

UNIVERSITE DE STRASBOURG
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2020

N° 41

THESE

Présentée pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire
le 06 octobre 2020

par

ABECASSIS Aurélia
née le 07/01/1994 à CLAMART

**DIAGNOSTIC, PERCEPTION ET TRAITEMENT DE
L'ASYMETRIE FACIALE
EN ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE**

Président : Professeur CLAUSS François
Assesseurs : Docteur BOLENDER Yves
Docteur GROS Catherine Isabelle
Docteur RAFFLENBEUL Frédéric
Membre invité : Docteur LUTZ Jean-Christophe

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE DE STRASBOURG

Doyen : Professeur Corinne TADDEI-GROSS

Doyens honoraires : Professeur Robert FRANK

Professeur Maurice LEIZE

Professeur Youssef HAIKEL

Professeurs émérites : Professeur Henri TENENBAUM

Responsable des Services Administratifs : Mme Françoise DITZ-MOUGEL

Professeurs des Universités

Vincent BALL	Ingénierie Chimique, Energétique - Génie des Procédés
Agnès BLOCH-ZUPAN	Sciences Biologiques
François CLAUSS	Odontologie Pédiatrique
Jean-Louis DAVIDEAU	Parodontologie
Youssef HAÏKEL	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Olivier HUCK	Parodontologie
Marie-Cécile MANIERE	Odontologie Pédiatrique
Florent MEYER	Sciences Biologiques
Maryline MINOUX	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Anne-Marie MUSSET	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Corinne TADDEI-GROSS	Prothèses
Béatrice WALTER	Prothèses
Matthieu SCHMITTBUHL	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie

Délégation (Juin 2024)

Maîtres de Conférences

Youri ARNTZ	Biophysique moléculaire
Sophie BAHI-GROSS	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Yves BOLENDER	Orthopédie Dento-Faciale
Fabien BORNERT	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Abdessahmad BOUKARI	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Claire EHLINGER	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Olivier ETIENNE	Prothèses
Florence FIORETTI	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Catherine-Isabelle GROS	Sciences Anatomiques et Physiologiques - Biophysique - Radiologie
Sophie JUNG	Sciences Biologiques
Nadia LADHARI	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique

Disponibilité (Nov. 2020)

Davide MANCINO	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Damien OFFNER	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Catherine PETIT	Parodontologie
François REITZER	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Martine SOELL	Parodontologie
Marion STRUB	Odontologie Pédiatrique
Xavier VAN BELLINGHEN	Prothèses
Delphine WAGNER	Orthopédie Dento-Faciale

Délégation (Août 2021)

Etienne WALTMANN	Prothèses
------------------	-----------

Equipes de Recherche

Nadia JESSEL	INSERM / Directeur de Recherche/Directrice d'UMR
Philippe LAVALLE	INSERM / Directeur de Recherche
Pierre SCHAAF	UdS / Professeur des Universités / Directeur d'UMR
Bernard SENGER	INSERM / Directeur de Recherche

A Monsieur le Professeur François CLAUSS

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier

Unité Fonctionnelle d'Odontologie Pédiatrique

*Merci de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury de thèse.
Veuillez trouver ici l'expression de ma reconnaissance et de ma
considération.*

A Monsieur le Docteur Yves BOLENDER

Maître de Conférences des Universités

Praticien Hospitalier

Unité Fonctionnelle d'Orthopédie Dento-Faciale

*Merci d'avoir accepté la direction de ce travail de thèse.
Merci pour votre investissement et votre rigueur au quotidien.
Et surtout pour l'excellence de votre enseignement.
Veuillez trouver ici mes chaleureux remerciements et le
témoignage de ma sincère estime.*

A Madame le Docteur Catherine-Isabelle GROS

Maître de Conférences des Universités

Praticien Hospitalier

Unité Fonctionnelle de Radiologie

Merci de m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury de thèse.

Veillez trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

A Monsieur le Docteur Frédéric RAFFLENBEUL

Assistant Hospitalier Universitaire

Unité Fonctionnelle d'Orthopédie Dento-Faciale

*Merci de m'avoir fait l'honneur de diriger ce travail de thèse.
Votre réactivité et vos conseils tout au long de ce projet, ainsi
que pour le mémoire m'ont été d'une précieuse aide.*

*Merci pour tout ce que vous m'avez transmis lors de ma
formation clinique. Vous m'avez appris que simplicité peut
rimer avec qualité.*

Veillez trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

A Monsieur le Docteur Jean-Christophe LUTZ

Maître de Conférences des Universités

Praticien Hospitalier

Unité Fonctionnelle de Chirurgie Maxillo-Faciale et Réparatrice

*Merci de m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury de
thèse. Merci pour l'accompagnement appliqué de
nos patients communs.
Veuillez trouver ici l'expression de ma considération.*

UNIVERSITE DE STRASBOURG
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2020

N° 41

THESE

Présentée pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire
le 06 octobre 2020

par

ABECASSIS Aurélia
née le 07/01/1994 à CLAMART

**DIAGNOSTIC, PERCEPTION ET TRAITEMENT DE
L'ASYMETRIE FACIALE
EN ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE**

Président : Professeur CLAUSS François
Assesseurs : Docteur BOLENDER Yves
Docteur GROS Catherine Isabelle
Docteur RAFFLENBEUL Frédéric
Membre invité : Docteur LUTZ Jean-Christophe

