basant sur un centre de rotation mandibulaire situé au niveau du condyle.

En réalité chez les patients l'autorotation mandibulaire se fait autour d'un point proche du foramen mandibulaire, ce qui en résulte une diminution de l'avantage mécanique du temporal et une légère augmentation dans l'avantage mécanique du masséter.

Les auteurs de cet article pensent que l'avantage mécanique n'est pas un facteur prédictif fiable des changements dans le recrutement musculaire après la chirurgie.

L'augmentation de l'efficacité musculaire et de la force occlusale peut-être due à la contribution d'autres muscles qui n'ont pas été mesurés dans cette étude.

### **La correction chirurgicale de l'excès vertical antérieur améliore les paramètres fonctionnels.**

D'autres auteurs apportent les mêmes conclusions : la force occlusale est initialement diminuée après la chirurgie, puis augmente progressivement jusqu'à atteindre des valeurs normales au bout de deux ans. (Hunt and Cunningham, 1997(107))

L'impaction du maxillaire pour la correction de l'excès vertical antérieur entraîne une diminution de l'activité électromyographique des muscles élévateurs, mais l'activité musculaire durant la mastication n'est pas modifiée. (Wessberg et al. , 1981)(108)

L'adaptation du complexe neuro-musculaire après une chirurgie orthognathique corrigeant le sens vertical se fait selon deux mécanismes pour Wessberg :

- **une autorotation compensatrice immédiate de la mandibule** dictée par le système nerveux central et permettant de maintenir ou augmenter l'occlusion et la fonction masticatoire.
- **Une autorotation compensatrice différée et graduelle de la mandibule**, en réponse aux changements produits au niveau du complexe musculo-squelettique, dans l'attente de récupérer un équilibre neuro-musculaire.

**Ainsi il y a un changement immédiat au niveau de l'activité musculaire, contrôlé par le système nerveux central, et ensuite une compensation différée au niveau des muscles et de leurs insertions et au niveau osseux.**

**La mandibule se positionne progressivement en réponse aux stimuli parodontaux et ligamentaires par le jeu de la proprioception, et ceci nécessite quelques semaines à quelques mois.**

#### ❖ REPOSITIONNEMENT ANTERIEUR OU INFERIEUR DU MAXILLAIRE

Une autre étude a été faite pour évaluer les caractéristiques morphologiques et fonctionnelles après avancée ou impaction du maxillaire. (109)

Les mêmes critères ont été évalués.

### → **Morphologie :**

Il n'y avait pas de différence significative dans les avantages mécaniques (bras de levier) avant ou après chirurgie entre les patients et le groupe contrôle

### → **Amplitude de mouvements mandibulaires :**

Avant la chirurgie, il n'y avait pas de différence significative dans les amplitudes d'ouverture entre patients et contrôles.

A 6 semaines, il y a diminution significative des valeurs de protrusion.

A 6 semaines et à 6 mois : les valeurs d'ouverture et d'excursion volontaire tendent à diminuer (non significatif).

A 1 an, il y a retour aux valeurs normales.

Mais il n'y a aucune différence significative avant et après chirurgie pour les excursions durant la mastication.

La baisse des amplitudes en post-chirurgie peut être expliquée par différents facteurs :

→ Le changement de la hauteur du maxillaire et de la mandibule

→ Une interférence squelettique ou dentaire

→ Un changement dans la position du condyle

→ Des facteurs psychologiques

→ Le traumatisme musculaire chirurgical

→ La durée des fixations intermaxillaires

Mais chacun de ces facteurs a un faible impact surtout dans le cas d'une chirurgie uniquement maxillaire.

Comme pour cette étude où la protrusion mandibulaire diminue significativement à 6 semaines, Aragon et ses collaborateurs expliquaient ce phénomène par un traumatisme des apophyses ptérygoïdiennes et des tissus mous avoisinants lors du Lefort 1.(77) Mais ceci est transitoire.

#### → **Force occlusale maximale :**

Avant la chirurgie, valeurs significativement plus faibles pour les patients en comparaison au groupe contrôle, à tous les niveaux de l'arcade.

Les déterminants de la force occlusale, pour les auteurs, sont :

→ La taille des muscles adducteurs

→ Leur force intrinsèque

→ Le rétrocontrôle sensoriel

→ L'occlusion et le nombre de contacts occlusaux

→ Les effets psychologiques.

Il y a une diminution lente des valeurs au niveau incisif, canin et molaire jusqu'à 6 mois, mais augmentation lente au niveau prémolaire jusqu'à 6 mois (mais non significatif).

Après 6 mois, toutes les valeurs augmentent, devenant significativement supérieures aux valeurs contrôles à 3 ans. Ceci peut s'expliquer, d'après les auteurs, par le fait que la majorité des patients présentaient un prognathisme mandibulaire et donc une mandibule massive.

Les auteurs utilisaient les hypothèses biomécaniques ; s'il existe une augmentation de l'avantage mécanique, alors cela suppose une augmentation de l'efficacité musculaire et des forces occlusales.

En théorie, le mouvement antérieur du maxillaire ou de la mandibule diminuerait les avantages mécaniques des muscles adducteurs.

Mais des études récentes ont montré que les avantages mécaniques ne pouvaient pas à eux seuls expliquer les changements de force occlusale après une chirurgie.(110)(111)

La taille des muscles serait un facteur plus important pour caractériser l'efficacité musculaire (112). Dans cette étude, les patients avaient effectivement des muscles plus larges que ceux des contrôles et leur taille ne s'est pas modifiée après la chirurgie.

#### → **EMG**

Il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes après la chirurgie.

## ❖ CORRECTION CHIRURGICALE DE LA BEANCE ANTERIEURE

La même étude des caractéristiques fonctionnelles a été réalisée chez les patients présentant une béance antérieure.(111)

Avant la chirurgie, les patients avaient des forces occlusales plus faibles que les contrôles en toute position de l'arcade.

Après la chirurgie, il y avait une augmentation significative des forces occlusales mais en dessous des valeurs contrôles.

Il n'y avait pas de changement significatif dans les avantages mécaniques au niveau des muscles avant et après chirurgie et entre les deux groupes.

## ❖ IMPACTION DU MAXILLAIRE ET AVANCEE MANDIBULAIRE

Dans le cadre d'un traitement par impaction et avancée mandibulaire, les auteurs ont noté (110), au niveau morphologique et fonctionnel :

### → **Changement morphologique**

Après chirurgie, il y a une normalisation des valeurs céphalométriques chez les patients en comparaison avec le groupe contrôle.

L'avantage mécanique :

→ diminue pour le faisceau antérieur du temporal et est significativement inférieur au groupe contrôle

→ ne change pas pour le temporal postérieur

→ augmente légèrement pour le masséter mais en restant inférieur au groupe contrôle.

### → **Mobilité mandibulaire**

En pré-opératoire, les valeurs d'ouverture buccale maximale, d'excursions latérales étaient plus faibles que le groupe contrôle.

Elles diminuent significativement les 6 semaines après la chirurgie, pour revenir aux valeurs préopératoires au bout de 6 mois, et au bout d'un an pour les valeurs d'excursions latérales. Ainsi, chez les patients qui présentent un excès vertical antérieur et qui sont rétrognathes, la chirurgie n'augmente pas les amplitudes de mouvements mandibulaires.

### → **Force occlusale**

Avant la chirurgie, les patients ont des forces occlusales maximales significativement inférieures au groupe contrôle à toutes positions.

A 6 mois après la chirurgie, il y a une diminution dans la force occlusale chez les patients.

Après 6 mois jusqu'à 2 ans les forces occlusales augmentent.

A un an elles restent inférieures au groupe contrôle mais à 2 ans, les forces occlusales au niveau incisif et prémolaires ne sont pas significativement différentes du groupe contrôle.

A 3 ans, ceci est vrai pour toutes les positions.

A l'évaluation finale, au niveau molaire la force occlusale des patients est supérieure au groupe contrôle mais pas de façon significative.

Pour Proffit, l'impaction maxillaire associée à l'avancée mandibulaire augmente la force occlusale maximale 1 an après la chirurgie.

Au niveau biomécanique, l'avancée mandibulaire entraîne une diminution de l'avantage mécanique tandis que l'impaction produit une augmentation de cet avantage au niveau musculaire. Il n'y a donc pas de changement mécanique significatif.

### → **Activité musculaire**

Elle augmente pour le temporal, diminue pour le masséter, mais les résultats ne sont pas significatifs.

**Le traitement chirurgical concomitant de l'excès vertical antérieur et de la rétrognathie mandibulaire avec une impaction maxillaire et une avancée mandibulaire améliore la forme du visage et augmente les forces occlusales.**

## ❖ ADAPTATION DU MASSETER A LA CORRECTION DE LA DIMENSION VERTICALE ANTERIEURE

L'adaptation du masséter après correction de l'excès vertical antérieur a été étudiée par Boyd et al. en 1989.(113)

Des biopsies ont été réalisées au niveau de la partie superficielle du masséter avant et 8 mois après chirurgie correctrice.

Le taux de fibres 1 et 2 a été analysés et comparés à un groupe contrôle, ainsi que la surface moyenne des fibres musculaires.

Les résultats montrent un taux de fibres de types 2 plus élevé en post-chirurgical. Ceci fait référence à la notion de plasticité musculaire vue dans la première partie.

En ce qui concerne la surface moyenne des fibres, elle n'est pas modifiée chez les patients qui ont une impaction maxillaire seule, mais elle est significativement diminuée chez les patients ayant une ostéotomie bimaxillaire.

### **2.3.1.4 Synthèse sur les conséquences musculaires de la chirurgie orthognathique**

Les aires de section transversale des muscles élévateurs diminuent après la chirurgie, que ce soit pour une avancée mandibulaire (Dicker et al. , 2007(59)) ou un recul (Katsumata et al. , 2004 (102)). La tendance à la récupération des valeurs d'aires de section transversale (Katsumata et al. , 2004, (102)) suggère une atrophie musculaire post-chirurgicale transitoire de ces muscles.

A long terme, cependant, les muscles qui ont été allongés par les déplacements chirurgicaux, comme le muscle digastrique dans les avancées mandibulaires ou le masséter et ptérygoïdien médial lors des reculs, vont présenter une hypertrophie significative de leurs fibres de type 1, induite par l'étirement. (Carlson et al. , 1989(114))

De manière générale, immédiatement après la chirurgie, l'activité musculaire et la force occlusale sont diminuées. Progressivement et à partir de 6 mois après la chirurgie, les valeurs augmentent et atteignent des valeurs normales.

Dans les cas de classe II, théoriquement les auteurs se basent sur l'hypothèse d'une diminution des forces par allongement biomécanique du bras de levier mandibulaire. Cependant, la diminution de l'activité musculaire et des forces occlusales n'est que provisoire et les valeurs augmentent jusqu'à trois ans après la fin du traitement. Les études se contredisent sur le fait que les valeurs finales dépassent les valeurs préchirurgicales.

Dans les cas de classe III, la littérature montre, après une diminution de la force musculaire temporaire, une nette amélioration fonctionnelle et de tous les paramètres de la fonction masticatrice (activité musculaire, force musculaire, force occlusale), à partir de 6 mois jusqu'à trois ans après la chirurgie.

La correction des anomalies de la dimension verticale par diminution de l'étage inférieur de la face (impaction) permet une amélioration de la fonction masticatoire et une augmentation de la force occlusale, ce qui respecte le modèle théorique qui prédisait un meilleur avantage biomécanique musculaire.

Dans tous les cas confondus, la performance masticatrice augmente.

La chirurgie orthognathique entraîne ainsi des modifications au niveau des activités électromyographiques, de la force, du volume, des aires de section et du type de fibres musculaires au niveau des muscles masticateurs, qui peuvent encore changer jusqu'à plusieurs années après la chirurgie.

Critères / Temps	Immédiatement après la chirurgie			Après 6 mois		
	Classe II	Classe III	Dimension verticale	Classe II	Classe III	DV
<b>Changement morphologique (Hypothèse biomécanique)</b>	Diminution de l'avantage biomécanique et du bras de levier	Pas de changement significatif	Pas de changement significatif	Amélioration de la performance masticatrice		
<b>Activité EMG</b>	Diminution (Atrophie musculaire)			Augmentation (Régénération tissulaire)		
<b>Force occlusale</b>	Diminution			Augmentation (> valeurs pré-chirurgicales)		
<b>Mobilité mandibulaire</b>	Diminution			Récupération progressive (+++ avec rééducation fonctionnelle)		

Tableau 6 : Conséquences musculaires de la chirurgie orthognathique : récapitulatif

**Les impacts de la chirurgie sur l'enveloppe musculaire peuvent être négatifs si la prise en charge globale du patient n'est pas assurée.**

Ces muscles dont la conformation et le type fibreux constitutionnel ont été modifiés doivent être réhabilités avec soin. Ils ne doivent pas rester au repos pour éviter l'atrophie musculaire, et doivent être rééduqués afin de s'adapter physiologiquement au nouveau cadre dento-squelettique, ceci évitera une adaptation musculaire anarchique (qui peut aboutir à des contractures et spasmes musculaires).

Parmi les éléments du système masticateur, les ATM sont aussi concernées par les modifications liées à la chirurgie orthognathique.

### 2.3.2 Conséquences sur l'ATM et le condyle

En plus des modifications musculaires dues à la chirurgie orthognathique, il existe également des conséquences au niveau du condyle mandibulaire et de l'articulation temporo-mandibulaire, variant selon les patients, le type de dysmorphoses, et la technique chirurgicale. Elles sont à prendre en compte pour une rééducation optimale de l'appareil masticateur.

#### 2.3.2.1 Relation DAM- Chirurgie orthognathique

##### ❖ DEFINITIONS

Les dysfonctionnements de l'appareil manducateur (DAM) correspondent aux douleurs et aux troubles du fonctionnement de l'appareil manducateur en rapport avec une anomalie musculo-squelettique.

Ces troubles peuvent conduire à des comportements adaptatifs de compensation, et ils s'accompagnent de signes cliniques et de symptômes très variés. Les principaux signes cliniques sont les algies, les gnathosonies (claquements, crépitations) et les dyskinésies.

## ❖ RELATIONS ENTRE DAM ET CHIRURGIE ORTHOGNATHIQUE

Une revue de la littérature a été proposée par Chauvel-Lebret, Leroux et Sorel en 2013 sur la relation entre la chirurgie orthognathique et les dysfonctionnements de l'appareil manducateur DAM.(115)

L'analyse de la littérature entre 2000 et 2011 révèle une diminution de la fréquence et de l'intensité des signes cliniques après chirurgie.

Les facteurs de risques sont classés en deux catégories en ce qui concerne la variation des signes et symptômes de DAM après la chirurgie orthognathique : liés au patient et liés à la technique chirurgicale ou mode opératoire.

Les facteurs liés au patient ne permettent pas de conclure. Ce sont :

- l'âge et le sexe, très discutés. Les DAM augmenteraient avec l'âge et seraient plus fréquents chez la femme (influence oestrogénique car il existe des récepteurs à œstrogène au niveau de l'ATM)
- la sévérité du DAM en pré-opératoire, un patient présentant une luxation discale irréversible aura un risque modéré d'avoir une aggravation de ses symptômes mais un déplacement discal réductible risquerait de se transformer en luxation permanente à la suite de l'intervention.
- Le type de dysmorphose avant la chirurgie : rétrognathie mandibulaire, hyperdivergence mandibulaire et béance antérieure sont des particularités anatomiques fréquentes chez les patients présentant des DAM.

Les facteurs liés à la technique chirurgicale sont :

- le type d'ostéotomie pratiquée :

Une ostéotomie sagittale des branches montantes (qui provoque une rotation condylienne) est réputée pour être un risque potentiel dans l'apparition de DAM comparée à l'ostéotomie verticale qui ne modifie pas la relation temporo-mandibulaire.

L'ostéotomie sagittale dans le but d'avancer la mandibule aurait tendance à augmenter les signes de DAM tandis qu'elle aurait tendance à diminuer les DAM pour un recul mandibulaire car le condyle se positionne supérieurement et postérieurement dans la fosse mandibulaire. Il existe souvent une amélioration en cas de Lefort I ou recul mandibulaire plutôt qu'après une avancée mandibulaire et une ostéotomie bimaxillaire.

- L'amplitude du mouvement :

Si l'avancée mandibulaire, quelque soit la technique employée, dépasse 10mm et si le recul mandibulaire dépasse les 9 mm, le risque de DAM post-opératoires est augmenté.

- Le type de fixation choisie et la durée du blocage intermaxillaire

Le blocage bimaxillaire (par des élastiques en tension) est quasiment systématique mais la durée est plus ou moins longue selon le type de fixations. Plus la fixation est rigide et moins le blocage sera long. Au maxillaire, les fixations sont souvent rigides (plaques et vis monocorticales), et à la mandibule, elles peuvent être semi-rigides ou rigides. Les fixations rigides sont plutôt défavorables pour l'ATM car elles empêchent sa plasticité et inhibent donc sa capacité physiologique d'adaptation.

Les fixations non rigides permettent cette plasticité mais requièrent un blocage bi-maxillaire beaucoup plus long ce qui peut aussi être néfaste pour l'ATM ; en effet la circulation du liquide synovial et les apports nutritifs sont diminués par la compression prolongée de l'ATM.

De plus le blocage entraîne une atrophie musculaire du fait de l'hypomobilité mandibulaire.(116)

Les phénomènes de résorptions condyliennes que nous décrirons prochainement sont plus fréquents avec une ostéosynthèse au fil d'acier et blocage long, qu'avec une ostéosynthèse rigide.

- La durée de l'intervention et de l'ouverture buccale forcée

L'ouverture buccale maximale du patient doit être mesurée avant la chirurgie afin que le cale-bouche maintienne une ouverture buccale lors de l'intervention inférieure de 0,5 cm à l'ouverture du patient.

D'autres études plus anciennes se contredisent sur le lien existant entre chirurgie orthognathique et troubles temporo-mandibulaires.

Pour Pakhala et Heino, les symptômes des troubles des ATM sont diminués par la correction chirurgicale des dysmorphoses. (117)

Au contraire, pour Panula et ses collaborateurs, il n'existe pas de corrélation entre chirurgie orthognathique et DAM. (118)

#### ❖ CHANGEMENT DE LA POSITION DU DISQUE APRES UNE CHIRURGIE ORTHOGNATHIQUE

Il y a aussi divers résultats concernant les changements de la position des condyles dus à la chirurgie.