SOMMAIRE

Introduction	8
I. <u>DEFINITION, PREVALENCE ET ETIOLOGIES DE L'ASYMETRIE FACIALE</u>	10
1. DEFINITION, PREVALENCE, REPERCUSSIONS FONCTIONNELLE ET ESTHETIQUE	10
A. DEFINITIONS	10
B. PREVALENCE DE L'ASYMETRIE FACIALE	10
C. REPERCUSSIONS DE L'ASYMETRIE FACIALE	13
2. RAPPELS SUR LA CROISSANCE NORMALE DU MAXILLAIRE ET DE LA MANDIBULE	14
A. MAXILLAIRE	15
B. MANDIBULE	16
3. ETIOLOGIES DES ASYMETRIES FACIALES	18
A. FACTEURS CONGENITAUX (CAUSES NEONATALES)	18
B. FACTEURS ACQUIS (RESULTAT D'UN TRAUMATISME OU DE MALADIES)	19
C. FACTEURS DEVELOPPEMENTAUX (SE MANIFESTANT PENDANT LA CROISSANCE, ET D'ORIGINE INCONNUE)	21
4. CLASSIFICATION	21
II. <u>DEMARCHE DIAGNOSTIQUE ET PERCEPTION DE L'ASYMETRIE FACIALE</u>	25
1. DEMARCHE DIAGNOSTIQUE	25
A. ANAMNESE	25
B. EXAMEN CLINIQUE EXO-BUCCAL	25
Définition des plans de référence	26
Identification du siège de l'asymétrie lors de l'examen clinique statique	26
Identification du siège de l'asymétrie lors de l'examen clinique dynamique	28
Quantification de l'asymétrie lors de l'examen clinique exo-buccal	29
C. ENREGISTREMENT DES TISSUS MOUS	29
Technique 2D : photographie	29
Techniques 3D	30
<i>Stéréophotogrammétrie</i>	30
<i>Technique de lumière structurée</i>	31
<i>Scanner à laser</i>	32
4D : vidéo-imagerie	33

Intelligence artificielle	33
D. EXAMEN CLINIQUE ENDO-BUCCAL	33
Examen clinique statique	33
Examen clinique dynamique	34
E. EXAMEN RADIOLOGIQUE	34
Techniques 2D	34
Techniques 3D	36
<i>Détermination d'un plan de référence</i>	36
<i>MSCT/CBCT</i>	37
<i>IRM</i>	42
F. ANALYSE DES MODELES D'ETUDE	42
2. SEUIL DE PERCEPTION DE L'ASYMETRIE FACIALE	45
A. HISTORIQUE DES ETUDES DE PERCEPTION DES ASYMETRIES FACIALES	45
B. AUTO-PERCEPTION PAR LES PATIENTS	46
C. SEUIL DE PERCEPTION	46
III. TRAITEMENT DE L'ASYMETRIE FACIALE	52
1. JUSTIFICATION DES TRAITEMENTS	52
2. TRAITEMENTS ORTHOPEDIQUES ET ORTHODONTIQUES	53
A. TRAITEMENTS ORTHOPEDIQUES	53
Appareils fonctionnels	53
Latérodéviations mandibulaires	53
Distraction osseuse mandibulaire précoce	54
B. TRAITEMENTS ORTHODONTIQUES	54
Mécaniques asymétriques	54
Avulsions asymétriques	55
Ancrages osseux	56
Stabilité	56
C. PREPARATION ORTHODONTIQUE A LA CHIRURGIE ORTHOGNATHIQUE	57
3. CHIRURGIE ORTHOGNATHIQUE	57
A. CHIRURGIES MONO- OU BIMAXILLAIRES	58
B. GENIOPLASTIE - CHIN WING (CHIRURGIE DU CONTOUR MANDIBULAIRE)	59
C. CHIRURGIES CONDYLIENNES	60
D. STABILITE	61
4. CHIRURGIE PLASTIQUE DES TISSUS MOUS	61

A. INJECTIONS NON CHIRURGICALES	62
B. CHIRURGIES MUSCULAIRES	64
C. CHIRURGIES DE REDUCTION	64
D. CHIRURGIES D'AUGMENTATION	64
Conclusions	66
Références bibliographiques	68

“ The profile is not the only goal.
Correct occlusion and function and facial symmetry are as important ”

Obwegeser and Luder, 2001 [1]

Table des illustrations

Figure 1 : Croissance du maxillaire vers l'avant et vers la bas, par apposition osseuse au niveau des sutures situées postérieurement et supérieurement [64, 69]	16
Figure 2 : Schéma de croissance de la mandibule [64]	17
Figure 3 : Remodelage osseux mandibulaire lors de la croissance [65]	17
Figure 4 : Nouveau-né juste après l'accouchement, présentant une déformation de la tête, facilitant son passage [82].....	19
Figure 5 : Asymétrie mandibulaire chez un enfant de 8 ans causée par un déficit de croissance après fracture du condyle droit à l'âge de 2 ans [82].....	20
Figure 6 : Proportions faciales et symétrie dans le plan frontal : lignes verticales passant par les canthi internes et externes et les pupilles (pointillé) [64].....	27
Figure 7 : 6 degrés de liberté d'un objet en 3 dimensions.....	28
Figure 8 : Appréciation de l'asymétrie faciale selon la méthode décrite par Taylor [114].....	31
Figure 9 : Illustration de la configuration du scanner laser [140]	32
Figure 10 : Visualisation de l'asymétrie grâce à une méthode de détermination d'un plan sagittal médian par superposition : (a) acquisition (b) acquisition en miroir (c) superposition et création d'un plan sagittal [142].....	32
Figure 11 : Analyse triangulaire de Naini, décrivant les triangles maxillaire, mandibulaire et mentonnier [125]	35
Figure 12 : Exemple d'une reconstruction 3D -CT d'un patient présentant une asymétrie mandibulaire [181]	37
Figure 14 : Image 3D obtenue grâce au logiciel 3dMDvultus combinant la stéréophotogrammétrie et le CBCT [131].....	39
Figure 13 : Quantification de l'asymétrie mandibulaire par superposition (A) et color mapping (B,C) [109].....	41
Figure 15 : Combinaison de modèles numériques avec la photographie 3D [137]	43
Figure 16 : Répartition des articles concernant la perception de l'esthétique faciale de 1970 à 2020.....	45
Figure 17 : Déplacement des dents le long de l'arcade [304].....	56
Figure 18 : Ostéotomie sagittale longue (A) et courte (B) de la branche montante mandibulaire [316]	59

Figure 19 : Traits de coupe de la technique du chin-wing décrite par Triaca en vue latérale et frontale [327]	60
Figure 20 : Correction d'une asymétrie par injection de graisse autologue (avant / 6 mois post-injection) [354]	62
Figure 21 : Modification des contours du menton et de la mandibule par injection d'acide hyaluronique (avant/après) [361]	63
Figure 22 : Implants faits sur mesure, dans le cas d'une microsomie hémifaciale [354]	65
Tableau 1 : Prévalences de l'asymétrie faciale retrouvées dans la littérature	12
Tableau 2 : Résumé des moyens diagnostiques de l'asymétrie faciale	44
Tableau 3 : Résumé des caractéristiques des études établissant un seuil pour les différents paramètres de l'asymétrie faciale.....	48

Introduction

Chaque individu partage avec le reste de la population de nombreuses caractéristiques communes, mais il existe suffisamment de différences entre tout un chacun pour faire de chaque être humain une créature unique. Les variations en taille, forme, relation avec les structures environnantes sont primordiales pour permettre à chaque individu d'avoir sa propre identité [2].

Le mot *esthétique* est dérivé du grec αἴσθησις / *aisthesis* signifiant beauté/sensation. L'esthétique définit étymologiquement la science du *sensible*, l'étude de la sensibilité ou des sens.

L'asymétrie est définie comme l'absence de distribution régulière de parties semblables de part et d'autre d'un axe. L'asymétrie faciale se définit, elle, par rapport au plan sagittal médian [3]. Elle touche la majorité des individus de façon minime et n'est pas toujours perceptible [4–6]. Cette perception peut cependant varier en fonction des personnes questionnées et de l'importance de la déviation [7]. Dans la société actuelle, l'apparence physique est primordiale et peut avoir un important impact psychologique, avec la possibilité d'affecter l'estime de soi et la qualité de vie de nos patients [8–10].

L'orthodontiste est amené à identifier les asymétries faciales lors du bilan orthodontique. Il doit décider du seuil à partir duquel une telle asymétrie est considérée comme déviant de la norme et devant être prise en compte ou non dans les alternatives thérapeutiques proposées.

En quelle mesure le seuil de détection des patients est-il différent de celui de l'orthodontiste et des autres professionnels de santé ? Une asymétrie perceptible par l'orthodontiste ne serait donc pas toujours perceptible par le patient. Par analogie, nécessiterait-elle alors systématiquement une correction ?

L'objectif de ce travail de thèse est de faire l'état des lieux de la prévalence et des étiologies de l'asymétrie faciale, ainsi que de sa démarche diagnostique contemporaine. Nous analyserons ensuite la perception de cette asymétrie faciale par les différentes populations (orthodontistes, chirurgiens-dentistes, chirurgiens maxillo-faciaux, laïques), puis décrirons de manière synthétique l'éventail thérapeutique s'offrant aux différents professionnels de santé pour corriger ces asymétries.

Ce travail de thèse sera complété dans le cadre d'un mémoire de spécialité en Orthopédie Dento-Faciale par une étude de perception, dont le but est de déterminer les valeurs seuils de perception de l'asymétrie faciale selon les jurys considérés.

I. Définition, prévalence et étiologies de l'asymétrie faciale

1. Définition, prévalence, répercussions fonctionnelle et esthétique

a. Définitions

Le mot « symétrie » est originaire du vieux français 'symmétrie', dérivé du grec 'summetria' et formé du préfixe *sun* (avec) et du suffixe *metron* (mesure). Le dictionnaire Larousse définit la symétrie comme « l'aspect harmonieux résultant de la disposition régulière et équilibrée des éléments d'un ensemble », ainsi qu'une « répétition des organes ou des segments ou articles du corps par rapport à une ligne ou à un plan » [11].

Chez l'Homme, le plan sagittal médian est le plan vertical de référence. Il sépare le côté droit du côté gauche du corps et sert de repère pour quantifier la dissymétrie faciale [12–16]. Au niveau de la face, il passe par le point Nasion cutané et est perpendiculaire au plan bi-pupillaire. Chez un sujet symétrique, il passe normalement aussi par les points Sous-nasal et Menton cutané [17].

Par opposition, l'asymétrie se définit par une absence de symétrie par rapport au plan de référence [18]. L'asymétrie faciale s'exprime par une différence des hémifaces droite et gauche, soit au repos soit lors des expressions faciales et de la fonction [19].

b. Prévalence de l'asymétrie faciale

Environ 20% de la population générale présenterait une asymétrie faciale plus ou moins marquée [20, 21]. Une asymétrie faciale minime est retrouvée chez la majorité des individus, même chez ceux qui ont un visage esthétiquement attractif [22]. Cette asymétrie faciale infime, souvent imperceptible par un œil non aguerri, ne nécessite généralement pas de traitement.

La prévalence de l'asymétrie faciale varie selon les études, en fonction de la population étudiée ainsi que de la manière dont elle est mesurée [16] (Tableau 1). Elle toucherait entre 11% et 34% de la population orthodontique [20, 21, 23–28] et 50% à 74% des asymétries faciales intéresseraient le menton et la partie inférieure de la face [20, 29,

30]. L'asymétrie serait aussi quantitativement plus marquée au niveau du tiers inférieur [31, 32]. L'asymétrie mandibulaire toucherait ainsi 17,4% de la population adulte (952 patients, évaluation par mesures sur CBCT) [5]. McCrea *et al.* ont aussi trouvé 18% de patients présentant une asymétrie mandibulaire dans leur cohorte [6].