Une étude montre que la position du disque articulaire change significativement dans les phases d'ouverture buccale, mais ne varie pas dans les phases de fermeture, et il n'y pas de corrélation entre la quantité de recul mandibulaire et le changement de position du disque. (119)

Freihofer et Petresévic ont présenté, sur 38 cas qui ont subi une OSBM pour une avancée mandibulaire, 10 présentaient un déplacement antérieur du condyle.(120)

Dans l'étude de Kundert et Hadjianghelou, 75% des cas qui ont subi une ostéotomie sagittale des branches montantes ont présenté un déplacement postérieur du condyle, et parmi eux 50 % ont montré une modification de l'axe du condyle (rotation). Ainsi le déplacement du condyle est fréquent après l'OSBM, et sa direction et quantité dépendent du type d'ostéosynthèse et de la direction du fragment denté. (121)

Edlund et ses collaborateurs ont montré sur 44 cas d'OSBM pour corriger le prognathisme mandibulaire qu'il n'y avait pas de modifications dans la position du condyle au niveau de la tomographie.(90)

Contrairement aux études précédentes, les études de Sund et Co(122), et celle de Hackney et Co (123),montrent qu'il n'y a pas de différence significative dans la position du condyle après une chirurgie orthognathique.

#### **2.3.2.2 Effet de l'immobilisation mandibulaire sur les ATM**

##### ❖ EXPERIMENTATIONS ANIMALES

Une expérience a été réalisée sur des singes en 1982 afin de montrer l'effet de l'immobilisation mandibulaire sur les ATM. (124)

L'immobilisation prolongée entraîne une restriction des amplitudes normales.

L'immobilisation prolongée de l'ATM entraîne une dégénérescence du cartilage articulaire (amincissement du cartilage, perturbation de l'organisation des zones fonctionnelles); l'amincissement est important au niveau des zones d'hypertrophie.

Les effets sur la surface articulaire étaient initialement des fibrillations et irrégularités, suivies par des fissures et des érosions, puis à des stades ultérieurs, des proliférations de tissus subsynoviaux.

Après la remobilisation, les processus érosifs et de calcification du cartilage continuent avec une grande désorganisation cellulaire à ce stade.

Ce sont les mêmes résultats que ceux dans les études au niveau du genou sauf que pour le genou les effets étaient plus rapidement apparus et étaient plus sévères, les différences étaient probablement dues au fait que le genou est une articulation qui subit des contraintes et mise en charge, et que les cellules cartilagineuses au niveau du condyle permettent un remaniement cellulaire important, sauf si antécédents de pathologies condyliennes dégénératives.

**Ainsi, l'immobilisation prolongée peut être nocive pour les articulations temporo-mandibulaires.**

La même expérience a été réalisée chez le lapin (125); mais dans celle-ci les résultats suggèrent que l'immobilisation mandibulaire entraîne des altérations au niveau du condyle mais qu'elles semblent réversibles.

#### ❖ LES CONSEQUENCES CONDYLIENNES EN FONCTION DU TYPE D'OSTEOSYNTHESE

L'ostéotomie sagittale mandibulaire des branches montantes est l'intervention la plus fréquente en chirurgie orthognathique.

Dans les années 70, l'ostéosynthèse était réalisée aux fils d'acier. Le condyle prenait alors spontanément sa place et il n'y avait pas de problème de positionnement condylien. L'inconvénient de cette technique était un blocage strict pendant six semaines.

L'évolution s'est faite vers une ostéosynthèse rigide à partir des années 80 puis semi-rigide qui permet actuellement une absence de blocage prolongé en post-opératoire et une reprise de la fonction manducatrice précoce.

L'étude de Choi et Co (126) montre que le type d'ostéosynthèse influe sur l'adaptation du condyle : 3 vis au lieu de 4 ( 1 seule dans le segment proximal) serait préférable pour une adaptation condylienne en raison d'un certain degré de liberté laissé au segment distal et une flexibilité au niveau de la tête du condyle permettant un positionnement physiologique .

D'autres auteurs montrent qu'avec une fixation rigide lors d'une OSBM, il y a une flexibilité réduite et donc un ajustement fonctionnel post-opératoire du condyle déplacé diminué. (127)

La fixation rigide entraînerait plus de troubles au niveau de l'ATM que les fixations non rigides (121).

**Ainsi, avec l'avènement du système d'ostéosynthèse rigide, la question du positionnement condylien se pose alors, car aucune adaptation secondaire du condyle n'est possible.**

#### **2.3.2.3 Le positionnement condylien per-opératoire**

Une position incorrecte du condyle est à l'origine de plus de reprises chirurgicales immédiates, de corrections imparfaites de l'articulé, et d'une augmentation de l'incidence des dysfonctions des articulations temporo-mandibulaires. Une erreur de positionnement condylien peut entraîner un trouble occlusal à l'origine de compensations musculaires et donc un risque de récurrence. (47)(128).

#### **L'intérêt à long terme du repositionnement condylien est triple :**

- améliorer la stabilité du résultat chirurgical,
- améliorer la fonction masticatoire
- réduire le risque de survenue de DAM.

En effet, une rotation antérieure du condyle après la chirurgie modifie les paramètres biomécaniques des muscles masticateurs et diminue la force occlusale; cependant le degré minimal de rotation nécessaire pour obtenir cette diminution des capacités musculaires n'est pas défini.(Epker, 1986, (129))

Pour tenter de résoudre le problème du positionnement condylien, de nombreuses solutions sont proposées (130):

- le positionnement manuel au moment de la synthèse
- le système de repérage du positionnement du condyle en per-opératoire, fait de manière mécanique (plaques en T ou L) ou guidé par ordinateur.
- Un modèle innovant a été proposé pour positionner le condyle (131), il s'agit d'un guide occlusal et condylien conçu par ordinateur à partir d'une planification virtuelle issue d'un scanner et imprimé grâce à une imprimante 3D. Il permet de positionner en un seul temps et avec un seul guide la portion dentée de la mandibule et les segments proximaux droit et gauches grâce à des ailettes auto-rétentives.

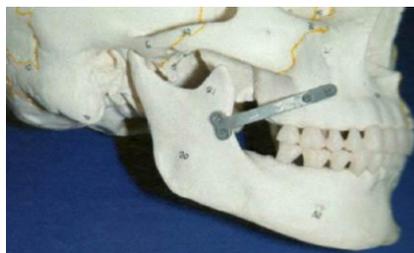


Figure 35 : Repérage du positionnement condylien par une plaque en T entre le maxillaire et la mandibule (Courtoisie du Dr Veyssière)(130)

Les miniplaques d'ostéosynthèses à réglage ou modelables sur site sont également conçues pour améliorer la position du condyle, avec une possibilité d'ajustement en per-opératoire.

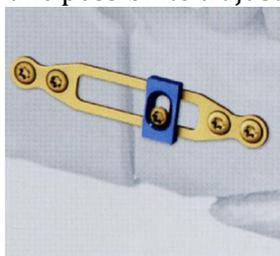


Figure 36 : Plaque à réglage sur site avec système de serrage provisoire de type curseur. (Courtoisie du Dr Veyssière) (130)



Figure 37 : Guide imprimé 3D (Courtoisie du Dr Laurentjoye)(131)

**Positionner le condyle au plus près de sa position pré-opératoire est donc très important, surtout dans le cas de fixation rigide.(132)**

#### **2.3.2.4 La résorption condylienne**

La résorption condylienne est connue comme un retentissement condylien de la chirurgie orthognathique.

##### ❖ DEFINITIONS

La résorption condylienne correspond à une modification morphologique de la configuration du condyle, définie par une réduction du volume du condyle et de la diminution du poids du ramus, en comparaison aux conditions préopératoires. Elle peut être source de récives .(133)

Elle peut être bi ou unilatérale (plus rare).

Le diagnostic se fait en comparant des clichés radiologiques type orthopantomogramme et téléradiographie de profil.

##### ❖ ETIOLOGIES ET FACTEURS DE RISQUES

L'étiopathogénie de la résorption condylienne n'est pas bien définie.

Certains auteurs suggèrent que les processus ostéoarthrosiques jouent un rôle majeur, d'autres trouvent des causes systémiques comme la polyarthrite rhumatoïde, le lupus érythémateux disséminé et autres maladies endocriniennes, l'ostéodystrophie rénale et la sclérose systémique, mais aussi les troubles endocriniens et nutritionnels.(134)

La surcharge au niveau du condyle lors de la chirurgie a aussi été décrite comme cause de la RC. La nécrose vasculaire est également une possible cause de la RC (vascularisation du segment proximal après OSBM).

L'OSBM est un facteur initiateur important, car elle entraîne une modification de la position du condyle par rapport au disque et car la charge au niveau du condyle augmente par le changement de la direction de la traction musculaire. Un torque ou un mouvement de rotation peut induire une pression et engendrer une réaction inflammatoire ; ceci aboutit alors à un remodelage adaptatif ou dans le pire des cas une RC.

L'atteinte est prédominante chez les femmes en raison de la présence de récepteurs aux oestrogènes dans la membrane synoviale.

Elle est donc plus fréquente chez les femmes, chez lesquelles préexistent des dysfonctions des ATM, entre 20 et 30 ans, après de larges avancées mandibulaires.

Pour Hoppenreijns (133), les facteurs prédisposants sont :

- la béance squelettique antérieure
- un angle mandibulaire très ouvert
- des altérations ostéoarthrosiques préexistantes
- un condyle incliné postérieurement.

Les hypodivergents ont plus souvent des résorptions au pôle supérieur du condyle tandis que chez les hyperdivergents c'est la partie supérieure et antérieure qui est concernée.

Plusieurs études expérimentales ont montré que la chirurgie orthognathique engendrait des contraintes mécaniques parfois importantes au niveau des ATM (135)(136).

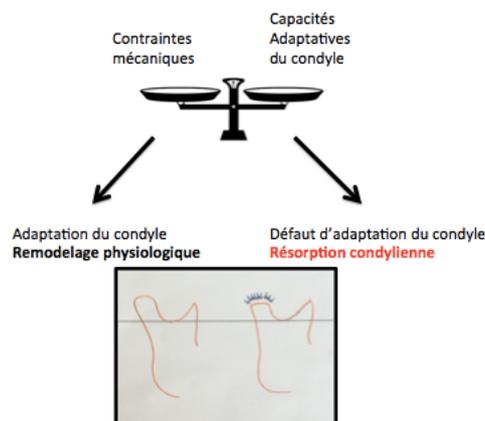


Figure 38 : Les contraintes mécaniques importantes sur le condyle peuvent provoquer des résorptions du condyle(137)

Les capacités adaptatives du condyle sont alors dépassées, le remodelage condylien physiologique laisse alors place à la résorption condylienne RC. (137)

Il existe des facteurs prédisposants à la RC :

- facteurs liés au patient :
  - sexe féminin
  - âge : entre 20 et 30 ans
  - existence d'une dysfonction des ATM en pré-opératoire

L'existence d'une résorption condylienne diagnostiquée lors du bilan orthodontico-chirurgical ne contre-indique tout de même pas la chirurgie orthognathique.(138)

- dysmorphose dento-squelettique de classe II avec béance antérieure et angle mandibulaire ouvert.

O' Ryan et Epker (139) ont montré que dans cette prédisposition squelettique, la portion antéro-supérieure du condyle ne supporte que peu de contraintes mécaniques.

La rotation antérieure du fragment condylien liée au geste correctif chirurgical de fermeture provoquerait alors la mise en contrainte d'une zone condylienne dont la structure trabéculaire sous-jacente n'est pas préparée aux charges biomécaniques élevées.

Kobayashi et Co montrent aussi que les patients à haut risque qui présentent le plus de résorption condylienne sont les patients rétrognathes et hyperdivergents (140).

- La bascule postérieure du condyle est également un facteur prédisposant (141)

- facteurs liés au geste chirurgical (plus discutés)

- ostéotomie mandibulaire ou bimaxillaire ; quelques cas de RC ont été décrits après un Lefort I, probablement dues à l'autorotation mandibulaire induite. La technique utilisée (intraorale verticale, Obwegeser Dalpont, Epker) ne semble pas avoir été mise en cause.

- L'amplitude du geste d'avancée mandibulaire supérieure à 10 mm est un facteur de risque important par mise en tension excessive des tissus mous. Le déplacement excessif du condyle lors de l'ostéosynthèse du fragment mandibulaire proximal (rotation, torque, déplacement postérieur) est un facteur favorisant de RC.

- Le type d'ostéosynthèse (souple, semi-rigide ou rigide) et le type de blocage maxillo-mandibulaire ainsi que sa durée peuvent également jouer un rôle ; plus de phénomènes de RC ont été décrits avec un blocage souple (fil d'acier) et des FIM prolongées, par rapport à une ostéosynthèse rigide (plaques miniaturisées vissées ou blocage bicortical) associée à un blocage temporaire. (142) Un BMM prolongé entraînerait une mise en compression prolongée de l'ATM réduisant la circulation du liquide synovial et les échanges nutritifs dans l'articulation ce qui provoquerait une RC.

**Seul le positionnement correct du condyle dans la cavité glénoïde au cours des procédures de chirurgie orthognathique est reconnu par tous les auteurs comme un élément fondamental du respect de la physiologie condylienne.** Cela passe par un positionnement condylien le plus « physiologique » possible, une ostéosynthèse semi-rigide permettant un certain degré d'adaptation des condyles à leur nouvel environnement biomécanique, et un blocage maxillo-mandibulaire le plus court possible pour permettre une libre circulation du liquide synovial dans l'espace articulaire.

Une revue de la littérature en 1999 a récapitulé la survenue des RC après chirurgie orthognathique selon les auteurs. (133) Les RC ne surviennent pas seulement chez les patients ayant des fixations rigides. Une occlusion non stable entraîne une surcharge au niveau des condyles.

Dicker et Co (134) voulaient étudier la relation qui existait entre la modification dans la masse et la direction des muscles masticateurs et la persistance de la rotation des condyles qui pourrait aboutir à une résorption condylienne.

L'étude a été faite sur des patients en classe II qui allaient subir une avancée mandibulaire, divisés en deux groupes « long » et « short » faces. Une IRM a été faite avant et 2 ans après la chirurgie. La masse, la force et la section musculaire (muscles M et PM) ont diminué après la chirurgie pour les deux groupes, et les muscles se sont verticalisés de 9° dans le groupe des long-faces. Les rotations des condyles étaient minimales.

Aucune RC ne s'est produite chez ces patients donc ces modifications ne sont pas responsables de résorption condylienne.

Une autre étude s'est intéressée aux résorptions condyliennes post-chirurgicales, en évaluant le traitement sur 8 patients. (143)

La résorption condylienne apparaît dans cette étude seulement dans les cas où il y a eu une ostéotomie mandibulaire et non après un Lefort 1 seul. Les symptômes étaient la douleur, mais aussi des signes de récurrences comme l'altération du profil et de la mastication vers 6 à 7 mois. Certains patients ont eu un traitement occlusal ou prothétique et d'autres une nouvelle intervention chirurgicale.

En conclusion la résorption condylienne après ostéotomie mandibulaire est difficile à traiter, une seconde opération par ostéotomie sagittale des branches montantes combinée à un Lefort 1 ne garantit pas un résultat esthétique et occlusal stable. Le clivage sagittal mandibulaire est contre-indiqué pour traiter les récives causées par la RC. Si une nouvelle chirurgie est nécessaire, il faut privilégier un Lefort 1 ou une ostéotomie segmentaire à la mandibule.

#### ❖ FIXATIONS INTERMAXILLAIRES ET RC

Une étude clinique a été faite en 1994 (142) afin de déterminer si le port de fixation intermaxillaire augmentait le risque de résorption condylienne.

Sur les 1025 patients étudiés aux dysmorphies différentes, 32 patients ont présenté une RC à 1 an sur la radiographie de contrôle.

Tous les cas de RC font clairement partie du groupe des 158 patients qui présentaient une rétrognathie mandibulaire avec une importante divergence mandibulaire.

Ce groupe de 158 patients a donc été examiné :

- 91 patients portaient des fixations intermaxillaires pendant 6 semaines, il y a eu 24 cas de RC soit 26,4%
- 67 patients étaient encouragés à reprendre une fonction précocement, et il y a eu 8 cas de RC soit 11,9%.

Ces résultats étaient significatifs ( $p=0,039$ ).

Il y a une explication morphologique : les patients hypodivergents montraient un volume important de la tête condylienne comparés aux hyperdivergents où la tête du condyle était plus fine et plus fragile radiologiquement.

D'autre part, il y a une influence négative de la fixation intermaxillaire car elle prive le condyle de ses apports nutritifs et fonctionnels.

Il y a aussi un lien entre cette RC et la rotation mandibulaire et de la partie condylienne de la mandibule. La quantité d'avancée intervient également.

En conclusion, la réduction des fixations intermaxillaires semble diminuer l'incidence des résorptions condyliennes après une chirurgie orthognathique chez les patients qui présentaient une dysmorphose de type rétrognathie et hyperdivergence mandibulaire.

### **2.3.2.5 Chirurgie des dysmorphoses sagittales et condyle**

#### 2.3.2.5.1 Condyle et chirurgie de classe II

L'avancée mandibulaire chirurgicale est associée dans la littérature à de nombreuses complications : récives, hypomobilité, et dysfonctions au niveau des ATM, surtout lorsque le condyle est mal positionné pendant la chirurgie.

Une étude (144) montre qu'à court terme, après une avancée mandibulaire avec des fixations rigides, il y a des changements de position du condyle dans tous les plans, mais surtout une position plus latérale, supérieure et postérieure du condyle, et un processus coronoïde plus haut.

D'après Cutbirth et al., les patients qui ont une large avancée mandibulaire et des antécédents de symptômes au niveau des ATM risquent de présenter une résorption condylienne, surtout avec une fixation rigide. (145)

La résorption condylienne atteint 2,3 à 7,7 % des patients traités par OSBM.

Chez les patients avec béance antérieure, l'incidence de la résorption condylienne était supérieure dans les cas de chirurgie bimaxillaire, comparée à celle des cas de Lefort 1 d'impaction seule.

Les changements au niveau du condyle sont moins nombreux quand il n'y a pas de fixations intermaxillaires surtout dans les cas d'ostéotomie de Lefort seule, mais les fixations rigides dans les chirurgies bimaxillaires entraînent 30 % de remodelage condylien et 19% de résorption condylienne.(146)

#### 2.3.2.5.2 Condyle et chirurgie de classe III

D'après l'étude de Lee et Co en 2008 sur des patients en classe III qui subissent un recul mandibulaire chirurgical, il n'y a pas de changement significatif dans la position du disque articulaire, qui aurait plutôt tendance à être positionné plus postérieurement.(147)

Une autre étude montre que l'apparition de signes et symptômes de désordres temporo-mandibulaires est variable après la correction chirurgicale de classe III et n'est pas prédictible, et que la chirurgie orthognathique n'influence pas les seuils de douleurs au niveau des muscles masticateurs tels que le masséter et le temporal (148), contrairement à d'autres études qui soutiennent que la chirurgie de classe III soulagerait les signes d'ADAM.(149)(117).

L'étude de Fang et al montre que la chirurgie avec OSBM et fixations rigides est une technique sûre qui corrige la classe III sans additionner de symptômes au niveau des ATM.(150)

Une autre étude s'intéresse aux déplacements du condyle qui ont lieu durant les 12 mois après une chirurgie orthognathique de classe III bimaxillaire. (151)

Immédiatement après la chirurgie, les condyles prendraient une position antérieure, mais au bout de trois ils se repositionnent distalement.

A 3 mois, il existe une rotation dans le sens sagittal et à 6 mois une rotation coronale, ces rotations peuvent conduire à une récurrence.

Après 6 mois, la position du condyle est relativement stable.

Dans les cas de classe III avec asymétrie faciale, l'ostéotomie sagittale des branches montantes semble être une bonne technique pour stabiliser la position du condyle .(152)

#### 2.3.2.6 Synthèse sur les conséquences de la chirurgie sur le condyle

L'immobilisation mandibulaire prolongée après la chirurgie peut être nocive pour le condyle qui n'a pas de possibilité d'adaptation, entraînant des modifications morphologiques et histologiques au niveau du cartilage. Ces **effets néfastes sont réversibles mais sont à éviter par la mise en fonction progressive des articulations temporo-mandibulaires.**

En ce qui concerne le type d'ostéosynthèse, les systèmes non rigides nécessitent un blocage long et donc une immobilisation prolongée, alors que les fixations rigides manquent de flexibilité pour laisser au condyle la capacité de se remodeler physiologiquement ; **pour le condyle, une ostéosynthèse intermédiaire, semi-rigide, semble la plus appropriée.**

Le bon positionnement du condyle lors de la chirurgie est primordial, notamment dans les cas de fixations rigides, pour améliorer la fonction et la cinétique mandibulaire, diminuer le risque d'apparition de dysfonctions au niveau articulaire, et pérenniser les résultats obtenus.

Bien positionner le condyle peut éviter les risques de récurrences :

- dans les cas de classe II, ne pas avancer la partie proximale mandibulaire et dans les cas de classe III ne pas la reculer dans la fosse mandibulaire
- ainsi, il faut bien maintenir cette partie proximale pendant le blocage métallique et ainsi placer les ostéosynthèses de manière à ce que le condyle soit laissé dans une bonne position.

La résorption condylienne, caractérisée par une diminution du volume condylien, est une pathologie qui peut être une conséquence de la chirurgie orthognathique. Elle arrive plus fréquemment chez la femme, chez laquelle pré-existent des dysfonctions au niveau des ATM, après de larges avancées mandibulaires dans les cas de classe II, notamment en cas de blocage post-opératoire prolongé.

La prévention de cette pathologie passe tout d'abord par **un positionnement condylien chirurgical le plus fidèle à la physiologie articulaire** d'une part, la mise en place d'ostéosynthèse semi-rigide permettant un certain degré d'adaptation des condyles à leur nouvel environnement biomécanique, tout en évitant un blocage prolongé, et par la mise en place en post-chirurgical d'une thérapie physique fonctionnelle favorisant la mobilisation mandibulaire par une série d'exercices. Ceci permet aux articulations de reprendre de façon physiologique leur fonction progressivement.

**L'attention portée à l'articulation et au condyle dans un traitement orthodontico-chirurgical a tout son intérêt pour assurer une reprise optimale de la fonction masticatoire.**

### 2.3.3 Conséquences sur la mobilité mandibulaire

Un des objectifs essentiels de la chirurgie orthognathique est d'améliorer la fonction masticatrice, incluant les mouvements mandibulaires. L'amplitude de mouvement mandibulaire reflète la fonction mandibulaire.

L'hypomobilité mandibulaire après chirurgie a été très discutée dans la littérature mais la durée de cette hypomobilité n'a pas été déterminée. La diminution de l'ouverture buccale maximale peut aller jusqu'à 60 à 70% immédiatement après la chirurgie.(78)

Différentes variantes spécifiques au traitement peuvent influencer la mobilité mandibulaire après une chirurgie orthognathique : le type d'ostéotomie, la technique de stabilisation, l'immobilisation mandibulaire et sa durée, et la rééducation post-chirurgicale.

#### ❖ HYPOMOBILITE APRES OSTEOTOMIES MAXILLAIRES ET MANDIBULAIRES. (153)

Il s'agit d'une étude rétrospective qui compare les valeurs maximales d'ouverture buccale, de protrusion et d'excursions latérales, entre un groupe de patients et un groupe contrôle, entre 6 mois et 42 mois après une chirurgie orthognathique.

- Dans le groupe contrôle, la valeur moyenne d'ouverture était de 54,8mm (4,7mm d'écart type)
- Après un Lefort 1, 48,7mm (5,7mm)
- Après ostéotomie verticale des ramus, 48,6mm (5,7mm)
- Après ostéotomie sagittale des ramus, 35,1 mm (6,7mm)

Ainsi la diminution des valeurs est significative ( $p < 0,05$ ) pour le groupe de patients qui ont eu une ostéotomie sagittale des branches montantes.

Il faut mettre en place d'après l'auteur un régime systématique d'exercices de réhabilitation musculaire post-opératoire pour récupérer une fonction musculaire, des mouvements condyliens et des amplitudes de mouvement normaux après la chirurgie.

❖ LES EFFETS DE LA CHIRURGIE ORTHOGNATHIQUE SUR L'AMPLITUDE DE MOUVEMENT MANDIBULAIRE(77)

Une étude prospective compare l'ouverture maximale et les latéralités avant et 6 mois après la chirurgie orthognathique.

Un changement minime des amplitudes a été noté dans les cas de Lefort 1 seul. Les différences les plus significatives étaient retrouvées chez les patients qui avaient subi une ostéotomie sagittale des branches montantes pour avancer la mandibule avec une réduction importante de la mobilité mandibulaire, plus que dans le groupe des ostéotomies verticales pour reculer la mandibule.

Parmi les procédures chirurgicales combinées, il y a une plus grande réduction des amplitudes à 6 mois pour le groupe qui a eu un Lefort 1 et une OSBM pour une avancée que pour le groupe qui a eu un Lefort 1 et OVBM et un recul.

❖ RECUPERATION DE LA MOBILITE MANDIBULAIRE APRES UNE CHIRURGIE ORTHOGNATHIQUE (78)

L'objectif était d'évaluer le temps de récupération de la mobilité mandibulaire chez trois groupes de patients selon la technique chirurgicale : Lefort I (pas d'immobilisation mandibulaire), ostéotomie verticale des branches montantes (immobilisation trois semaines) et ostéotomie sagittale (pas d'immobilisation). Il s'agissait d'une étude prospective.

La mobilité mandibulaire a été évaluée par la mesure de l'ouverture maximale et des excursions latérales. Il n'y avait pas de différence significative concernant l'ouverture buccale maximale entre les trois groupes avant la chirurgie.

Les résultats montrent :

- Récupération rapide dans le groupe Lefort 1 : 83% de la valeur initiale à 1 mois et récupération complète à 3 mois
- Récupération lente pour les ostéotomies sagittales : 3 mois pour récupérer 80% et 6 mois pour 96% de la valeur initiale
- Récupération rapide après retrait des fixations pour les OVBM (78% à 2 mois)

Dans les trois types d'ostéotomie, il existe une hypomobilité directement après la chirurgie, puis la récupération varie suivant la procédure chirurgicale.

❖ AMPLITUDE DE MOUVEMENT MANDIBULAIRE SELON LE TYPE DE FIXATION

Une étude a évalué l'amplitude de mouvement de la mandibule en fonction du type d'ostéosynthèse.(154)

Il y avait deux groupes dans cette étude, l'ouverture maximale interincisale a été mesurée en pré et post- opératoire, juste après la chirurgie et après un suivi allant jusqu'à 25 semaines.

<b>Fixations rigides</b>	<b>Fixations non rigides</b>
Reprise rapide des fonctions et rééducation musculaire douce post-opératoire	Blocage maxillo-mandibulaire 6 semaines Pas de rééducation musculaire post-opératoire
Diminution faible de l'ouverture buccale chez les patients ayant eu une ostéotomie sagittale des branches montantes combinée ou non à un Lefort 1 (diminution de 3,5 et 3,3mm soit 6,9 et 6,6% )	Diminution importante de 16,8 mm soit 29,6% pour les ostéotomies sagittales mandibulaires seules et de 13,9 mm soit 26,1% pour celles associées à un Lefort 1

Tableau 7 : Amplitude mandibulaire selon le type de fixation

Ainsi, l'ouverture buccale quelques mois après la chirurgie est plus réduite chez les patients ayant eu une fixation non rigide.

## ❖ MODIFICATION DE LA MOBILITE MANDIBULAIRE EN FONCTION DES DIFFERENTES PROCEDURES CHIRURGICALES

Parmi les différentes procédures chirurgicales (Lefort 1 seul, avancée mandibulaire, recul mandibulaire et Lefort 1), seule l'avancée mandibulaire montre une réduction permanente (à 25 mois) de la mobilité mandibulaire. (76)

Dans les cas de classe III, une fixation rigide, une dispense de port de fixations intermaxillaires, ainsi qu'une méthode adaptée de maintien de la position condylienne permettent d'assurer une récupération rapide des niveaux de mobilité préopératoires.

Une revue de la littérature a été réalisée en 2013 par Al Belasy, Tozoglu et Dolwik (155), dans le but d'étudier les effets de la chirurgie sur la mobilité mandibulaire dans le sens vertical, horizontal et sagittal.

Dans ce rapport issu de 7 articles, seulement deux rapportent qu'il y a une diminution de la mobilité mandibulaire deux ans après une chirurgie, et 5 autres qui ne montrent pas de changements permanents de la mobilité mandibulaires. Mais, parmi ces 5 études, 3 sont rétrospectives donc moins puissantes et l'étude prospective n'a pas randomisé les patients ayant eu une chirurgie et de plus était à court terme.

La réduction de la mobilité mandibulaire dépend de la technique chirurgicale et du mouvement effectué.

L'hypomobilité apparaît plus souvent chez les patients en classe II avec une avancée mandibulaire.

## ❖ MODIFICATION DE LA CINEMATIQUE MANDIBULAIRE APRES CHIRURGIE ORTHOGNATHIQUE : ETUDE TRIMENSIONNELLE

Une étude montre, les premiers mois après chirurgie, une diminution de la mobilité mandibulaire, due au trauma chirurgical, à l'œdème et au blocage intermaxillaire, mais les patients retrouvent une amplitude comparable au groupe témoin au bout de 6 mois. (156)

Il existe cependant une modification au niveau des mouvements de translation et de rotation du condyle en ouverture buccale, comparés aux mesures pré-chirurgicales et au groupe contrôle. Les auteurs notent une diminution de la translation et une augmentation de la rotation.

Ceci peut s'expliquer par :

- une adaptation fonctionnelle de la position condylienne au déplacement mandibulaire chirurgical
- un remodelage physiologique du condyle suite à l'opération
- une modification du contrôle musculaire, notamment au niveau des muscles ptérygoïdien latéral et du ligament temporo-mandibulaire.
- Les mécanismes de compensation, qui agissent à travers le système neuro-musculaire et par le rétrocontrôle au niveau de l'ATM, aboutissent à des modifications des mouvements pour donner une bonne fonction.

Certains auteurs disent que les muscles élévateurs voient leurs activités augmentées par l'avancée mandibulaire, ce qui apporte plus de charge au niveau de l'articulation et donc peut aboutir à une pathologie dégénérative du condyle (80)(157), tandis que d'autres observent une diminution de la taille des muscles masséter et ptérygoïdien médial, ce qui diminuerait la charge sur les ATM (102)(59).

**Ainsi, les mouvements mandibulaires sont restaurés après chirurgie mais la cinématique est modifiée.**

## ❖ CONCLUSION SUR LA MOBILITE MANDIBULAIRE APRES CHIRURGIE

Il existe une hypomobilité mandibulaire immédiatement après la chirurgie, puis une récupération progressive des amplitudes mandibulaires. Cette récupération est plus lente chez les patients qui ont subi une ostéotomie sagittale mandibulaire (comparée à celle des patients qui ont eu une ostéotomie de Lefort, et à ceux qui ont eu une ostéotomie verticale des rami).

Les auteurs recommandent de manière systématique la mise en place d'exercices de réhabilitation musculaire post-opératoire avec un kinésithérapeute qui permettent de récupérer des amplitudes mandibulaires normales.

Enfin, la chirurgie orthognathique modifie la cinématique mandibulaire au niveau du condyle ; ces modifications (plus de rotation condylienne, moins de translation), s'expliquent par une adaptation fonctionnelle au déplacement mandibulaire chirurgical, un remodelage physiologique, des modifications du contrôle musculaire et par des mécanismes de compensations gérés par le système neuro-musculaire.

### 2.3.4 Synthèse sur les conséquences musculaires et articulaires de la chirurgie

#### 2.3.4.1 Conclusion sur les conséquences de la chirurgie orthognathique

Tout d'abord, la correction chirurgicale des dysmorphoses engendre des modifications maxillo-faciales considérables :

- **Au niveau squelettique** : les bases osseuses maxillaires et mandibulaires sont déplacées, et ces déplacements peuvent concerner les trois dimensions de l'espace.

- **Au niveau musculaire** : les muscles masticateurs suivent les mouvements osseux, et trouvent ainsi leurs fibres musculaires allongées ou raccourcies, leur volume modifié, et doivent s'adapter à la nouvelle position des os. Leur activité électromyographique est également modifiée. Immédiatement après la chirurgie, l'activité musculaire et la force occlusale sont diminuées. Progressivement et à partir de 6 mois après la chirurgie, les valeurs augmentent et atteignent des valeurs normales.

- **Au niveau articulaire** : le condyle est déplacé par la chirurgie à l'occasion d'une ostéotomie des branches montantes. Son positionnement per-opératoire doit être minutieux pour éviter les dysfonctions articulaires et les récidives.

La mobilité mandibulaire est nettement diminuée en post-chirurgical, mais les patients récupèrent progressivement des amplitudes normales ; la récupération la plus lente concerne les ostéotomies sagittales des branches montantes.

- **Au niveau occlusal** : la chirurgie assure un meilleur engrènement entre les arcades et dans les cas idéaux une classe I canine et molaire. La correction chirurgicale de la dysmorphose permet de créer un guide incisif et un guidage latéral canin efficaces, mais elle permet également de normaliser le feed-back proprioceptif.

De manière globale, d'après la littérature, **la performance masticatrice est augmentée par le traitement orthodontico-chirurgical**, en terme de force musculaire et occlusale développées, de plus, la chirurgie permet d'équilibrer la balance musculaire droite et gauche.

La cicatrisation osseuse se déroule, les muscles se ré-attachent de manière spontanée sur les bases osseuses et s'adaptent au nouveau cadre squelettique, l'occlusion est améliorée et continue d'être perfectionnée par les finitions orthodontiques : l'ensemble de l'architecture maxillo-faciale est ainsi restauré. Cependant, la fonction n'est pas automatiquement récupérée. **Il existe un décalage temporel entre la récupération anatomique et fonctionnelle.**

Après avoir énoncé ces quelques lignes directrices issus du précédent travail d'analyse bibliographique, quelques questions peuvent se poser. **Comment harmoniser la forme et la fonction? Comment mettre en marche un nouveau système masticateur de manière physiologique alors qu'il est encore inconnu pour le patient ?**

Une notion essentielle se dégage de cette réflexion : la notion de **proprioception**. C'est par le jeu de la proprioception que le patient va découvrir la nouvelle configuration anatomique de son appareil masticateur, et par conséquent déclencher des mécanismes adaptatifs qui vont lui permettre de retrouver une nouvelle fonction.

Pour parvenir à un résultat fonctionnel, confortable et équilibré, des moyens doivent être mis en œuvre pour guider le patient dans cette démarche d'adaptation physiologique de son appareil masticateur, qui est en quelque sorte une reconstruction de ces capacités masticatoires.

Ainsi, en plus de l'acte chirurgical qui modifie l'architecture maxillo-faciale, et du traitement orthodontique qui améliore l'occlusion, une gestion fonctionnelle de l'enveloppe musculaire est incontournable. L'association de ces trois éléments optimise le traitement et aboutit assurément à un résultat physiologiquement fonctionnel et stable.

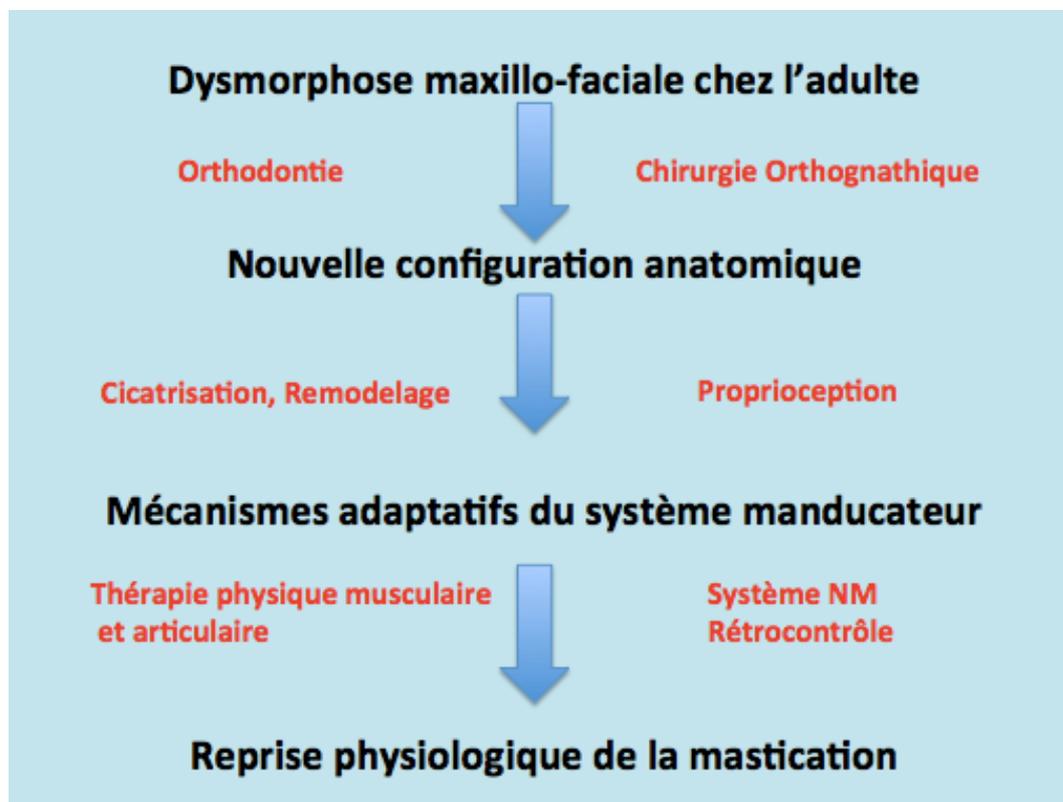


Figure 39 : Adaptation du système masticateur après chirurgie orthognathique (schéma personnel)

### **2.3.4.2 Le ressenti du patient**

L'impression du patient en ce qui concerne son bien-être et son confort après modification de son schéma maxillo-facial est très importante à prendre en compte, en plus des paramètres cliniques et radiologiques.