Si l'asymétrie est étudiée sur des radiographies, sa prévalence dépasse 50%, les mesures réalisées étant alors plus objectives [24, 29]. Dans leur échantillon, Piao *et al.* ont considéré un patient comme asymétrique si la déviation du menton était de plus de 4mm sur la téléradiographie de face : le seuil élevé est en accord avec la faible prévalence [26]. Concernant les études utilisant les examens en 3D (stéréophotogrammétrie, CBCT), il n'y a pas de mesure de prévalence. L'asymétrie est comparée d'une hémiface à l'autre et une mesure de fluctuation moyenne de l'asymétrie est obtenue (variation de 1mm à 2,8mm en moyenne) [33–35].

Les différentes études ne donnent pas une image uniforme du dimorphisme sexuel dans l'asymétrie faciale. Concernant l'asymétrie globale, il n'y aurait pas de différence entre les hommes et les femmes, que l'évaluation se fasse en 3D [36, 37] ou en 2D [38]. D'autres auteurs trouvent une différence significative entre les hommes et les femmes : pour certains, la prévalence serait augmentée chez les femmes (n=321, 33% d'asymétrie chez les femmes contre 13% chez les hommes, analyse en 2D) [39], et pour d'autres, elle est plus élevée chez les hommes (n=196, analyse en 3D [40], et n=50, analyse sur téléradiographie de face [41]). Les femmes auraient le côté droit plus développé, tandis que pour les hommes il s'agirait du côté gauche [42, 43]. Une explication de ce phénomène résiderait dans la latéralisation du cerveau [43]. Concernant l'asymétrie mandibulaire, elle toucherait plus les hommes (23,9%) que les femmes (12,5%) [6].

D'après certains auteurs, la prévalence de l'asymétrie faciale est similaire entre les différentes classes squelettiques sagittales (Classe I, II ou III) [5, 15]. D'autres démontrent en revanche une prévalence accrue de l'asymétrie pour les patients présentant une Classe III squelettique [44], et diminuée pour les patients présentant une Classe II squelettique [20]. En ce qui concerne le sens vertical, l'asymétrie faciale est largement répandue chez les patients ayant un excès de croissance verticale (typologie hyperdivergente) [20, 44].

Tableau 1 : Prévalences de l'asymétrie faciale retrouvées dans la littérature

Auteurs	Prévalence	Population étudiée (taille de l'échantillon)	Méthode de mesure	Pays
Samman <i>et al.</i> , 1992 [21]	21%	Population orthodontique (300 patients)	Photographies exo-buccales	Hong Kong
Severt et Proffit, 1997 [20]	34%	Population orthodontique (1460 patients)	Examen clinique	États-Unis
Sheats <i>et al.</i> , 1998 [27]	12%	Adolescents non traités (861 personnes)	Examen clinique	États-Unis
	6%	Adolescents traités orthodontiquement (143 patients)		
Bailey <i>et al.</i> , 2001 [45]	34%	Population orthodontique (2000 patients)	Photographies exo-buccales	États-Unis
Willems <i>et al.</i> , 2001 [28]	23%	Population orthodontique (1477 patients)	Photographies exo-buccales	Belgique
Haraguchi <i>et al.</i> , 2002 [24]	80%	Patients présentant une Classe III (220 patients)	Téléradiographie de face	Japon
Boeck <i>et al.</i> , 2011 [23]	32%	Patient nécessitant une chirurgie orthognathique (171 patients)	Photographies exo-buccales	Brésil
Ramirez-Yanez <i>et al.</i> , 2011 [29]	50%	Enfants en denture mixte (327 enfants)	Orthopantomogramme (asymétrie mandibulaire)	États-Unis
Laganà <i>et al.</i> , 2013 [25]	27,1%	Enfants de 7 à 15 ans scolarisés (2108 enfants)	Examen clinique	Albanie
Bhateja <i>et al.</i> , 2014 [46]	12,1%	Population orthodontique (280 patients)	Photographies exo-buccales	Pakistan
Yi et Jang, 2015 [47]	55%	Patients ayant subi une rhinoplastie (152 patients)	Photographies exo-buccales	Corée du Sud
	32%	Patients ayant subi une septoplastie (60 patients)		
Piao <i>et al.</i> , 2016 [26]	11%	Population orthodontique (7476 patients)	Téléradiographie de face	Corée du Sud

c. Répercussions de l'asymétrie faciale

L'asymétrie faciale peut entraîner chez les patients, des doléances esthétiques en premier lieu, mais aussi d'autres effets d'ordre fonctionnel et/ou psychologique. Elle est souvent associée à une diminution de l'estime de soi et à une altération de la perception esthétique [48].

L'altération de l'esthétique faciale résultant de l'asymétrie est variable, peut aller d'une déviation légère, détectable uniquement par un œil expert et entraîné, à une déviation sévère, socialement handicapante pour le patient. Les asymétries les plus sévères peuvent ainsi être associées à une dépression clinique, une névrose, une faible estime de soi, un complexe d'infériorité et une qualité de vie diminuée [10, 49], causant des détresses psychologiques, émotionnelles et physiologiques [10]. Pour les patients adultes en cours de traitement orthodontique, il y a une association évidente entre leur perception dentaire et l'estime de soi. Cette perception est corrélée à l'impact social, à l'impact psychologique et à la préoccupation esthétique [9]. Les personnes symétriques sont jugées séduisantes et en bonne santé, ainsi que sociables, intelligentes et équilibrées, tandis que celles avec un plus haut degré d'asymétrie sont jugées comme plus anxieuses [50]. Une motivation fréquente des patients est d'améliorer leur apparence, et par conséquent d'améliorer leur qualité de vie.

Certaines malocclusions comme l'occlusion inversée sont souvent retrouvées en lien avec une déviation du menton [51–54]. L'activité musculaire (masséter, temporal et sterno-cléido-mastoïdien / muscles masticateurs et cervicaux) est augmentée du côté antagoniste de l'occlusion inversée [52]. Une pression différentielle exercée par les joues (augmentée du côté dévié) et la langue (diminuée du côté dévié) est notée [55]. D'autre part, l'asymétrie faciale affecte de manière significative l'efficacité masticatoire du patient [51], entraînant souvent une distribution inégale des forces sur les articulations temporo-mandibulaires ainsi qu'une activité et une épaisseur musculaire différentes au niveau des muscles masticateurs [52, 56].

Une prévalence augmentée des troubles de l'ATM (douleur, claquement) peut aussi être associée [22, 57]. Dans la majorité des cas, la cause de l'asymétrie est liée à un problème articulaire (tumeur, hyperplasie, résorption) [58]. L'asymétrie mandibulaire

peut provoquer un état asymétrique au niveau des ATM (position et compression du disque lors du mouvement) [59] et être associée à une morphologie et une position condylienne différente entre les côtés (position verticale du condyle et hauteur ramale) [60]. Ceci pourrait entraîner ultimement des déplacements discaux et prédisposer les patients à des troubles de l'ATM [61]. Une revue systématique récente retrouve une prévalence augmentée de déviation du menton chez les patients présentant des troubles de l'ATM [62], une relation de cause à effet ne peut toutefois pas être mise en évidence.

2. Rappels sur la croissance normale du maxillaire et de la mandibule

Les malocclusions et les déformations cranio-faciales peuvent survenir à cause de variations lors du processus de développement, et doivent être évaluées par rapport à la croissance normale [63]. Il est nécessaire d'apprendre comment la face croît et ce par quoi cette croissance est influencée, afin de comprendre l'étiologie des malformations dentofaciales.

La croissance est une augmentation en taille et/ou en nombre, c'est donc une notion quantitative [63]. Au niveau cellulaire, elle peut se faire par hypertrophie (augmentation du volume des cellules), par hyperplasie (augmentation du nombre de cellules) ou par sécrétion de matériel extra-cellulaire (augmentation de la taille sans modifier ni le volume ni le nombre de cellules) [64]. Ces 3 processus interviennent dans la croissance squelettique, mais l'hyperplasie en est la principale composante. Les os du complexe cranio-facial suivent aussi ce schéma, chacun avec ses spécificités.

Les théories de la croissance cranio-faciale ont marqué et marquent encore actuellement les thérapeutiques orthopédiques qui cherchent à influencer la croissance. Trois théories principales sont décrites en ce qui concerne le déterminant principal de la croissance :

- L'os, qui détermine sa propre croissance (Weinmann et Sicher, 1955 [65]),
- Le cartilage comme déterminant premier, induisant la croissance squelettique secondairement (Scott, 1967 [66], Pétrovic et Charler, 1988 [67]),

- Les tissus mous ; la croissance matricielle induit une croissance globale (Enlow, 1962-1990 [68, 69], Moss, 1954-1962 [70]).

De nos jours, la première théorie est obsolète et la croissance cranio-faciale semble être une synthèse des deux dernières : la croissance est multifactorielle, les facteurs responsables de la croissance sont d'ordre génétiques, épigénétiques et environnementaux. Le rôle principal fut donné aux facteurs génétiques, supplantés après les années 70 par les facteurs environnementaux (facteurs nutritionnels, activité physique, état de santé général). Cet aspect antagoniste est aujourd'hui remis en cause et une action conjointe entre ces deux facteurs semble préférée. La base du crâne semble être principalement déterminée par des facteurs génétiques. Alors que la voûte du crâne et la face seraient davantage influencées par les facteurs épigénétiques et environnementaux [63].

a. Maxillaire

Le maxillaire est un os pair et symétrique, occupant une position centrale au niveau du massif facial. Embryologiquement, il provient de la fusion des bourgeons maxillaires, dérivés du premier arc. Le maxillaire se développe après la naissance grâce à une ossification membraneuse (ossification directe à partir de tissu conjonctif mésenchymateux). La croissance se fait par apposition osseuse au niveau sutural ainsi que par remodelage osseux (Figure 1) [63, 68] :

- croissance antéro-postérieure : vers l'avant grâce à la croissance de la base du crâne (jusqu'à 7 ans) et à l'apposition osseuse au niveau des sutures périmaxillaires postérieurement. Elle continue après la puberté.
- croissance verticale : la croissance en hauteur est celle qui s'achève le plus tardivement : le maxillaire croît vers le bas jusqu'à 14-15 ans chez les filles (2 à 3 ans après les premières règles). La croissance verticale alvéolaire continue également après la puberté [71].
- croissance transversale : la croissance en largeur du maxillaire est essentiellement achevée avant le pic de croissance.

La forme et le volume atteint par le maxillaire à la fin de la croissance dépendent de l'éruption de la denture définitive. [64] Par ailleurs, la croissance faciale continue lors de l'âge adulte [71], c'est la maturation.