Des études sur critères subjectifs ont été réalisées.

Tout d'abord, une étude à partir d'un questionnaire sur la satisfaction des patients au niveau fonctionnel (et psychologique) a été réalisée par Pahkala et al. en 2007.(158) Les symptômes au niveau des ATM et les douleurs faciales diminuent.

L'apparence faciale et l'habileté masticatoire augmentent. Les patients qui ont subi un recul mandibulaire semblent plus satisfaits que les patients qui ont eu une avancée mandibulaire au niveau fonctionnel et morphologique.

Il faut préparer le patient à une modification et une adaptation à la nouvelle occlusion qui se fait en 1 à 3 ans et qui est plus longue si le patient est plus âgé.(159)

Une autre étude a été publiée en 2015 , se basant sur un questionnaire sur 53 patients(160). 75% des patients ont décrit une amélioration de l'efficacité masticatoire et 87,5% des patients n'avaient pas de désordres articulaires ou de douleurs au niveau des ATM.

De manière générale, ces travaux évaluant le propre ressenti du patient et se basant sur des critères subjectifs montrent une majorité d'avis positifs.

Après avoir vu les différentes conséquences qu'il peut exister tant au niveau musculaire, qu'articulaire, mais aussi au niveau fonctionnel, il est important d'étudier le rôle du kinésithérapeute et de la gestion musculaire et fonctionnelle en parallèle du traitement orthodontico-chirurgical.

Il s'agira de développer les principes généraux de la rééducation maxillo-faciale, en se concentrant sur les muscles masticateurs, puis de montrer l'importance d'une prise en charge précoce.

### **3. La réhabilitation masticatrice, musculaire et articulaire post-chirurgicale : bilan et perspectives**

#### **3.1 La rééducation oro-maxillo-faciale dans les protocoles chirurgico-orthodontiques**

##### **3.1.1 Historique**

###### ❖ **NAISSANCE DE LA REEDUCATION MAXILLO-FACIALE**

Maryvonne Fournier (kinésithérapeute) et Jean Delaire (chirurgien maxillo-facial) en 1967 à Nantes dans le service de stomatologie et de chirurgie maxillo-faciale, montrent l'importance de la gestion musculaire de la langue pour éviter les récurrences après traitement des dysmorphoses.

Dans ce cadre ont été progressivement mises en évidence les interactions entre toutes les fonctions oro-faciales : la langue dans sa position de repos et ses praxies de déglutition et phonation, les peuciers, en particulier les orbiculaires des lèvres, la ventilation, les ATM, la mastication et l'attitude posturale générale du corps.

Cette réflexion sur le diagnostic des dysfonctions linguales est menée parallèlement aux travaux des américains Barrett (1978), l'initiateur de la myothérapie fonctionnelle, et Garliner (1983). (161)

###### ❖ **REEDUCATION DANS LE CADRE D'UN TRAITEMENT ORTHO-CHIRURGICAL**

La prise en charge pluridisciplinaire des patients implique également l'intervention du kinésithérapeute avant et après la chirurgie.

**Cette prise en charge rééducative a un double objectif : optimiser le confort du patient d'une part et pérenniser la stabilité du traitement d'autre part.**

Celui-ci l'accompagne en effet pour s'investir dans son traitement global, les buts sont :

- de trouver ses nouveaux repères oro-faciaux proprioceptifs
- d'installer les bonnes postures et praxies labiales, jugales, linguales, ventilatoires et masticatoires
- d'établir une cinétique mandibulaire équilibrée (récupération des amplitudes articulaires physiologiques)
- de s'approprier son nouveau visage.

##### **3.1.2 Les séquences kinésithérapiques et suivi**

###### **3.1.2.1 Le protocole général**

###### **3.1.2.1.1 Bilan initial kinésithérapique**

Dès que le plan de traitement orthodontico-chirurgical est décidé, le patient doit être informé de la nécessité d'une rééducation maxillo-faciale.(162)

Le bilan, expliqué au patient, sert de support et d'échange avec le prescripteur et tous les professionnels intervenant dans le suivi pluridisciplinaire du patient.

Il porte sur :

- la langue (position de repos, type de déglutition, position linguale à la phonation, l'allongement du frein, la capacité à mobiliser la langue sur ordre) ;
- les peuciers en particulier des lèvres et des buccinateurs, et du sillon labio-mentonnier ;

- **les muscles masticateurs et les ATM** qui constituent le système musculo-squelettique (mastication préférentielle, cinématique des mouvements mandibulaires, présence de craquements, ressauts, blocages, douleurs, tension ou fatigue des muscles masticateurs) ; l'amplitude des différents mouvements doit être mesurée.
- la ventilation ;
- la présence ou non de para-fonctions ;
- la posture générale du corps

**Toutes ces fonctions sont liées et c'est la mise en place d'une rééducation globale qui va permettre de pérenniser les résultats du traitement chirurgico-orthodontique.**

Physiologiquement et au repos :

- La langue au repos est au contact du palais par sa pointe sur les papilles palatines rétro-incisives sans contact dentaire et par ses bords qui remontent sur les procès alvéolo-dentaires maxillaires latéraux.
- Les dents ne sont pas en contact.
- Les lèvres sont en contact sans crispation.
- La ventilation est ainsi naso-nasale.

#### 3.1.2.1.2 La rééducation en pré-opératoire

Avant la chirurgie, le kinésithérapeute travaille sur :

- la langue, en terme de tonification et de position.
- La levée des tensions musculaires et articulaires. Le but est de placer la mandibule dans une **position neutre et myo-centrée, sans contraintes** ; ceci permettra de faciliter l'intervention chirurgicale et d'optimiser le confort du patient.

Le bilan kinésithérapique pré-opératoire détermine la nécessité éventuelle de commencer tôt la rééducation, en particulier lors d'une immaturité linguale, d'une ventilation buccale et de para-fonctions.

Par exemple, un bruxisme centré entraînera des suites opératoires plus douloureuses et plus longues : douleurs prétragiennes, otalgies, limitation d'ouverture buccale prolongée. La relaxation profonde apprise durant quatre à six mois avant l'opération permet d'éviter cela.

#### 3.1.2.1.3 La rééducation en post-opératoire

La rééducation consiste ainsi à éveiller la proprioception du patient, à lui faire prendre conscience de ses mauvaises postures et dyspraxies, à lui enseigner les bonnes, et lui donner les moyens musculaires et articulaires pour pouvoir les réaliser. L'automatisation des bonnes postures et praxies linguales, masticatrices, labiales, et ventilatoires reste l'unique but utile au traitement ortho-chirurgical.

##### 3.1.2.1.3.1 Période post-opératoire immédiate (3 jours post-chirurgicaux)

C'est la phase d'apprentissage des nouvelles consignes post-opératoires. Elle se déroule généralement pendant la phase d'hospitalisation.

##### ❖ GESTION DU BLOCAGE

En accord avec le chirurgien, après les radiologies de contrôle, le kinésithérapeute augmente progressivement la durée du « déblocage ». **Ce temps de déblocage permet d'assurer l'hygiène bucco-dentaire, l'alimentation et les mouvements mandibulaires ; ainsi cela évite le blocage et l'enraidissement articulaire et musculaire.**

Le but est qu'au bout de deux à trois semaines, on obtienne un déblocage complet diurne (sauf indications orthodontiques).

## ❖ MOUVEMENTS MANDIBULAIRES

Le patient commence doucement les mouvements d'ouverture buccale, de propulsion et de latéralité.

La rééducation permet, sans jamais forcer ni provoquer de douleurs, de libérer la mandibule plus rapidement : les mouvements d'ouverture puis de propulsion et de diduction sont progressivement récupérés.

Dès le premier jour, le patient peut réaliser ces mouvements devant un miroir pour les intégrer visuellement (effet de feed-back visuel).

Il s'agit également de réinstaurer les mouvements inconscients mandibulaires à la parole, garants d'une harmonie des mimiques et évitant l'installation de dysfonctions des ATM.

À la parole, la mandibule doit osciller rapidement et dans de toutes petites amplitudes.

Voici des exemples d'exercices permettant de commencer à récupérer les amplitudes articulaires (163) :

-En ouverture buccale, le patient tire la langue en direction de son menton ;

-En propulsion, la bouche est ouverte et le patient effectue une protrusion de la langue horizontale en direction de son nez.

-En diduction, la bouche est ouverte et le patient effectue en premier lieu une protrusion maximale alternative vers l'oreille droite et gauche, puis une poussée linguale contre les faces endo-buccales droites et gauches.

Le travail lingual de facilitation permet de faciliter la récupération des mouvements limités.

## ❖ REEDUCATION LINGUALE

Le kinésithérapeute contrôle si la langue est bien dans une position haute au repos et pendant la déglutition. Le patient prend conscience de son nouveau volume endo-buccal grâce à sa langue. (164).

En effet, le patient se retrouve avec une perturbation de la conformation de sa boîte à langue. Il est donc important de réhabiliter le patient sur le plan gnosique orofacial qui fait référence à son schéma corporel, en lui faisant explorer la cavité buccale avec sa langue :

- faire le tour du vestibule avec la langue en sentant les arcades dentaires
- passer la langue sur le palais vers l'arrière en partant de la face linguale des incisives maxillaires
- toucher la face linguale des incisives mandibulaires.(163)

La rétroposition de la langue est difficile chez les patients qui présentaient un prognathisme mandibulaire avant la chirurgie. Ceci s'explique par la traction du massif lingual vers l'avant réalisée par le frein lingual par l'insertion musculaire mandibulaire plus antérieure (génio-glosse et myo-glosse).

## ❖ DRAINAGE

Juste après la chirurgie, le patient présente un œdème facial plus ou moins important qu'il faut commencer à drainer dans la période post-opératoire immédiate.

La sollicitation des muscles faciaux et la mobilisation mandibulaire permettent d'initier le **drainage naturel**. Un drainage manuel par le kinésithérapeute est également effectué.

### 3.1.2.1.3.2 Période post-opératoire à court terme

Le patient n'est plus hospitalisé et vient consulter au cabinet de kinésithérapie. Un nouveau bilan est effectué et le patient parle de ses éventuelles doléances.

Le travail de rééducation est fait :

- **sur les articulations temporo-mandibulaires** : gestion des amplitudes et gain progressif de propulsion.

La bonne cinématique des mouvements est récupérée avec un contrôle visuel dans un miroir, les index du patient au regard de ses ATM afin d'intégrer un maximum d'informations sur la mobilité du nouveau visage. Plus la mobilité sera récupérée précocement, mieux ce sera.

Le but est d'augmenter la force musculaire et inverser le processus de dégénérescence et d'atrophie musculaire induits par la chirurgie et l'immobilisation.

- **sur la langue** : contrôle de la tonicité et de la position

Des exercices, appris en progression et supervisés par le masseur-kinésithérapeute, sont répétés quotidiennement entre les séances afin d'éveiller la proprioception intra-buccale et de rééquilibrer les muscles agonistes et antagonistes de la langue.

Les langues ne sont ni trop longues ni trop larges, mais trop musclées vers l'étalement et la protrusion; le travail consiste à retonifier les muscles linguaux permettant de reculer la langue, la rétrécir latéralement et l'ascensionner.

Exemples d'exercices :

- Le « claquement de langue » pour tonifier la langue en position haute
- L' « appui sur un abaisse-langue » pour travailler contre résistance et tonifier ainsi les cinq derniers millimètres de la pointe de langue, nécessaires à de bonnes attaques de la langue, à la prononciation de D et T et à un appui efficace de la pointe de langue lors de la collection salivaire d'une déglutition physiologique
- Le « piston » qui renforce la langue, les mylo-hyoïdiens et les géniohyoïdiens afin d'obtenir une déglutition langue au palais efficace, avec un plancher buccal tonique ne s'affaissant plus.
- La « langue pointue » qui, en tonifiant le muscle transverse de la langue, réduit son étalement latéral
- Le « bâillement » travaille le recul de la langue et tonifie sa base
- La poussée sur un abaisse-langue en direction du nez tout en ouvrant la bouche : cet exercice permet d'augmenter l'ouverture buccale, permet l'étirement de la sangle ptérygo-massétéline, et également la tonification de la langue.

Pour automatiser la position linguale et les bonnes praxies, le patient doit penser à sa posture linguale toute la journée.

- **sur le drainage** : exercices qui vont faciliter la résorption de l'œdème
- **les muscles masticateurs** : une thérapie manuelle (perception et massage des contractures) est réalisée au niveau des muscles masséter et du ptérygoïdien latéral. Tant que le patient ne mastique pas, le kinésithérapeute ne s'occupe pas du temporal et du ptérygoïdien médial.

La thérapie manuelle permet la libération des tensions au niveau de la musculature masticatrice, que l'on retrouve le plus souvent au niveau des masseters, ptérygoïdiens médians et latéraux. Les temporaux ne sont concernés qu'avec la reprise de la mastication. Les tensions musculaires sont très souvent unilatérales.

Le massage par voie endo-buccale révèle très souvent des contractures au niveau de la partie antéro-interne du masséter.

Si ces tensions persistent, il peut se créer une fibrose musculaire qui limitera radicalement l'ouverture buccale.

### 3.1.2.1.3.3 Période post-opératoire à moyen terme

Le patient continue les exercices pour augmenter les amplitudes d'ouverture buccale (augmentation d'un doigt placé entre les incisives maxillaires et mandibulaires par mois), mais aussi de propulsion et de diduction.

La posture et la position linguale doivent être maîtrisées.

La thérapie manuelle concerne de plus en plus de muscles : le masséter, le ptérygoïdien latéral et médial, le temporal, et les muscles sus-hyoïdiens.

En cas de déviation unilatérale, le patient place la pointe de sa langue contre la joue controlatérale à la déviation et effectue une poussée linguale tout en maintenant une ouverture buccale maximale.

En progression, on demande au patient d'ouvrir la bouche en positionnant sa langue contre le palais osseux.

Le recentrage de l'ouverture buccale peut être réalisé par feedback visuel.

Le patient est placé face à un miroir et réalise un mouvement d'ouverture buccale en auto-correction grâce à la perception sensorielle offerte par le placement de ses doigts au niveau des condyles mandibulaires.

Ces exercices de récupération d'amplitudes articulaires se poursuivent au fil des séances jusqu'à l'obtention de valeurs optimales.

### 3.1.2.1.3.4 A long terme

Les objectifs sont de permettre :

- une automatisation des fonctions
- une ouverture buccale :
  - Centrée
  - Complète
  - Sans douleur
  - Sans bruit

Ainsi, au cours du traitement, la qualité et l'amplitude de la mobilité mandibulaire sont renforcées afin d'obtenir une ouverture buccale d'au moins 40 mm au bout de quelques mois, permettant au patient d'avoir une normalité fonctionnelle au quotidien. (164)(162)

Le patient doit pouvoir passer la largeur de 3 doigts entre les incisives maxillaires et mandibulaires.

Il est préférable de récupérer un peu plus d'amplitude (**sur-correction**) car après l'arrêt du travail de rééducation, la diminution de la sollicitation entraîne une perte de 2 à 3 mm.

La fonction et la stabilité peuvent être toutes les deux compromises par une réhabilitation musculaire post-opératoire inadéquate ou incorrecte (qui peut aboutir à une atrophie musculaire, une diminution de la masse musculaire, une fatigabilité musculaire, des altérations du condyle). Il faut donc mettre en place une méthode systématique de rééducation de la fonction masticatoire après les procédures de chirurgie orthognathique. (165)

Il est important de réaliser une rééducation incorporant des exercices dynamiques pour améliorer l'amplitude d'ouverture buccale et la résistance musculaire.

Ceci est un protocole général qu'il faut adapter au cas par cas du fait de la variabilité entre les individus et les différents types de chirurgie. La réhabilitation musculaire la plus complexe concerne celle qui suit les ostéotomies sagittales des branches montantes dans les cas d'avancées mandibulaires.

Augmenter ou diminuer la longueur d'un muscle a des conséquences sur la rééducation après la période d'immobilisation ; les muscles immobilisés dans une position de raccourcissement montrent une diminution significative des propriétés d'extensibilité comparée à la position d'allongement. Les muscles raccourcis nécessitent une rééducation musculaire plus longue (exemple : correction de l'excès vertical).

Il faut noter que les temps de blocage intermaxillaire et la puissance des élastiques utilisés pour fermer les béances peuvent accentuer les crispations musculaires et limiter les capacités de récupération de l'ouverture buccale.

Ainsi, le kinésithérapeute doit motiver, expliquer et encourager le patient à de nombreuses reprises, tout au long de la rééducation.

Le patient doit compter environ 20 séances d'une demi-heure avec une fréquence décroissante. La durée de la rééducation est généralement comprise entre 4 et 18 mois.(161)

**La restauration d'une fonction normale et une stabilité à long terme sont des conditions sine qua non pour le succès d'un traitement orthodontico-chirurgical.**

### **3.1.2.2 La mastication**

Une des fonctions majeures qui est peu décrite dans la littérature est la mastication, qui est pourtant de première importance, puisqu'elle sollicite des contacts sur des zones qui ne l'étaient pas avant l'opération.

#### ❖ « REMISE EN ROUTE » DE LA PHYSIOLOGIE MASTICATRICE

Les premiers jours après l'opération, l'œdème, les plaies et le traumatisme chirurgical engendrent des douleurs ne permettant pas au patient de mobiliser la mandibule.