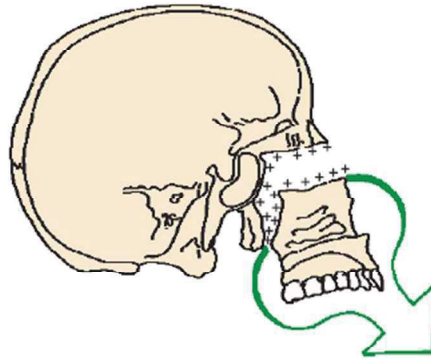


Figure 1 : Croissance du maxillaire vers l'avant et vers la bas, par apposition osseuse au niveau des sutures situées postérieurement et supérieurement [63, 68]

b. Mandibule

La mandibule est un os impair, composé d'un corps et de deux branches. C'est le seul os mobile de la face. Par opposition au maxillaire, la croissance de la mandibule allie une ossification endochondrale (ossification à partir d'une maquette cartilagineuse) et mésenchymateuse. Le cartilage couvrant la surface du condyle mandibulaire est le site des 3 processus cellulaires de la croissance, l'hyperplasie, l'hypertrophie et la sécrétion endochondrale. Les autres surfaces de la mandibule (surface postérieure du ramus, processus coronoïdes et condyliques) sont formées par une apposition de surface et un remodelage osseux [72].

La mandibule possède le plus grand potentiel de croissance de tout le complexe cranio-facial (Figure 2) :

- croissance antéro-postérieure : le corps de la mandibule croît vers l'avant par apposition périostée sur sa surface postérieure; en période pré-pubertaire, la longueur de la mandibule augmente de 2 à 3 mm par an en moyenne [73].
- croissance verticale : vers le bas, le ramus croît en hauteur (1 à 2mm par an [73]) par ossification endochondrale du cartilage secondaire condylien et par remodelage osseux (Figure 3). Selon les courbes de Björk, la croissance condylienne continue après la croissance des sutures de la face, et même après la croissance staturale (22 ans chez le garçon, 18 ans chez la fille) [74].
- croissance transversale : le corps de la mandibule grandit en largeur par apposition périostée sur sa surface postérieure. La distance bi-condylienne a tendance à rétrécir au cours du temps, tout comme l'arcade mandibulaire au niveau de la zone molaire.

Le menton est une surface quasiment inactive en ce qui concerne la croissance.

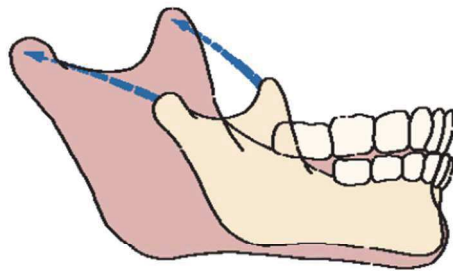


Figure 2 : Schéma de croissance de la mandibule [63]

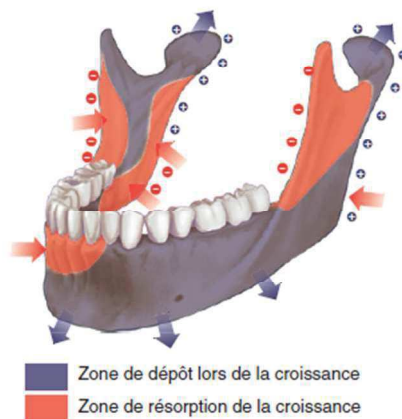


Figure 3 : Remodelage osseux mandibulaire lors de la croissance [64]

La croissance du maxillaire et de la mandibule s'achève de manière séquentielle : fin de la croissance en largeur, puis en longueur et pour finir en hauteur [63]. La croissance des arcades dentaires est généralement terminée avant le pic de croissance [75]. Il était supposé que la croissance du squelette cranio-facial s'arrêtait en fin d'adolescence. Cependant, Behrents [71] a prouvé que la croissance faciale continuait pendant la vie adulte, les changements verticaux étant plus importants que ceux de la dimension antéro-postérieure.

Au vu de la longue phase de croissance du maxillaire et de la mandibule, ainsi que de leurs interactions nombreuses et complexes avec les autres éléments cranio-faciaux, le maxillaire et la mandibule sont donc exposés à divers facteurs pouvant entraîner des asymétries faciales.

3. Etiologies des asymétries faciales

Dans la littérature, de nombreux facteurs de causalité ont été mis en avant concernant le développement des asymétries faciales. Les étiologies sont variables et il est primordial de les comprendre afin de poser le bon diagnostic : le plan de traitement ne pourra être établi qu'alors.

Chia *et al.* [76] suggèrent que l'asymétrie peut être d'origine pathologique, traumatique, fonctionnelle ou développementale. Haraguchi *et al.* [24] prétendent que les étiologies de l'asymétrie faciale peuvent être divisées en deux groupes selon les circonstances de survenue : l'asymétrie peut être d'origine prénatale, liée à des facteurs héréditaires, ou d'origine postnatale, c'est à dire provoquée par des facteurs acquis. Lundström *et al.* [77] signalent aussi que l'asymétrie faciale peut être d'étiologie génétique ou non génétique, ou résulter d'interactions entre des paramètres génétiques et non génétiques. Réciproquement, Cheong et Lo [22] divisent les facteurs de causalité de l'asymétrie faciale en 3 catégories principales qui vont être détaillées ci-dessous : facteurs congénitaux, facteurs acquis, facteurs développementaux.

a. Facteurs congénitaux (causes néonatales)

Dans cette première catégorie, l'asymétrie faciale est présente dès la naissance : la cause est congénitale. Cette catégorie regroupe les fentes faciales unilatérales (dont les formes les plus communes sont les fentes labiales, palatines ou labio-palatines), les syndromes oto-mandibulaires (microsomie héli-faciale, syndrome de Goldenhar), la neurofibromatose, les craniosynostoses (syndromiques : Crouzon, Appert, Pfeiffer ou non syndromiques), la synostose unilatérale (coronale ou lambdoïde), les changements anatomiques de la base du crâne [22, 78, 79]. Ces anomalies surviennent précocement durant le développement embryonnaire : altération du nombre ou de la migration des cellules des crêtes neurales (5^{ème} semaine), fusion précoce des sutures [80]. L'asymétrie s'aggrave ensuite et devient plus visible avec la croissance. Les causes sous-jacentes de ces phénomènes restent encore inconnues avec des hypothèses génétiques et moléculaires en cours de recherche.

Les torticolis musculaires congénitaux, ou encore la plagiocéphalie positionnelle sont d'autres étiologies d'asymétrie faciale liées à un mauvais positionnement de la tête du

foetus [22, 78]. De plus, le modelage intra-utérin, causé par la pression d'un élément sur la tête du fœtus pendant la grossesse ou lors de l'accouchement, a été reconnu depuis longtemps comme une cause de déformations faciales parfois spectaculaires (Figure 4) [63]. Ces dernières peuvent être asymétriques si le facteur causal est asymétrique. Ce problème est habituellement transitoire et le squelette et les os de la face peuvent retrouver leur forme normale en quelques semaines voire quelques mois. Cette déformation est permise notamment grâce à la présence des fontanelles.



Figure 4 : Nouveau-né juste après l'accouchement, présentant une déformation de la tête, facilitant son passage [81]

b. Facteurs acquis (résultat d'un traumatisme ou de maladies)

Pour cette deuxième catégorie, la symétrie présente à la naissance est altérée à un certain moment de la vie par un accident, une maladie ou un dérèglement de croissance. Les causes sont multiples : traumatisme facial, fracture (Figure 5) [82], paralysie faciale, pathologies faciales et tumeurs osseuses ou des tissus mous (bénignes ou malignes), dysplasie fibreuse [78], atteinte de l'articulation temporo-mandibulaire (arthrose, infection, ankylose) [2, 83], hyperplasie ou hypoplasie condylienne [84]. Certains traitements comme la radiothérapie chez l'enfant [85] ou la résection chirurgicale ont aussi des effets importants sur la croissance cranio-faciale. Les atteintes mandibulaires sont plus fréquentes et plus sévères que celles touchant les tiers médians ou supérieurs du visage. Ceci est dû à une période de croissance de

la mandibule plus longue que celle du maxillaire, mais aussi par le fait que le maxillaire est uni de manière rigide à la base du crâne grâce aux synchondroses tandis que le lien entre la mandibule et la base du crâne se fait grâce à une articulation, l'ATM [19].



Figure 5 : Asymétrie mandibulaire chez un enfant de 8 ans causée par un déficit de croissance après fracture du condyle droit à l'âge de 2 ans [81]

Certains dysfonctionnements fréquents de la croissance mandibulaire normale sont :

- L'arthrite juvénile idiopathique, qui est une maladie inflammatoire chronique touchant les enfants et les adolescents. Le diagnostic est clinique et lié à l'historique de la maladie (rigidité articulaire qui dure au moins 6 semaines) [86, 87]. L'ATM est touchée dans 87% des cas [88]. L'asymétrie faciale associée est principalement retrouvée au niveau du tiers inférieur du visage [89].
- La résorption condylienne idiopathique, qui n'est pas à confondre avec l'arthrite juvénile idiopathique. C'est une forme sévère de dysfonctionnement du remodelage condylien. Elle altère progressivement la morphologie du condyle et entraîne la perte du condyle. Elle est généralement bilatérale et symétrique, entraînant une rétrognathie mandibulaire ainsi qu'une infraclusion antérieure [90] [91]. En cas d'atteinte unilatérale elle peut être à l'origine d'une asymétrie progressive [92].
- L'ankylose de l'ATM, qui, chez un enfant en croissance, entraîne un hypodéveloppement unilatéral de la mandibule du côté atteint [93]. L'ankylose peut être causée par un traumatisme, une infection ou encore de l'arthrose.
- L'hyperactivité condylienne unilatérale est le facteur causal de l'asymétrie le plus étudié. Elle a été décrite pour la première fois en 1836 comme une croissance excessive du condyle mandibulaire. Elle se caractérise par un élargissement diffus de la tête du condyle, de l'échancrure condylienne, du

ramus ainsi que du corps mandibulaire [84]. La croissance du condyle est auto-limitante mais tant que la croissance continue, l'asymétrie progresse également. La pathogénèse de l'hyperplasie condylienne est idiopathique. Son diagnostic est confirmé par une scintigraphie condylienne (Tc99) [78].

- L'ostéochondrome du condyle mandibulaire (tumeur osseuse bénigne) altère la forme et la fonction de l'ATM, ce qui induit une déviation mandibulaire et le développement d'une asymétrie faciale [94].
- Parmi les affections rares acquises, on peut noter le Syndrome de Parry-Romberg, qui se déclare chez l'enfant entre 2 et 7 ans. Il est décrit comme une atrophie progressive de l'hémiface par atteinte adipocytaire et parfois musculaire [95].

c. Facteurs développementaux (se manifestant pendant la croissance, et d'origine inconnue)

L'étiologie de l'asymétrie faciale reste, dans de nombreux autres cas, encore inconnue. C'est pour cette raison que Cheong et Lo ont suggéré une catégorie « asymétries du développement ». Elles sont non-syndromiques. De telles asymétries idiopathiques sont communes dans la population générale, mais ne sont pas retrouvées dès l'enfance. Elles apparaissent progressivement au cours du développement cranio-facial, vers l'adolescence [22, 96]. Aucun historique traumatique ou de maladie particulière n'est rapporté dans ces cas. La littérature rapporte certaines causes de cette dysharmonie, qui entraîneraient une augmentation unilatérale du développement squelettique. On retrouve par exemple une occlusion inversée unilatérale avec déviation mandibulaire initialement fonctionnelle, une mastication unilatérale, des parafunctions délétères ou encore une pression constante unilatérale lors du sommeil. Ces hypothèses sont cependant controversées et aucune relation de cause à effet n'a pu être validée scientifiquement [24, 77, 97, 54, 98].