Progressivement et accompagné par le kinésithérapeute, le patient doit récupérer une **cinématique mandibulaire** adéquate et adaptée à la reprise de la mastication.

#### - les amplitudes articulaires

Elles doivent être regagnées sans douleur ni bruit articulaire (claquement, craquement), l'ouverture buccale et la propulsion doivent être centrées.

Le condyle doit pouvoir effectuer les mouvements de rotation et de translation sans douleur ni obstacle ; dans sa nouvelle position dans la fosse temporale, et par la remise en fonction du système manducateur, le condyle s'adapte physiologiquement et est le siège de remodelage, d'où l'importance d'une réhabilitation précoce et encadrée par un kinésithérapeute afin de guider ce remodelage physiologique adaptatif.

#### - La musculature masticatrice

Les muscles sont dépourvus de contractures ou de spasmes, et renforcés pour permettre des mouvements mandibulaires sans limitation et une force occlusale optimale. La caractéristique de plasticité musculaire permettrait une adaptation des muscles masticateurs au nouveau contexte squelettique durant la période de réhabilitation myo-fonctionnelle.

#### - La nouvelle occlusion statique et dynamique

La correction orthodontico-chirurgicale de l'anomalie dento-squelettique permet de retrouver en fin de traitement une occlusion en classe 1 d'Angle dans la majorité des cas (exceptions des classes II et III thérapeutiques). En parallèle de la gestion musculaire et fonctionnelle, les finitions orthodontiques permettent d'améliorer voire de parfaire l'occlusion statique et dynamique finale.

En occlusion statique, l'occlusion d'intercuspidie maximale doit être équilibrée et reproductible. Le patient présentera et ressentira, par la réintégration de la proprioception desmodontale, une nouvelle occlusion avec un plus grand nombre de contacts dento-dentaires, notamment antérieurs. En effet, la réintégration précoce de la proprioception endo-buccale est très importante après les changements architecturaux suite à la chirurgie.

En ce qui concerne l'occlusion dynamique :

- un guide incisif efficace est établi, avec un recouvrement et un surplomb idéaux ; ce contact dentaire antérieur est généralement nouveau pour le patient et stimule ainsi de nouveaux capteurs proprioceptifs
- en diduction, la protection canine immédiate assure une désocclusion immédiate des secteurs latéraux cuspidés travaillant et non travaillants.

**Ce cadre squelettique, musculaire et dentaire permet ainsi d'assurer une occlusion physiologique efficace, siège d'un nouveau fonctionnement masticateur que le patient va progressivement intégrer.**

#### ❖ MASTICATION ET CALENDRIER ALIMENTAIRE

Le patient doit suivre une progression séquentielle au niveau de son alimentation, adaptée aux conditions du patient, augmentant progressivement la consistance des aliments.

- Les deux premières semaines, le patient a une alimentation strictement liquide : boissons (jus, boissons protéinées), compotes, potages.
- La troisième et quatrième semaine, le patient peut introduire dans son alimentation des éléments plus consistants, sans être durs, des aliments mous et hachés.
- A partir de la 5<sup>ème</sup> semaine, une alimentation normale peut être reprise, avec des consistances molles, fibreuses, et plus dures.

Le patient augmente alors la consistance progressivement, met en jeu les fonctions du cycle masticateur, avec notamment la préhension et l'incision des aliments par les dents antérieures, et la trituration du bol alimentaire au niveau des molaires, avec comme nous l'avons vu des forces occlusales plus développées.

La nouvelle conformation de son appareil masticateur permise par le traitement orthodontico-chirurgical doit assurer **une mastication équilibrée, unilatérale alternée**. Les praticiens doivent donc bien veiller à expliquer l'importance de l'alternance des cotés travaillants lors de la mastication.

*« De la même manière que nous marchons avec nos deux jambes, nous devons mastiquer alternativement des deux côtés. »* Limme (12)

Une mauvaise reprise de la mastication au cours de la réintégration de l'alimentation durant la convalescence peut amener à une mastication unilatérale préférentielle. Cela risque de majorer les contractures musculaires homolatérales et de ralentir le bon positionnement et l'engrènement dentaire contralatéral, mais peut aussi conduire à des récives.

### 3.1.3 Récives et rééducation

La rééducation des fonctions oro-faciales et la réhabilitation musculaire sont essentielles pour obtenir un cadre anatomique et fonctionnel équilibré et stable dans le temps, évitant les récives. A l'issue du traitement, le résultat peut être satisfaisant mais peut se détériorer par la suite. L'instabilité peut se manifester dès la période des finitions.(48)

Les récives se voient essentiellement :

- dans les insuffisances ou les excès sagittaux mandibulaires
- dans les béances antérieures
- dans les endognathies maxillaires.

Les causes les plus fréquentes sont (48) :

- la langue et son interposition lors de la déglutition,
- l'amplitude des mouvements : plus elle est importante et plus les muscles masticateurs étirés vont réagir par une contracture qui s'oppose au déplacement chirurgical,
- un mauvais positionnement du condyle,
- une mauvaise intercuspitation dentaire et une insuffisance de recouvrement qui ne bloquent pas les mouvements,
- une contention inadaptée et trop courte.

Une bonne interdigitation occlusale et une position condylienne normale après la chirurgie orthognathique sont des facteurs importants de prévention des récives.

Les béances antérieures, et ou latérales (bilatérale ou unilatérale avec ou sans déviation mandibulaire), sont la conséquences de spasmes musculaires induit par la chirurgie.

La traction des muscles sus et sous hyoïdiens et les contractures uni ou bilatérales des masséters entraînent un recul et une rotation mandibulaire expliquant l'ouverture de béances post-chirurgicales.

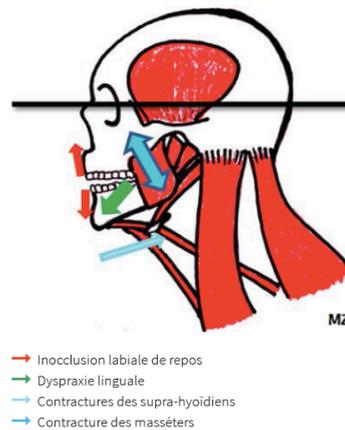


Figure 40 : Les contractures musculaires peuvent être sources de récives (163)  
Courtoisie Isabelle Breton-Torres

Un travail de détente des différents muscles contracturés associé à des postures en fermeture buccale et une flexion cervicale haute, permet le relâchement de ces muscles et ainsi d'inhiber leur action sur la mandibule.(163)

Une contention par élastique peut être associée pour exercer une résistance permanente à ces béances.

En cas de rétrognathie mandibulaire, le kinésithérapeute fait prendre conscience au patient en pré-opératoire de son éventuelle habitude à propulser ; le but est d'éviter que cette propulsion devienne constante, et que le patient ne s'habitue pas à masquer sa dysmorphose. Sans cela, les patients en classe II opérés d'une avancée mandibulaire peuvent se retrouver en classe III.

### **3.2 Apport des exercices précoces de physiothérapie après chirurgie orthognathique**

#### **❖ IMPORTANCE DE LA REHABILITATION MUSCULAIRE DANS LE PLAN DE TRAITEMENT**

La littérature montre l'importance de la prise en charge de l'enveloppe musculaire lors d'un traitement ortho-chirurgical par des exercices dits de « physiothérapie ».

Aragon et ses collaborateurs , en 1985, recommandait un programme de réhabilitation musculaire à la suite d'une chirurgie orthognathique.(77)

Une étude sur 187 patients en classe III qui ont eu une ostéotomie verticale bilatérale des ramus a été réalisée dans le but de montrer l'importance d'une prise en charge musculaire précoce. (166)

Des fixations intermaxillaires ont été portées 12 à 14 jours par les patients, puis, à la dépose des fixations, des instructions de thérapie physique mandibulaire ont été données. L'objectif était d'adapter la musculature masticatrice à la nouvelle position des mâchoires données par la chirurgie, de retrouver les amplitudes de mouvements initiaux et obtenir des résultats stables.

Les instructions données sont :

- ouverture buccale maximale (non déviée), à répéter 3 fois
  - propulsion 3 fois
  - latéralité gauche 3 fois
  - latéralité droite 3 fois
- Ceci correspond à une séquence.

Cette séquence était à répéter pendant 1 heure.

Ensuite des fixations maxillo-mandibulaires ont été prescrites (emplacement choisi par le praticien).

L'ouverture buccale est mesurée avant la chirurgie, puis 1 mois, 3 mois, 6, 12, 18 et 24 mois après la chirurgie.

Ces exercices sont arrêtés lorsqu'une occlusion stable est retrouvée et que l'ouverture buccale était satisfaisante.

L'ouverture buccale a nettement augmenté les six premiers mois, puis à partir du 6<sup>ème</sup> mois il n'y avait pas de différence significative entre les différentes mesures à 12, 18 et 24 mois.

À 6 mois, 95% de l'ouverture buccale a été récupéré.

En conclusion, une période de fixation intermaxillaire réduite et des protocoles de réhabilitation musculaire quotidienne permet la récupération des muscles masticateurs, une ouverture buccale satisfaisante, et la prévention des hypomobilités mandibulaires.

L'effet de la réhabilitation physique sur la fonction mandibulaire après les ostéotomies ramales était l'objet d'une autre étude(44).

La cinétique mandibulaire et l'efficacité masticatoire devraient augmenter après un traitement orthodontico-chirurgical, grâce à une augmentation des contacts occlusaux et d'une meilleure interdigitation des surfaces fonctionnelles dentaires.

Mais des études ont montré une diminution de l'efficacité masticatoire et une hypomobilité mandibulaire dans le sens vertical et des latéralités.

Cette hypomobilité pourrait être due à un problème articulaire pré-existant ou induit par la chirurgie, une atrophie musculaire causée par une longue immobilisation ou par les techniques chirurgicales, ou par un manque de réhabilitation musculaire post-chirurgicale. (153)

Le but de cette étude est d'examiner l'effet d'un programme systématique de rééducation musculaire après une chirurgie mandibulaire, avec une ostéotomie verticale pour un recul, ou sagittale des ramus dans le cas des avancées.

24 patients ont reçu une rééducation selon le protocole de Bell(165), et 24 autres patients n'ont pas eu ce programme.

Il consistait en des exercices de mobilisation mandibulaire passive et active assistée, et d'exercices dynamiques, et le programme débutait au retrait des fixations intermaxillaires, à 6 semaines post-opératoires, et se terminait lorsque les valeurs préopératoires ont été atteintes, et si ce n'était pas le cas le patient continuait 4 semaines consécutives. (3 à 6 mois)

Le groupe contrôle était revu 6 mois à 3 ans après la chirurgie.

Les valeurs d'ouverture, de propulsion et de latéralité ont été relevées en pré et post-chirurgical dans les deux groupes.

De plus, la force occlusale sur la première molaire, la fatigabilité musculaire ont été mesurées, et une évaluation clinique objective, mais aussi subjective par le patient, a été faite au niveau des ATM.

Les patients qui ont eu une OVBM n'ont pas eu de diminution significative des valeurs, que ce soit avec ou sans rééducation.

Cependant, les patients qui ont eu une OSBM et qui n'ont pas bénéficié du protocole de rééducation ont montré une diminution significative des amplitudes mandibulaires mais aussi de la force occlusale, et une augmentation significative des fatigabilités musculaires comparées au groupe avec rééducation. La force occlusale chez les patients prognathes n'a pas été modifiée significativement par la chirurgie, alors qu'elle a été significativement augmentée chez les patients en classe II et ayant eu une réhabilitation musculaire.

La mobilisation précoce de la mandibule permise par des fixations rigides permettrait de réduire les séquelles d'un blocage prolongé comme une atrophie musculaire.

**Les mouvements et les contractions musculaires sont requis pour maintenir la force et l'endurance musculaire. Les exercices permettraient de recruter les unités motrices et ainsi d'augmenter les capacités musculaires.**

#### ❖ L'APPORT D'UNE REHABILITATION MUSCULAIRE ET ARTICULAIRE PRECOCE

Plus récemment, les auteurs montrent l'intérêt d'une réhabilitation **précoce** sur la récupération de la fonction mandibulaire.

Dans une étude, réalisée sur les patients après chirurgie orthognathique de correction de classe III, les praticiens s'appuient d'une part sur l'analyse des mouvements mandibulaires, et d'autre part sur l'activité électromyographique des muscles masticateurs.

#### → Analyse des mouvements mandibulaires(167)

Le premier mois, les amplitudes mandibulaires et les mouvements condyliens diminuent nettement, expliqués par les conséquences cliniques et biologiques de la chirurgie :

- atrophie musculaire et dénervation
- contractures cicatricielles au niveau du site chirurgical
- diminution de la force, de la masse, de la longueur et de l'extensibilité musculaire
- altération morphologique du condyle.

Les fonctions orales et les mouvements mandibulaires sont ainsi perturbés.

La récupération de la fonction masticatoire est un indicateur d'évaluation d'une chirurgie orthognathique (concernant la satisfaction du patient et la qualité de vie).

Les bénéfices d'une physiothérapie seraient (44):

- augmenter la vascularisation musculaire
- augmenter la masse et la force musculaires
- diminuer la fatigabilité musculaire.

Dans cet article, l'effet d'une physiothérapie musculaire sur les mouvements mandibulaires des patients ayant subi une correction chirurgicale de classe III a été évalué à trois temps différents.

Les procédures chirurgicales étaient un Lefort 1 et une ostéotomie bilatérales des branches montantes.

Aucun patient n'a porté de fixations intermaxillaires.

Deux groupes ont été évalués : un groupe qui bénéficient d'une réhabilitation précoce après chirurgie et conseils alimentaires, et un groupe contrôle qui ne bénéficient ni de physiothérapie ni d'instructions diététiques.

Les mouvements condyliens étaient analysés dans les 6 degrés de liberté par un système utilisant des pulsations ultrasoniques (Jaw Motion Analyzer System ®).

Les patients et le groupe contrôle étaient évalués à :

- T1 : avant chirurgie
- T2 : 6 semaines après chirurgie
- T3 : 6 mois après chirurgie.

Le protocole de réhabilitation précoce post-chirurgical était le suivant :

- les 7 premiers jours : éviter les mouvements mandibulaires
- de la deuxième à la quatrième semaine : le patient doit effectuer des mouvements mandibulaires fonctionnels actifs, incluant 6 répétitions d'ouverture maximale (qui durent chacune 30 secondes), 10 répétitions d'excursions latérales (5 secondes chacune) et 10 répétitions de mouvement de protrusion et de rétrusion (5 secondes)
- la cinquième et sixième semaine : 6 répétitions de mouvements d'ouverture maximale passifs à l'aide d'un abaisse langue en appuyant sur la mandibule au maximum, 10 répétitions d'excursions latérales, 10 répétitions de mouvements protrusifs et rétrusifs, ainsi que 3 répétitions d'exercices de fermeture en OIM en serrant les dents, pendant 10 secondes, afin d'entraîner la contraction isométrique des muscles masticateurs.

Ces séquences devaient être effectuées trois fois par jour avant chaque repas.

Après chaque série, les patients peuvent effectuer un massage manuel au niveau des muscles masticateurs.

Au niveau alimentaire, les patients devaient manger :

- liquide les deux premières semaines
- mou la troisième et quatrième semaine
- normalement à partir de la cinquième semaine.

Les résultats montrent des valeurs d'amplitudes mandibulaires plus importantes chez le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle à T2, mais il n'y a pas de différence significative à T3.

Les exercices actifs et passifs de mouvements mandibulaires permettent un étirement musculaire et ainsi une récupération plus rapide d'une meilleure ouverture buccale, et des mouvements physiologiques.

Ainsi la réhabilitation musculaire précoce permet une récupération des mouvements mandibulaires plus précoce après correction chirurgicale bimaxillaire des classes III.

Cependant, à 6 mois, les amplitudes récupérées sont globalement similaires dans les deux groupes.

Il n'a pas été reporté de douleur au niveau des muscles masticateurs et des ATM pendant cette période de réhabilitation.

→ Analyse de l'activité électromyographique des muscles masticateurs (168)

En ce qui concerne la récupération de l'activité électromyographique musculaire, mesurée à la surface des muscles masséter et temporal antérieur, elle est plus rapide dans le groupe expérimental (comparaison T1 à T2) mais il n'y a pas de différence significative dans les phases tardives (T2 à T3).

Une réhabilitation précoce après chirurgie permet alors de récupérer rapidement l'activité musculaire au niveau des muscles masticateurs. Cependant, après la fin des exercices, il n'y a pas de différence dans la récupération musculaire entre les patients qui bénéficient des exercices de physiothérapie et les patients qui n'en bénéficient pas.

Une autre étude a évalué la stabilité du traitement chirurgical avec ostéotomies verticales et une courte période de fixations intermaxillaires suivies d'exercices précoces. (169)  
Après une ostéotomie verticale des branches montantes pour corriger un prognathisme mandibulaire, les fixations maxillo-mandibulaires sont habituellement portées 6 semaines, en raison d'une absence d'ostéosynthèse rigide, en comparaison avec les ostéotomies sagittales (deux semaines). Cette étude propose des exercices précoces dans les cas d'ostéotomie verticale avec un jour de fixations intermaxillaires et des mouvements mandibulaires contrôlés dès le deuxième jour. Les exercices consistaient en une série d'ouverture (en prononçant le « A ») et de fermeture (en prononçant le « I »), tout en contrôlant manuellement la symétrie des mouvements, pendant 15 minutes, à répéter 4 fois par jour, et ce jusqu'à 6 mois en post-opératoire.

Les stabilités squelettique et dentaire sur analyse céphalométrique ont été évaluées à 6 mois et un an. Les résultats montrent une stabilité squelettique et dentaire identique aux cas qui gardent les FMM sans mobilisation pendant 6 semaines, ce qui montre que des exercices précoces de mobilisation mandibulaire ne nuisent pas à la stabilité du traitement et donc de la position des maxillaires.

**Ainsi, commencer des exercices de mouvements mandibulaires de façon précoce semble être bénéfique et permet au patient d'éviter les longues périodes de fixations intermaxillaires, et donc d'effectuer leurs activités habituelles plus tôt.**

❖ QUAND COMMENCER LES MOUVEMENTS MANDIBULAIRES APRES UNE CHIRURGIE ORTHOGNATHIQUE ?

D'après la littérature, les auteurs sont contradictoires sur la durée post-chirurgicale après laquelle les patients peuvent commencer des mouvements mandibulaires fonctionnels ; cela peut être le deuxième jour (Ohba et collaborateurs en 2013 (169)), la deuxième semaine après chirurgie pour Aragon et Van Sickels en 1987 (154), Boyd et Karas en 1991(78), au douzième jour pour Jung en 2012 (166), et à la troisième semaine pour Palmieri et Ellis dans le cadre d'une fracture condylienne (170).

**La deuxième semaine est la période la plus largement acceptée pour commencer une réhabilitation musculaire, qui reste précoce.**

### **3.3 Nouvelles perspectives : Apport des contraintes masticatrices**

#### **3.3.1 Efficacité des exercices de mastication en ODF**

Comme nous l'avons vu dans la première partie, le développement de contraintes masticatrices est essentiel pour la croissance des maxillaires et la mise en place d'une mastication équilibrée.

Dans la littérature, parmi les outils utilisés pour augmenter les capacités masticatoires du patient, des gommes ont été prescrites en complément des thérapeutiques orthodontiques.

Diverses études ont montré l'intérêt des exercices de mastication de gommes, le plus souvent de consistance dure, dans l'augmentation de la force occlusale, de l'efficacité masticatoire, et de la qualité occlusale.

Kachi en 1987 (171) a rapporté que l'efficacité masticatoire était augmentée par des exercices de mastication d'une gomme dure pendant trois fois 3 minutes et ceci durant 13 semaines chez les enfants.

Kiliaridis et ses collaborateurs en 1995 (172) ont montré que la mastication d'une gomme dure pendant une heure par jour pendant 28 jours augmente significativement la force occlusale maximale chez les adultes.

Okazaki en 1999 (173) a rapporté que la mastication de chewing-gum pendant trois minutes par jour pendant un an augmente significativement l'efficacité masticatoire et la force occlusale chez les jeunes enfants.

Masumoto et collaborateurs en 2009(174) ont rapporté qu'une mastication quotidienne de gomme avant et après les trois repas pendant 4 semaines augmente les contacts occlusaux et la force occlusale chez des adultes.

Ces auteurs montrent également que les exercices de mastication permettraient de stabiliser l'occlusion verticale. (174)

En effet, après la correction d'une béance antérieure, de façon orthodontique, ou bien chirurgicale, avec impaction maxillaire et autorotation mandibulaire, il est nécessaire de préserver la position verticale des dents postérieures impactées ou du maxillaire impacté.

L'intensité et la durée de la force appliquée sur les dents lors de la mastication sont des facteurs importants pour les mouvements dentaires.

Pour préserver la position verticale des dents ingrossées, il faut donc augmenter la force appliquée sur les molaires et la durée des contacts occlusaux.

Le but de leur étude est d'examiner l'effet des exercices de mastication sur l'augmentation des surfaces de contact occlusal et la force occlusale.

Les participants devaient mâcher une gomme environ 30 à 45 minutes par jour (3 fois 10-15 minutes), en dehors des repas, pendant 4 semaines

Les paramètres occlusaux ont relevés avant la période des exercices T1, après les exercices T2 et 1 mois après l'arrêt de l'expérimentation T3.

Les paramètres étaient : les aires de surfaces de contacts occlusaux, ainsi que la force occlusale (il en est déduit la pression occlusale).

Les mesures ont également été faites sur le groupe antérieur et postérieur (à partir de la première molaire).

Les résultats montrent que les valeurs étaient significativement augmentées à T2.

L'augmentation des aires de surface de contacts et de la force occlusale était plus importante surtout au niveau du secteur antérieur.

Ceci s'explique par le fait qu'il existe une ingression molaire et donc plus de contact au niveau antérieur.

Cependant, il n'y avait pas de différence significative entre T1 et T3 ; l'effet s'arrête dès l'arrêt des exercices.

En conclusion de leur étude, le programme quotidien des exercices de mastication de gomme augmente les aires de contacts occlusaux ainsi que la force occlusale et déplace la balance occlusale sagittale plus antérieurement.

Les patients qui ont eu une correction de leur béance antérieure doivent effectuer cet exercice plus d'un mois pour maintenir les résultats.

Dans un autre protocole, He et collaborateurs en 2013 (175) ont montré que la mastication d'une gomme en silicone pendant 4 mois augmentait la puissance musculaire et la force occlusale maximale, mais après arrêt des exercices ils notaient une diminution de ces valeurs.

He et al en 2013(175), et Ohira et al en 2012(176) démontrent que l'introduction de contraintes masticatrices fortes augmente de façon significative l'activité de la musculature masticatrice et son efficacité, ainsi que la force occlusale, et donc améliore la fonction masticatrice .

Makaremi et De Brondeau en 2015 (177) montrent que la mastication d'une gomme dure pendant 6 mois, après une thérapie orthopédique pour la correction du sens transversal par Quad-Helix (endoalvéolie), apporte une stabilité dans la dimension transversale (distance intermolaire) et un meilleur engrènement occlusal, avec redressement des axes molaires dans le plan frontal ( maintien d'un torque radiculo-vestibulaire) .

**Ainsi, l'utilisation d'une gomme peut être très efficace pour améliorer l'occlusion et augmenter les forces musculaires.**

### **3.3.2 Les contraintes masticatrices après chirurgie orthognathique**

#### **3.3.2.1 Evaluation de l'apport des exercices de mastication après une chirurgie orthognathique**

Une étude longitudinale avait pour objectif d'évaluer l'efficacité des exercices de mastication après une chirurgie orthognathique. (178)

47 patients présentant une dysmorphose de classe III ont participé à l'étude : 34 patients qui bénéficiait d'un programme d'exercices, comparés à 13 patients du groupe contrôle. De plus, la comparaison avec un groupe de 20 sujets présentant une occlusion normale avait été effectuée.

Les exercices commençaient 6 mois après la chirurgie, après la disparition des lésions et des douleurs, et après la cicatrisation osseuse.

Ils consistaient à mastiquer un chewing-gum pendant 5 minutes deux fois par jour, pendant 90 jours.

La gomme choisie présentait une dureté adaptée pour pouvoir être résistante à la mastication pendant 90 jours, et ne pas coller aux arcs orthodontiques, et étaient faibles en sucre.

L'efficacité masticatrice était évaluée par les paramètres suivants :

- efficacité masticatoire : dégradation de granules d'ATP (adénosine triphosphate) insoluble dans l'eau et analyse spectrophotométrique de la taille des particules après mastication. Cette méthode a été décrite par Masuda en 1981(179).
- le nombre de contacts occlusaux et l'aire de surface de contacts occlusaux
- la force de morsure occlusale maximale (papier occlusal sensible à la pression relié au système informatique).

Les mesures ont été effectuées trois fois : avant la chirurgie, à 6 mois et à 1 an après la chirurgie.

Les valeurs relevées chez les sujets en classe III avant la chirurgie étaient significativement inférieures aux valeurs du groupe présentant une occlusion de classe I.

En ce qui concerne les trois paramètres étudiés, les valeurs ont augmenté graduellement après la chirurgie, mais l'augmentation était significativement supérieure dans le groupe qui a mastiqué les gommes.

Cependant ces valeurs restaient tout de même inférieures à celle du groupe dont l'occlusion est normale à un an.

Les corrélations étaient significativement positives entre l'exécution des exercices de mastication et l'augmentation de l'efficacité masticatoire et la force occlusale. L'augmentation n'était pas significative en ce qui concerne le nombre de et l'aire des surfaces de contacts occlusaux.

En définitive, les exercices de mastication incluant des gommes à mâcher après une chirurgie orthognathique sont efficaces car ils permettent d'augmenter l'efficacité masticatoire et la force occlusale maximale. Ainsi ils doivent être intégrés dans le plan de traitement global.

### 3.3.2.2 Synthèse, interprétations et hypothèses

Aux vues de la compréhension de la physiologie de la mastication et de la cicatrisation osseuse, ainsi que de l'analyse de la littérature sur la rééducation dans ce travail, différents éléments principaux se dégagent :

- Le traitement orthodontico-chirurgical apporte des modifications architecturales et donc modifie la physiologie masticatrice.
- Le jeu musculaire masticateur et articulaire doit s'adapter physiologiquement à cette nouvelle configuration et donc une rééducation de l'appareil masticateur est nécessaire et ceci de façon **précoce**. Une immobilisation mandibulaire prolongée entraînerait un enraidissement et une atrophie musculaire, sans laisser au condyle la capacité de s'adapter aux nouvelles conditions post-opératoires.
  - L'acquisition d'une **proprioception rapide** est indispensable pour garantir une « remise en route » efficace de la physiologie masticatrice.
  - Les processus de cicatrisation osseuse sont stimulés par **les contraintes compressives**.
    - La mastication de gommes dures améliore l'efficacité masticatoire ainsi que la force musculaire et occlusale, elle est un outil thérapeutique en orthopédie dento- faciale.
    - En plus d'une rééducation musculaire et articulaire, des exercices de mastication après une chirurgie orthognathique améliorent l'efficacité masticatoire et la force occlusale maximale.

Ainsi, des exercices de mastication de gommes pourraient être introduit dans le programme de réhabilitation musculaire post-chirurgicale.

Comme nous l'avons vu, si l'apport des contraintes masticatoires fortes à l'amélioration de l'occlusion et de l'efficacité masticatoire et à la stabilité d'une thérapeutique orthodontique a été montré par de nombreuses études, seulement une étude utilisant une gomme moins dure a été publiée dans le cadre d'un traitement orthodontico-chirurgical.

Dans le cadre d'une rééducation myo-fonctionnelle maxillo-faciale, il serait donc intéressant de proposer aux patients, après la chirurgie, des exercices de mastication utilisant un élément de consistance dure, et ceci de façon précoce, après un délai de cicatrisation de 6 semaines, après avoir passé les périodes post-opératoires immédiates (fatigue, douleurs dues au traumatisme chirurgical, œdème) et laissant le temps au cal osseux de se former. Des exercices détaillés pourrait être prescrits au patient, pour les différencier de la reprise de l'alimentation « normale » associant les diverses consistances, faisant travailler la propulsion mandibulaire et les diductions de manière équilibrée.

Une étude pourrait donc être mise en place pour déterminer si les contraintes masticatoires dures peuvent être un outil dans l'amélioration fonctionnelle masticatrice, et dans la stabilisation occlusale post-chirurgicale.

## Conclusion

Le traitement orthodontico- chirurgical des dysmorphoses permet de rétablir les fonctions maxillo-faciales, notamment la mastication et l'occlusion, et d'harmoniser l'esthétique du patient.

La chirurgie orthognathique, en déplaçant les bases osseuses, va entraîner des modifications conséquentes au niveau musculaire et articulaire. Ces conséquences varient en fonction de la dysmorphose initiale et de la technique chirurgicale.

Ainsi, pour permettre au patient de s'adapter à son nouveau schéma facial, en parallèle du traitement orthodontique et chirurgical, une réhabilitation musculaire et articulaire est nécessaire.

Cette rééducation est un atout pour le patient. Comme dans les traitements orthopédiques (rachis, membres), l'intégration dans le plan de traitement de la rééducation kinésithérapique vise à donner un équilibre musculaire fonctionnel.

Une bonne gestion musculaire et articulaire avant et après la chirurgie permet d'éviter les récurrences d'origine musculaire et articulaire.  
Une rééducation réussie conduit à un maintien des résultats obtenus sur le long terme.

Pour être efficace, cette rééducation doit être mise en place de manière précoce, avec une mise en fonction du système manducateur peu de temps après la chirurgie.

L'intégration de nouveaux exercices, notamment de mastication, permettrait au patient d'acquiescer une meilleure efficacité masticatoire dans un schéma squelettique et occlusal nouvellement créé par la chirurgie.

# Bibliographie

1. Gola R, Cheynet F, Richard O, Guyot L. Faut-il opérer les syndromes algo-dysfonctionnels de l'appareil manducateur (SADAM) ? E-Mém Académie Natl Chir. 2005;4(3):30-41.
2. Poirier J, Ribadeau-Dumas J-L. Les tissus musculaires. Histologie. 1993. (Paris: Masson).
3. Sciote JJ, Rowleson AM, Hopper C, Hunt NP. Fibre type classification and myosin isoforms in the human masseter muscle. J Neurol Sci. 1994 Oct;126(1):15-24.
4. Duminil G, Laplanche O, Carlier J-F, Ré J-P. L'occlusion tout simplement. Espace ID Presse Edition Multimédia. 2013.
5. Pepicelli A, Woods M, Briggs C. The mandibular muscles and their importance in orthodontics: A contemporary review. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2005 Dec;128(6):774-80.
6. Guimarães TB, Brandão Ferreira M, Wakamatsu A, Oliveira SR, Guimarães AS, Galdames I, et al. Muscle Fiber Type Composition, Fiber Diameter, Capillary Density in Temporalis and Masseter Muscles and Correlation with Bite Force. 2013;31(2):747-53.
7. Raoul G. Plasticité du masseter humain : relation entre les chaînes lourdes de myosine et la dysmorphose dento-maxillo-faciale [Thèse de doctorat]. Lille; 2008.
8. Bonnefoy C, Chikhani L, Dichamp J. Anatomie descriptive et fonctionnelle de l'articulation temporo-mandibulaire. EDP Sci Spéc Anat. 2013 Oct;AOS 265:4-18.
9. Kamina P. Anatomie Clinique. 4ème ed. Vol. Tome 2. Maloine.
10. Barale G, Fleiter B, Hippolyte M. Collège National d'Occlusodontie : Lexique. 2001. (Paris: Quintessence International).
11. Azerad J. Physiologie de la manducation. Masson; 1992.
12. Limme M. Conduites alimentaires et croissance des arcades dentaires. Rev Orthop Dento Faciale. 2002;36:289-309.
13. Maniere-Ezvan A, Tamine F. Croissance et rééducation fonctionnelle oro-faciale : le rôle de l'omnipraticien. Réal Clin. 2005;16(1):63-74.
14. Le Gall M, Lauret J. Occlusion et fonction. Une approche clinique rationnelle. 2002. (Paris : Cdp).
15. Boileau M-J, Sampeur M, Bazert C. Physiologie et physiopathologie de la mastication. EMC Médecine Buccale. 2008;(28-155-M-10).
16. Bakke M, Tuxen A, Vilman P, Jensen B, Vilmann A, Toft M. Ultrasound image of human masseter related to bite force, electromyography, facial morphology, and occlusal factors. Scand J Dent Res. 1992;100(3):164-71.
17. Bakke M, Michler L. Temporalis and masseter muscle activity in patients with anterior open bite and craniomandibular disorders. Scand J Dent Res. 1991;99(3):219-28.
18. Orthlieb J, Darmouni L, Pedinielli A, Jouvin Darmouni J. Fonctions occlusales : aspects physiologiques de l'occlusion dentaire humaine. EMC Médecine Buccale. 2013 Février;8(1).

19. English J. Early treatment of skeletal open bite malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;121(6):563-5.
20. Makaremi M. Interview avec le Pr D.E Lieberman. *Rev Orthop Dento Faciale.* 2015;49:7-10.
21. Peyron M, Woda A. Adaptation de la mastication aux propriétés mécaniques des aliments. *Rev Orthop Dento Faciale.* 2001;35:405-20.
22. Anderson K, Throckmorton G, Bushang P, Hayasaki H. The effects of bolus hardness on masticatory kinematics. *J Oral Rehabil.* 2002;29(7):689-96.
23. Lieberman DE, Krovitz GE, Yates FW, Devlin M, St. Claire M. Effects of food processing on masticatory strain and craniofacial growth in a retrognathic face. *J Hum Evol.* 2004 Jun;46(6):655-77.
24. Zink KD, Lieberman DE. Impact of meat and Lower Palaeolithic food processing techniques on chewing in humans. *Nature.* 2016 Mar 24;531(7595):500-3.
25. Cunningham SJ, Johal A. Orthognathic correction of dento-facial discrepancies. *Br Dent J.* 2015 Feb 13;218(3):167-75.
26. Canal P, Goudot P. Dymorphoses maxillo-mandibulaires. *Traitement orthodontico-chirurgical.* Elsevier Masson. 2012. (Techniques Dentaires).
27. Jacobs JD, Sinclair PM. Principles of orthodontic mechanics in orthognathic surgery cases. *Am J Orthod.* 1983 Nov 1;84(5):399-407.
28. Defrennes G, Garreau E, Ferri J, Defrennes D. Ostéotomies maxillomandibulaires : techniques chirurgicales et indications. *EMC Tech Chir Chir Plast Reconstr Esthét.* 2016 fév;11(1).
29. Luther F, Morris DO, Karnezi K. Orthodontic treatment following orthognathic surgery: how long does it take and why? A retrospective study. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2007 Oct;65(10):1969-76.
30. Yellich G, McNamara J, Ungerleider J. Muscular and mandibular adaptation after lenghtening, detachment, and reattachment of the masseter muscle. *J Oral Surg Am Dent Assoc* 1965. 1981;39(9):656-65.
31. Ferri J, Ricard D, Genay A. Posterior Vertical Deficiencies of the Mandible: Presentation of a New Corrective Technique and Retrospective Study of 21 Cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008 Jan;66(1):35-44.
32. Hohl TH. Masticatory muscle transposition in primates: Effects on craniofacial growth. *J Maxillofac Surg.* 1983 Jan 1;11:149-56.
33. Maxwell LC, Carlson DS, McNamara JA, Faulkner JA. Adaptation of the masseter and temporalis muscles following alteration in length, with or without surgical detachment. *Anat Rec.* 1981 Jun;200(2):127-37.
34. Song HS, Park CG. Masseter muscle atrophy after ostectomy of the mandibular angle in rabbits. *Plast Reconstr Surg.* 1997 Jan;99(1):51-60.
35. Ellis III E, Carlson DS. Stability two years after mandibular advancement with and without suprahyoid myotomy: An experimental study. *J Oral Maxillofac Surg.* 1983 Jul;41(7):426-37.
36. Marsell R, Einhorn TA. The biology of fracture healing. *Injury.* 2011 Jun;42(6):551-5.

37. Reina N, Lafosse JM. Biomécanique de l'os, application au traitement et à la consolidation des fractures. EMC Appar Locomoteur. 2014 Avril;9(2).
38. Sedel L, Vareilles J-L. Consolidation des fractures. EMC Appar Locomoteur. 1992
39. Bell WH, Fonseca RJ, Kenneky JW, Levy BM. Bone healing and revascularization after total maxillary osteotomy. J Oral Surg Am Dent Assoc 1965. 1975 Apr;33(4):253-60.
40. Bell WH, Kennedy JW. Biological basis for vertical ramus osteotomies--a study of bone healing and revascularization in adult rhesus monkeys. J Oral Surg Am Dent Assoc 1965. 1976 Mar;34(3):215-24.
41. Bell WH, Schendel SA. Biologic basis for modification of the sagittal ramus split operation. J Oral Surg Am Dent Assoc 1965. 1977 May;35(5):362-9.
42. Hasegawa T, Tateishi C, Uchida R, Nishi C, Furudoi S, Shibuya Y, et al. Osseous healing after a sagittal splitting ramus osteotomy. Int J Oral Maxillofac Surg. 2011 May;40(5):475-82.
43. Boutault F, Diallo O-R, Jalbert F, Lopez R, Lauwers F. Nouveau modèle de miniplaques pour les ostéotomies maxillaires. Rev Stomatol Chir Maxillofac. 2010 Feb;111(1):7-10.
44. Storum KA, Bell WH. The effect of physical rehabilitation on mandibular function after ramus osteotomies. J Oral Maxillofac Surg. 1986 Feb 1;44(2):94-9.
45. Roh Y-C, Shin S-H, Kim S-S, Sandor GK, Kim Y-D. Skeletal stability and condylar position related to fixation method following mandibular setback with bilateral sagittal split ramus osteotomy. J Cranio-Maxillofac Surg. 2014 Dec;42(8):1958-63.
46. Mavili ME, Canter HI, Saglam-Aydinatay B. Semirigid Fixation of Mandible and Maxilla in Orthognathic Surgery: Stability and Advantages. Ann Plast Surg. 2009 Oct;63(4):396-403.
47. Luhr HG. The significance of condylar position using rigid fixation in orthognathic surgery. Clin Plast Surg. 1989 Jan;16(1):147-56.
48. Béziat J-L, Aknin J-J, Babic B. Chirurgie orthognathique piézoélectrique. Diagnostic, indications, préparation orthodontique, réalisation des plans d'occlusion, techniques chirurgicales piézoélectriques. EDP Sciences. 2013.
49. Siniscalchi EN, Catalfamo L, Allegra A, Musolino C, De Ponte FS. Titanium miniplates: a new risk factor for the development of the bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaw. J Craniofac Surg. 2013 Jan;24(1):e1-2.
50. Yang L, Xu M, Jin X, Xu J, Lu J, Zhang C, et al. Skeletal stability of bioresorbable fixation in orthognathic surgery: A systemic review. J Cranio-Maxillofac Surg. 2014 Jul;42(5):e176-81.
51. Grünheid T, Langenbach GEJ, Korfage JAM, Zentner A, Eijden TMGJ van. The adaptive response of jaw muscles to varying functional demands. Eur J Orthod. 2009 Dec 1;31(6):596-612.
52. Gedrange T, Büttner C, Schneider M, Lauer G, Mai R, Oppitz R, et al. Change of mRNA amount of myosin heavy chain in masseter muscle after orthognathic surgery of patients with malocclusion. J Cranio-Maxillo-fac Surg Off Publ Eur Assoc Cranio-Maxillo-fac Surg. 2006 Sep;34 Suppl 2:110-5.
53. Ayoub AF, Trotman CA, Stirrups DR, Wilmot JJ. Stability of bimaxillary osteotomy following surgical correction of class II skeletal deformities: a two-centre study. Br J Oral Maxillofac Surg. 1997 Apr;35(2):107-15.

54. Proffit WR, Phillips C, Prewitt JW, Turvey TA. Stability After Surgical-Orthodontic Correction of Skeletal Class Iii Malocclusion. 2. Maxillary Advancement. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1991;6(2):71-80.
55. Eckardt L, Harzer W, Schneevoigt R. Comparative study of excitation patterns in the masseter muscle before and after orthognathic surgery. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 1997 Dec;25(6):344-52.
56. Harzer W, Worm M, Gedrange T, Schneider M, Wolf P. Myosin heavy chain mRNA isoforms in masseter muscle before and after orthognathic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2007 Oct;104(4):486-90.
57. Maricic N, Stieler E, Gedrange T, Schneider M, Tausche E, Harzer W. MGF- and myostatin-mRNA regulation in masseter muscle after orthognathic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2008 Oct;106(4):487-92.
58. Breuel W, Krause M, Schneider M, Harzer W. Genetic stretching factors in masseter muscle after orthognathic surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2013 Sep;51(6):530-5.
59. Dicker G, Van Spronsen P, Van Schijndel R, van Ginkel F, Manoliu R, Boom H, et al. Adaptation of jaw closing muscles after surgical mandibular advancement procedures in different vertical craniofacial types: a magnetic resonance imaging study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2007 Apr;103(4):475-82.
60. Raustia AM, Oikarinen KS. Changes in electric activity of masseter and temporal muscles after mandibular sagittal split osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1994 Jun;23(3):180-4.
61. Ingervall B, Ridell A, Thilander B. Changes in activity of the temporal, masseter and lip muscles after surgical correction of mandibular prognathism. *Int J Oral Surg.* 1979 Aug;8(4):290-300.
62. Moss JP. A cephalometric and electromyographic investigation of patients treated for the correction of mandibular prognathism by mandibular surgery only. *Int J Orthod.* 1985;23(1-2):10-9.
63. Harper RP, de Bruin H, Burcea I. Muscle activity during mandibular movements in normal and mandibular retrognathic subjects. *J Oral Maxillofac Surg.* 1997 Mar;55(3):225-33.
64. Kobayashi T, Honma K, Shingaki S, Nakajima T. Changes in masticatory function after orthognathic treatment in patients with mandibular prognathism. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2001 Aug;39(4):260-5.
65. Nakata Y, Ueda HM, Kato M, Tabe H, Shikata-Wakisaka N, Matsumoto E, et al. Changes in Stomatognathic Function Induced by Orthognathic Surgery in Patients With Mandibular Prognathism. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007 Mar;65(3):444-51.
66. Proffit WR, Turvey TA, Fields HW, Phillips C. The effect of orthognathic surgery on occlusal force. *J Oral Maxillofac Surg.* 1989 May 1;47(5):457-63.
67. Throckmorton GS, Finn RA, Bell WH. Biomechanics of differences in lower facial height. *Am J Orthod.* 1980 Apr 1;77(4):410-20.
68. Throckmorton GS, Buschang PH, Ellis III E. Improvement of maximum occlusal forces after orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 1996 Sep;54(9):1080-6.

69. Harada K, Watanabe M, Ohkura K, Enomoto S. Measure of bite force and occlusal contact area before and after bilateral sagittal split ramus osteotomy of the mandible using a new pressure-sensitive device: a preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. 2000 Apr;58(4):370-3; discussion 373-4.
70. Ohkura K, Harada K, Morishima S, Enomoto S. Changes in bite force and occlusal contact area after orthognathic surgery for correction of mandibular prognathism. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2001 Feb;91(2):141-5.
71. Harada K, Kikuchi T, Morishima S, Sato M, Ohkura K, Omura K. Changes in bite force and dentoskeletal morphology in prognathic patients after orthognathic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2003 Jun;95(6):649-54.
72. Ueki K, Marukawa K, Shimada M, Nakagawa K, Yamamoto E. Changes in occlusal force after mandibular ramus osteotomy with and without Le Fort I osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2007 Apr;36(4):301-4.
73. Ruan W, Su J, Ye X. Pressure from the lips and the tongue in children with class III malocclusion. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2007 May;8(5):296-301.
74. Ueki K, Moroi A, Sotobori M, Ishihara Y, Marukawa K, Iguchi R, et al. Evaluation of recovery in lip closing pressure and occlusal force and contact area after orthognathic surgery. *J Cranio-Maxillofac Surg*. 2014 Oct;42(7):1148-53.
75. Abrahamsson C, Henrikson T, Bondemark L, Ekberg E. Masticatory function in patients with dentofacial deformities before and after orthognathic treatment—a prospective, longitudinal, and controlled study. *Eur J Orthod*. 2015 Feb 1;37(1):67-72.
76. Zimmer B, Schwestka R, Kubein-Meesenburg D. Changes in mandibular mobility after different procedures of orthognathic surgery. *Eur J Orthod*. 1992 Jun;14(3):188-97.
77. Aragon SB, Van Sickels JE, Dolwick MF, Flanary CM. The effects of orthognathic surgery on mandibular range of motion. *J Oral Maxillofac Surg*. 1985 Dec 1;43(12):938-43.
78. Boyd SB, Karas ND, Sinn DP. Recovery of mandibular mobility following orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. 1991 Sep;49(9):924-31.
79. Dechow PC, Carlson DS. Occlusal force after mandibular advancement in adult rhesus monkeys. *J Oral Maxillofac Surg*. 1986 Nov 1;44(11):887-93.
80. Throckmorton GS, Ellis III E, Sinn DP. Functional characteristics of retrognathic patients before and after mandibular advancement surgery. *J Oral Maxillofac Surg*. 1995 Aug;53(8):898-908.
81. Throckmorton GS. Quantitative calculations of temporomandibular joint reaction forces—II. The importance of the direction of the jaw muscle forces. *J Biomech*. 1985 Jan 1;18(6):453-61.
82. Van Den Braber W, Van Der Bilt A, Van Der Glas HW, Bosman F, Rosenberg A, Koole R. The influence of orthognathic surgery on masticatory performance in retrognathic patients. *J Oral Rehabil*. 2005 Apr 1;32(4):237-41.
83. Van den Braber W, van der Bilt A, van der Glas H, Rosenberg T, Koole R. The Influence of Mandibular Advancement Surgery on Oral Function in Retrognathic Patients: A 5-Year Follow-Up Study. *J Oral Maxillofac Surg*. 2006 Aug;64(8):1237-40.

84. Harper RP, de Bruin H, Burcea I. Muscle activity during mandibular movements in normal and mandibular retrognathic subjects. *J Oral Maxillofac Surg.* 1997 Mar;55(3):225–33.
85. Hannam AG, Wood WW. Relationships between the size and spatial morphology of human masseter and medial pterygoid muscles, the craniofacial skeleton, and jaw biomechanics. *Am J Phys Anthropol.* 1989 Dec;80(4):429–45.
86. Bell WH, Creekmore TD, Alexander RG. Surgical correction of the long face syndrome. *Am J Orthod.* 1977 Jan;71(1):40–67.
87. Sheikholeslam A, Möller E, Lous I. Postural and maximal activity in elevators of mandible before and after treatment of functional disorders. *Scand J Dent Res.* 1982 Feb;90(1):37–46.
88. Storey AT. Reflex functions of the temporomandibular joint. *J Prosthet Dent.* 1973 Nov;30(5):830–7.
89. Carlson DS, Ellis III E, Dechow PC. Adaptation of the suprahyoid muscle complex to mandibular advancement surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987 Aug;92(2):134–43.
90. Edlund J, Hansson T, Petersson A, Willmar K. Sagittal splitting of the mandibular ramus. Electromyography and radiologic follow-up study of temporomandibular joint function in 44 patients. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1979;13(3):437–43.
91. Shiratsuchi Y, Kouno K, Tashiro H. Evaluation of masticatory function following orthognathic surgical correction of mandibular prognathism. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 1991 Oct;19(7):299–303.
92. Kobayashi T, Honma K, Nakajima T, Hanada K. Masticatory function in patients with mandibular prognathism before and after orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 1993 Sep;51(9):997–1001.
93. Moroi A, Ishihara Y, Sotobori M, Iguchi R, Kosaka A, Ikawa H, et al. Changes in occlusal function after orthognathic surgery in mandibular prognathism with and without asymmetry. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2015 Aug;44(8):971–6.
94. Ellis III E, Throckmorton GS, Sinn DP. Bite forces before and after surgical correction of mandibular prognathism. *J Oral Maxillofac Surg.* 1996 Feb;54(2):176–81.
95. Stacy GC. Recovery of oral opening following sagittal ramus osteotomy for mandibular prognathism. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 1987 Jun;45(6):487–92.
96. Wen-Ching Ko E, Huang CS, Lo L-J, Chen Y-R. Longitudinal Observation of Mandibular Motion Pattern in Patients With Skeletal Class III Malocclusion Subsequent to Orthognathic Surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012 Feb;70(2):e158–68.
97. Kubota T, Yagi T, Tomonari H, Ikemori T, Miyawaki S. Influence of surgical orthodontic treatment on masticatory function in skeletal Class III patients. *J Oral Rehabil.* 2015 Oct 1;42(10):733–41.
98. Wang D, Fu H, Zeng R, Yang X. Changes of Mandibular Movement Tracings After the Correction of Mandibular Protrusion by Bilateral Sagittal Split Ramus Osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009 Oct;67(10):2238–44.
99. Westesson P-L, Dahlberg G, Hansson L-G, Eriksson L, Ketonen L. Osseous and muscular changes after vertical ramus osteotomy: A magnetic resonance imaging study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1991 Aug;72(2):139–45.

100. Trawitzki LVV, Dantas RO, Mello-Filho FV, Elias-Júnior J. Effect of treatment of dentofacial deformity on masseter muscle thickness. *Arch Oral Biol.* 2006 Dec;51(12):1086–92.
101. Trawitzki LVV, Dantas RO, Elias-Júnior J, Mello-Filho FV. Masseter muscle thickness three years after surgical correction of class III dentofacial deformity. *Arch Oral Biol.* 2011 Aug;56(8):799–803.
102. Katsumata A, Fujishita M, Ariji Y, Ariji E, Langlais RP. 3D CT evaluation of masseter muscle morphology after setback osteotomy for mandibular prognathism. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2004 Oct;98(4):461–70.
103. O’Ryan F, Epker BN. Surgical orthodontics and the temporomandibular joint. *Am J Orthod.* 1983 May 1;83(5):408–17.
104. Tate GS, Throckmorton GS, Ellis E, Sinn DP. Masticatory performance, muscle activity, and occlusal force in preorthognathic surgery patients. *J Oral Maxillofac Surg.* 1994 May 1;52(5):476–81.
105. Throckmorton GS, Ellis III E. The relationship between surgical changes in dentofacial morphology and changes in maximum bite force. *J Oral Maxillofac Surg.* 2001 Jun;59(6):620–7.
106. Zarrinkelk HM, Throckmorton GS, Ellis III E, Sinn DP. Functional and morphologic alterations secondary to superior repositioning of the maxilla. *J Oral Maxillofac Surg.* 1995 Nov;53(11):1258–67.
107. Hunt NP, Cunningham SJ. The influence of orthognathic surgery on occlusal force in patients with vertical facial deformities. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1997 Apr;26(2):87–91.
108. Wessberg GA, O’Ryan FS, Washburn MC, Epker BN. Neuromuscular adaptation to surgical superior repositioning of the maxilla. *J Maxillofac Surg.* 1981 Jan 1;9:117–22.
109. Song HC, Throckmorton GS, Ellis III E, Sinn DP. Functional and morphologic alterations after anterior or inferior repositioning of the maxilla. *J Oral Maxillofac Surg.* 1997 Jan;55(1):41–9.
110. Zarrinkelk HM, Throckmorton GS, Ellis III E, Sinn DP. Functional and morphologic changes after combined maxillary intrusion and mandibular advancement surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 1996 Jul;54(7):828–37.
111. Ellis E, Throckmorton G, Sinn DP. Functional characteristics of patients with anterior open bite before and after surgical correction. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1996;11(3):211–23.
112. Throckmorton GS, Dean JS. The relationship between jaw-muscle mechanical advantage and activity levels during isometric bites in humans. *Arch Oral Biol.* 1994 May;39(5):429–37.
113. Boyd SB, Gonyea WJ, Legan HL, Bell WH. Masseter muscle adaptation following surgical correction of vertical maxillary excess. *J Oral Maxillofac Surg.* 1989 Sep 1;47(9):953–62.
114. Carlson DS, Ellis E, Dechow PC, Nemeth PA. Short-term stability and muscle adaptation after mandibular advancement surgery with and without suprahyoid myotomy in juvenile *Macaca mulatta*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1989 Aug 1;68(2):135–49.
115. Chauvel-Lebret D, Leroux A, Sorel O. Relation entre la chirurgie orthognathique et les dysfonctionnements de l’appareil manducateur. *Revue de la littérature. Relat Orthognath Surg Temporomandibular Disord Syst Rev.* 2013 Jun;84(2):169–83.
116. Dervis E, Tuncer E. Long-term evaluations of temporomandibular disorders in patients undergoing orthognathic surgery compared with a control group. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2002 Nov;94(5):554–60.

117. Pahkala R, Heino J. Effects of sagittal split ramus osteotomy on temporomandibular disorders in seventy-two patients. *Acta Odontol Scand.* 2004 Aug;62(4):238–44.
118. Panula K, Somppi M, Finne K, Oikarinen K. Effects of orthognathic surgery on temporomandibular joint dysfunction. A controlled prospective 4-year follow-up study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2000 Jun;29(3):183–7.
119. Kim Y-K, Yun P-Y, Ahn J-Y, Kim J-W, Kim S-G. Changes in the temporomandibular joint disc position after orthognathic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2009 Jul;108(1):15–21.
120. Freihofer HP, Petrešević D. Late results after advancing the mandible by sagittal splitting of the rami. *J Maxillofac Surg.* 1975 Dec;3(4):250–7.
121. Kundert M, Hadjiangelou O. Condylar displacement after sagittal splitting of the mandibular rami: A short-term radiographic study. *J Maxillofac Surg.* 1980;8:278–87.
122. Sund G, Eckerdal O, Astrand P. Changes in the temporomandibular joint after oblique sliding osteotomy of the mandibular rami. A longitudinal radiological study. *J Maxillofac Surg.* 1983 Apr;11(2):87–91.
123. Hackney FL, Van Sickels JE, Nummikoski PV. Condylar displacement and temporomandibular joint dysfunction following bilateral sagittal split osteotomy and rigid fixation. *J Oral Maxillofac Surg.* 1989 Mar 1;47(3):223–7.
124. Glineburg RW, Laskin DM, Blaustein DI. The effects of immobilization on the primate temporomandibular joint: A histologic and histochemical study. *J Oral Maxillofac Surg.* 1982 Jan;40(1):3–8.
125. Lydiatt DD, Davis LF. The effects of immobilization on the rabbit temporomandibular joint. *J Oral Maxillofac Surg.* 1985 Mar 1;43(3):188–93.
126. Choi B-J, Choi Y-H, Lee B-S, Kwon Y-D, Choo Y-J, Ohe J-Y. A CBCT study on positional change in mandibular condyle according to metallic anchorage methods in skeletal class III patients after orthognathic surgery. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 2014 Dec;42(8):1617–22.
127. Han JJ, Hwang SJ. Three-dimensional analysis of postoperative returning movement of perioperative condylar displacement after bilateral sagittal split ramus osteotomy for mandibular setback with different fixation methods. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 2015 Nov;43(9):1918–25.
128. Luhr HG, Kubein-Meesenburg D. Rigid skeletal fixation in maxillary osteotomies. Intraoperative control of condylar position. *Clin Plast Surg.* 1989 Jan;16(1):157–63.
129. Epker BN, Wylie GA. Control of the condylar-proximal mandibular segments after sagittal split osteotomies to advance the mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1986 Dec 1;62(6):613–7.
130. Bénateau H, Chatellier A, Leprovost N, Ghezal S, Compère JF, Veyssièrè A. Positionnement condylien lors de la chirurgie orthognathique mandibulaire. *Rev Stomatol Chir Maxillo-Faciale Chir Orale.* 2014 Sep;115(4):245–9.
131. Laurentjoye M, Charton J, Boileau M-J. Ostéotomie mandibulaire orthognathique et positionnement condylien : point et innovation. *Orthod Fr.* 2015 Mar;86(1):73–81.

132. Costa F, Robiony M, Toro C, Sembronio S, Polini F, Politi M. Condylar positioning devices for orthognathic surgery: a literature review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2008 Aug;106(2):179–90.
133. Hoppenreijs TJM, Stoelinga PJW, Grace KL, Robben CMG. Long-term evaluation of patients with progressive condylar resorption following orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1999 Dec;28(6):411–8.
134. Dicker GJ, Castelijns JA, Tuinzing DB, Stoelinga PJW. Do the changes in muscle mass, muscle direction, and rotations of the condyles that occur after sagittal split advancement osteotomies play a role in the aetiology of progressive condylar resorption? *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2015 May;44(5):627–31.
135. Arnett GW, Milam SB, Gottesman L. Progressive mandibular retrusion--idiopathic condylar resorption. Part I. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 1996 Jul;110(1):8–15.
136. Aghabeigi B, Hiranaka D, Keith DA, Kelly JP, Crean SJ. Effect of orthognathic surgery on the temporomandibular joint in patients with anterior open bite. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*. 2001;16(2):153–60.
137. Boulétreau P, Frey R, Breton P, Freidel M. Retentissement condylien de la chirurgie orthognathique. *Rev Stomatol Chir Maxillofac*. 2004 Nov;105(5):283–8.
138. Teitelbaum J, Bouletreau P, Breton P, Freidel M. La résorption condylienne contre-indique-t-elle la chirurgie orthognathique ? *Rev Stomatol Chir Maxillofac*. 2007 Jun;108(3):193–200.
139. O’Ryan F, Epker BN. Temporomandibular joint function and morphology: Observations on the spectra of normalcy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1984 Sep 1;58(3):272–9.
140. Kobayashi T, Izumi N, Kojima T, Sakagami N, Saito I, Saito C. Progressive condylar resorption after mandibular advancement. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2012 Mar;50(2):176–80.
141. Hwang S-J, Haers PE, Sailer HF. The role of a posteriorly inclined condylar neck in condylar resorption after orthognathic surgery. *J Cranio-Maxillofac Surg*. 2000 Apr;28(2):85–90.
142. Bouwman JPB, Kerstens HCJ, Tuinzing DB. Condylar resorption in orthognathic surgery: The role of intermaxillary fixation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1994 Aug;78(2):138–41.
143. Merckx MAW, Van Damme PA. Condylar resorption after orthognathic surgery: Evaluation of treatment in 8 patients. *J Cranio-Maxillofac Surg*. 1994 Feb;22(1):53–8.
144. Alder ME, Deahl ST, Matteson SR, Van Sickels JE, Tiner BD, Rugh JD. Short-term changes of condylar position after sagittal split osteotomy for mandibular advancement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 1999 Feb;87(2):159–65.
145. Cutbirth M, Van Sickels JE, Thrash WJ. Condylar resorption after bicortical screw fixation of mandibular advancement. *J Oral Maxillofac Surg*. 1998 Feb;56(2):178–82.
146. Hoppenreijs TJ, Freihofer HP, Stoelinga PJ, Tuinzing DB, van’t Hof MA. Condylar remodelling and resorption after Le Fort I and bimaxillary osteotomies in patients with anterior open bite. A clinical and radiological study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1998 Apr;27(2):81–91.
147. Lee J-A, Yun K-I, Kim C-H, Park J-U. Articular disc position in association with mandibular setback surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2008 Jan;105(1):e19–21.

148. Farella M, Michelotti A, Bocchino T, Cimino R, Laino A, Steenks MH. Effects of orthognathic surgery for class III malocclusion on signs and symptoms of temporomandibular disorders and on pressure pain thresholds of the jaw muscles. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2007 Jul;36(7):583–7.
149. Athanasiou AE, Melsen B. Craniomandibular dysfunction following surgical correction of mandibular prognathism. *Angle Orthod.* 1992;62(1):9–14.
150. Fang B, Shen G-F, Yang C, Wu Y, Feng Y-M, Mao L-X, et al. Changes in condylar and joint disc positions after bilateral sagittal split ramus osteotomy for correction of mandibular prognathism. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009 Jul;38(7):726–30.
151. Kim Y-J, Lee Y, Chun Y-S, Kang N, Kim S-J, Kim M. Condylar Positional Changes Up to 12 Months After Bimaxillary Surgery for Skeletal Class III Malocclusions. *J Oral Maxillofac Surg.* 2014 Jan;72(1):145–56.
152. Baek S-H, Kim T-K, Kim M-J. Is there any difference in the condylar position and angulation after asymmetric mandibular setback? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2006 Feb;101(2):155–63.
153. Storum KA, Bell WH. Hypomobility after maxillary and mandibular osteotomies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984 Jan;57(1):7–12.
154. Aragon SB, Van Sickels JE. Mandibular range of motion with rigid/nonrigid fixation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1987 Apr;63(4):408–11.
155. Al-Belasy FA, Tozoglu S, Dolwick MF. Mandibular Hypomobility After Orthognathic Surgery: A Review Article. *J Oral Maxillofac Surg.* 2013 Nov;71(11):1967.e1–1967.e11.
156. Sforza C, Ugolini A, Rocchetta D, Galante D, Mapelli A, Gianni AB. Mandibular kinematics after orthognathic surgical treatment: A pilot study. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2010 Mar;48(2):110–4.
157. Nickel JC, Yao P, Spalding PM, Iwasaki LR. Validated numerical modeling of the effects of combined orthodontic and orthognathic surgical treatment on TMJ loads and muscle forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002 Jan;121(1):73–83.
158. Pahkala RH, Kellokoski JK. Surgical-orthodontic treatment and patients' functional and psychosocial well-being. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007 Aug;132(2):158–64.
159. Ostler S, Kiyak HA. Treatment expectations versus outcomes among orthognathic surgery patients. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1991;6(4):247–55.
160. Tahir S, Raffi S, Wasim Ibrahim M, Nazir Khan M. Esthetics, Functional, and Psychosocial Satisfaction After Orthognathic Surgery in Patients Having Dentofacial Skeletal Deformities. *Pak Oral Dent J.* 2015 Sep;35(3):395–400.
161. Girard M, Leroux C. Gestion des muscles et des fonctions par le kinésithérapeute dans les traitements orthodontiques et ortho-chirurgicaux. *Rééducation oro-myofonctionnelle. Orthod Fr.* 2015 Mar;86(1):95–111.
162. Gouzland T, Fournier M. La rééducation oro-maxillo-faciale dans les protocoles chirurgico-orthodontiques. *Rev Orthop Dento Faciale.* 2015 Oct 30;50(1):21–40.
163. Breton-Torres I. Chirurgie orthognathique : place de la rééducation. *Kinésithérapie Sci.* 2016 Mar 10;(574):33–41.

164. Vanpouffe f. Intérêt de la prise en charge en kinésithérapie oro-maxillo-faciale des chirurgies orthognathiques [internet]. 2005 [cited 2016 apr 10]. Available from: <http://docplayer.fr/10209953-interet-de-la-prise-en-charge-en-kinesitherapie-oro-maxillo-faciale-des-chirurgies-orthognathiques.html>
165. Bell WH, Gonyea W, Finn RA, Storum KA, Johnston C, Throckmorton GS. Muscular rehabilitation after orthognathic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1983 Sep;56(3):229–35.
166. Jung H-D, Jung Y-S, Park JH, Park H-S. Recovery Pattern of Mandibular Movement by Active Physical Therapy After Bilateral Transoral Vertical Ramus Osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012 Jul;70(7):e431–7.
167. Teng TT-Y, Ko EW-C, Huang CS, Chen Y-R. The Effect of early physiotherapy on the recovery of mandibular function after orthognathic surgery for Class III correction: Part I—Jaw-motion analysis. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 2015 Jan;43(1):131–7.
168. Ko EW-C, Teng TT-Y, Huang CS, Chen Y-R. The effect of early physiotherapy on the recovery of mandibular function after orthognathic surgery for class III correction. Part II: Electromyographic activity of masticatory muscles. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 2015 Jan;43(1):138–43.
169. Ohba S, Tasaki H, Tobita T, Minamizato T, Kawasaki T, Motooka N, et al. Assessment of skeletal stability of intraoral vertical ramus osteotomy with one-day maxillary–mandibular fixation followed by early jaw exercise. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 2013 Oct;41(7):586–92.
170. Palmieri C, Ellis III E, Throckmorton G. Mandibular motion after closed and open treatment of unilateral mandibular condylar process fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 1999 Jul;57(7):764–75.
171. Kachi K. Effect of training on children’s masticatory power. *Dent Outlook.* 1987;69:1302–8.
172. Kiliaridis S, Tzakis MG, Carlsson GE. Effects of fatigue and chewing training on maximal bite force and endurance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995 Apr;107(4):372–8.
173. Okazaki M, Takahashi K, Oka T. Effectiveness of nutrition education including chewing training to increase masticatory function in children. *J Child Health.* 1999;58:575–86.
174. Masumoto N, Yamaguchi K, Fujimoto S. Daily chewing gum exercise for stabilizing the vertical occlusion. *J Oral Rehabil.* 2009 Dec 1;36(12):857–63.
175. He T, Stavropoulos D, Hagberg C, Hakeberg M, Mohlin B. Effects of masticatory muscle training on maximum bite force and muscular endurance. *Acta Odontol Scand.* 2013 Jan 1;71(3-4):863–9.
176. Ohira A, Ono Y, Yano N, Takagi Y. The effect of chewing exercise in preschool children on maximum bite force and masticatory performance. *Int J Paediatr Dent.* 2012 Mar 1;22(2):146–53.
177. Makaremi M, Zink K, De Brondeau F. Apport des contraintes masticatrices fortes dans la stabilisation de l’expansion maxillaire. *Rev Orthop Dento Faciale.* 2015;49:11–20.
178. Kato K, Kobayashi T, Kato Y, Takata Y, Yoshizawa M, Saito C. Changes in masticatory functions after surgical orthognathic treatment in patients with jaw deformities: Efficacy of masticatory exercise using chewing gum. *J Oral Maxillofac Surg Med Pathol.* 2012 Aug;24(3):147–51.
179. Masuda G, Fujiyama N, Koga I, Fukaya T, Masuda M, Ohya T. The new method of measuring masticatory performance using spectrophotometer with ATP granules. *J Jpn Stomatol Soc.* 1981;30:103–10.

## Index des figures

Figure 1 : Muscle masséter.....	9
Figure 2 : Muscle temporal.....	10
Figure 3 : Ptérygoïdien médial, origine et symétrie avec le masséter.....	10
Figure 4 : Ptérygoïdien latéral.....	11
Figure 5 : Type morphologique hypodivergent, la musculature est puissante.....	11
Figure 6 : Type morphologique hyperdivergent, la musculature est fine.....	11
Figure 7 : Muscles du plancher buccal.....	12
Figure 8 : Structure musculaire fusiforme (gauche) et penniforme (droite).....	12
Figure 9 : L'occlusion s'oppose aux muscles élévateurs et protège les structures articulaires.....	14
Figure 10 : Coupe sagittale anatomique de l'Articulation Temporo-Mandibulaire .....	15
Figure 11 : Disque articulaire.....	15
Figure 12 : Cycle masticatoire selon Le Gall et Lauret.....	17
Figure 13 : Phases d'entrée (gauche) et de sortie (droite) dentaires de cycle pour un coté droit.....	17
Figure 14 : L'éloignement du point d'application des forces diminue les contraintes occlusales.....	19
Figure 15 : Système neuro-musculaire.....	20
Figure 16: Décalage de classe II squelettique.....	24
Figure 17 : Décalage de classe III squelettique.....	24
Figure 18: Radiologies d'un patient ayant un excès vertical antérieur (gauche) et d'un patient présentant une insuffisance verticale antérieure (droite).....	24
Figure 19 : Calendrier thérapeutique global.....	25
Figure 20 : Pose d'arcs chirurgicaux.....	25
Figure 21: Ostéotomie maxillaire Lefort 1.....	26
Figure 22 : Ostéotomie sagittale des branches montantes.....	27
Figure 23 : Ostéotomie verticale des branches montantes.....	27
Figure 24: Section de la sangle ptérygo-massétélerine lors de l'ostéotomie selon Ferri.....	29
Figure 25: Facteurs de tension sur la partie interne de la branche montante.....	29
Figure 26 : Les fils d'acier.....	33
Figure 27 : Schématisation des systèmes semi-rigides.....	34
Figure 28 : Exemple de plaque d'ostéosynthèse semi-rigide après ostéotomie sagittale des branches montantes pour un avancement mandibulaire. Cas du Dr El Okeily .....	34
Figure 29 : Vis bi-corticales.....	35
Figure 30 : Vis bi-corticales de triangulation.....	35
Figure 31: Exemple de vis bicorticales dans le cadre d'une avancée mandibulaire. Cas du Dr Laurentjoye.....	35
Figure 32 : Exemple de plaques vissées après une Ostéotomie maxillaire Lefort 1. Cas du Dr El Okeily.....	36
Figure 33 : Exemple de blocage chirurgical après un Lefort 1 avant de placer les plaques d'ostéosynthèse. Cas du Dr Laurentjoye.....	37
Figure 34 : Exemples d'élastiques d'intercuspidation et de classe II.....	38
Figure 35 : Repérage du positionnement condylien par une plaque en T entre le maxillaire et la mandibule.....	59
Figure 36 : Plaque à réglage sur site avec système de serrage provisoire de type curseur.....	59
Figure 37 : Guide imprimé 3D.....	59
Figure 38 : Les contraintes mécaniques importantes sur le condyle peuvent provoquer des résorptions du condyle.....	60
Figure 39: Adaptation du système masticateur après chirurgie orthognathique.....	68
Figure 40 : Les contractures musculaires peuvent être sources de récurrences .....	85

## **Index des tableaux**

Tableau 1 : Caractéristiques des fibres musculaires.....	9
Tableau 2 : Récapitulatif des muscles masticateurs.....	12
Tableau 3 : Comparaison entre les ostéotomies verticales et sagittales.....	27
Tableau 4: Avantages et inconvénients des techniques d'ostéosynthèses.....	36
Tableau 5: Etude des protéines musculaires en fonction de la dysmorphose.....	41
Tableau 6 : Conséquences musculaires d'une chirurgie orthognathique.....	55
Tableau 7 : Amplitude mandibulaire selon le type de fixation.....	66

Vu, Le Président du Jury,

Date, Signature :

Vu, le Directeur de l'UFR des Sciences Odontologiques,

Date, Signature :

Vu, le Président de l'Université de Bordeaux,

Date, Signature :

**KAROUCH Laïla** , Le 04 novembre 2016

Thèse pour l'obtention du DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR en CHIRURGIE DENTAIRE 2016 - n° 63

**Discipline : Orthopédie Dento-Faciale**

## **Intérêt d'une rééducation masticatrice précoce dans le cadre d'un protocole chirurgico-orthodontique**

### **Résumé :**

L'un des grands objectifs du traitement orthodontico-chirurgical est d'améliorer la fonction masticatrice du patient. La chirurgie orthognathique modifie les relations du maxillaire et de la mandibule dans les trois dimensions de l'espace et ainsi modifie le contexte musculaire et articulaire maxillo-facial. Le déplacement chirurgical des bases osseuses implique donc un repositionnement musculaire et articulaire auquel le patient doit s'adapter.

Une immobilisation longue après la chirurgie entraîne une atrophie musculaire des muscles masticateurs ainsi que des altérations morphologiques au niveau du condyle, pouvant aboutir à des lacunes fonctionnelles importantes.

La mise en fonction précoce de l'appareil masticateur est alors recommandée pour éviter ces dommages fonctionnels, aboutissant à une adaptation physiologique du système manducateur, guidée par le jeu de la proprioception.

La gestion kinésithérapique post-chirurgicale est essentielle, afin d'accompagner le patient dans la reprise de ses fonctions orales. La rééducation de l'appareil masticateur peut également faire appel de manière précoce à des exercices de mastication utilisant des gommes, confortant l'équilibre squelettique, occlusal et fonctionnel du patient.

### **Mots-clefs :**

Chirurgie orthognathique, Fonction masticatrice, Réhabilitation myo-fonctionnelle, Kinésithérapie, Exercices de mastication.

## **Importance of early masticatory rehabilitation in combined surgical-orthodontic treatment**

### **Summary :**

One of major goals of combined surgical-orthodontic treatment is to improve patient 's masticatory functions. Orthognathic surgery changes the three-dimensional relationships between the maxilla and mandible and also changes maxillofacial muscle and joint structures.

A long mandible immobilization after surgery causes masticatory muscles atrophy and morphological changes in the condyle, which can lead to significant functional gaps.

Early recovery of masticatory function is then recommended, leading to a physiological adaptation of the masticatory system, guided by dental proprioception.

After surgery, kinesthetic therapy is necessary for drive the patient in the optimal recovery of the oral functions. In the myofunctional rehabilitation regimen, masticatory exercices using chewing gum can be needed after surgery for more improvement of masticatory functions, and optimization of the skeletal, occlusal and functional balance.

### **Key-words :**

Orthognathic surgery, Myofunctional rehabilitation, Masticatory function, Kinesthetic therapy, Masticatory exercices.

Université de Bordeaux – Collège des Sciences de la Santé  
UFR des Sciences Odontologiques  
16-20 Cours de la Marne  
33082 Bordeaux