4. Classification

En regard des nombreuses étiologies possibles et des différents sièges de l'asymétrie faciale, une classification est indispensable. Bishara *et al.* [2] et Cheong *et al.* [22] répartissent les asymétries cranio-faciales selon les structures concernées. On retrouve donc les asymétries dentaires, squelettiques, musculaires ou des tissus

mous, et fonctionnelles. Ces différents types d'asymétries sont généralement retrouvés simultanément dans un seul tableau clinique.

- **L'asymétrie dentaire** touche uniquement les dents et se manifeste par une déviation du milieu inter-incisif maxillaire ou mandibulaire par rapport au plan sagittal médian, associée ou non à une non-concordance des milieux entre eux. Les principales causes en sont la perte prématurée des dents de lait, les agénésies ou l'encombrement dentaire, une implantation asymétrique des germes dentaires et les parafunctions comme la succion non nutritive par exemple [22].
- **L'asymétrie squelettique** peut être d'origine maxillaire ou mandibulaire, mais peut aussi toucher plusieurs structures osseuses d'un côté du visage (microsomie hémifaciale par exemple). Quand un côté est touché par l'altération du développement osseux, le côté controlatéral en sera inévitablement impacté, entraînant des distorsions compensatrices de la croissance.
- **L'asymétrie musculaire** est retrouvée dans des cas de paralysie faciale ou des syndromes tels que la microsomie hémifaciale. Une fonction musculaire anormale, comme l'hypertrophie massétérine, peut en soi être la cause d'une asymétrie faciale, ainsi que contribuer au développement d'une asymétrie dentaire et squelettique à cause de la pression musculaire. La fibrose du muscle sterno-cléido-mastoïdien crée une déformation faciale évidente si elle n'est pas traitée par exemple dans certains torticolis.
Lors de paralysies faciales unilatérales, on retrouve une asymétrie du côté atteint lors de l'expression faciale. Elle se retrouve aussi au repos dans certains cas (paralysie faciale flasque) [99]. Les individus avec une paralysie faciale souffrent d'un manque d'expression faciale ainsi que de limitations fonctionnelles (orales, articulaires et visuelles) [100].
- **L'asymétrie fonctionnelle** peut résulter d'une déflexion de la mandibule liée à des interférences occlusales déviant la mâchoire de son intercuspidation en relation centrée. Ces latérodéviation peuvent être occasionnées par une hypomaxillie ou un facteur local tel qu'une malposition dentaire. Dans certains cas, des troubles de l'ATM, comme un déplacement discal, peuvent entraîner une déviation lors de l'ouverture.

Reyneke *et al.* [101] recommandent quant à eux une classification basée sur la position de trois entités anatomiques en relation avec le milieu de la face : le maxillaire, le corps de la mandibule et la symphyse mandibulaire. Ils notent aussi la présence ou non d'une bascule du plan occlusal. C'est une méthode simple qui permet d'identifier l'approche orthodontique et chirurgicale appropriée pour chaque type d'asymétrie.

Kim et collaborateurs [102] décrivent une classification simplifiée afin de faciliter le choix de la prise en charge chirurgicale, qui permettrait d'obtenir des résultats esthétiques plus harmonieux. Elle est basée sur :

- la déviation du menton dans le sens transversal (T), -asymétrie mandibulaire
- la bascule du maxillaire (M), -croissance compensatrice du maxillaire
- la bascule des lèvres (L). -asymétrie des tissus mous.

Chaque paramètre est noté de 0 à 4 selon la présence et la direction de déviation ou de bascule.

Compte tenu de leur prévalence élevée, des classifications s'intéressant spécifiquement aux asymétries mandibulaires ont été développées. Obwegeser et Makek [103] différencient les élongations héli-mandibulaires des hyperplasies héli-mandibulaires. L'élongation héli-mandibulaire résulte d'une augmentation du condyle ou du ramus dans le sens vertical ou d'une augmentation du corps mandibulaire sur le plan horizontal. A contrario, l'hyperplasie est caractérisée par une augmentation unilatérale de la mandibule dans son ensemble.

Kawamoto propose une classification divisée en causes intrinsèques au condyle ou causes liées à une asymétrie de la base du crâne (et donc touchant la fosse glénoïde) [96].

Par ailleurs, Hwang [104] distingue 4 types d'asymétries mandibulaires, basées sur l'analyse squelettique de la déviation du menton et la différence entre les longueurs ramales :

- patients avec une déviation du menton et une différence ramale bilatérale
- patients avec une différence ramale bilatérale uniquement
- patients avec une déviation du menton uniquement
- patients avec des variations unilatérales du volume de la mandibule, sans déviation du menton ni différence entre les longueurs ramales.

Leung et Leung [105] décrivent une classification simplifiée à l'aide de clichés en 3 dimensions. Elle est basée sur la zone anatomique touchée : ramus (R), corps

mandibulaire (B), et menton (C) ainsi que le degré de différence bilatérale en hauteur, largeur et épaisseur de ces zones. Cette classification est associée à une analyse céphalométrique correspondante en 3D.

L'asymétrie faciale, comme définie précédemment, est une malformation qui touche la majorité des êtres humains. Elle n'est pas toujours perçue, mais dans des cas sévères, peut entraîner de lourds préjudices esthétiques. Ses étiologies sont variables et dépendent des phénomènes de croissances de la face. Ces derniers peuvent être altérés *in utero*, ou après la naissance. Une classification est un outil nécessaire afin de pouvoir établir un diagnostic succinct.

II. Démarche diagnostique et perception de l'asymétrie faciale

1. Démarche diagnostique

La démarche diagnostique de l'asymétrie faciale a évolué depuis les jours où cette dernière se quantifiait par rapport à une ligne verticale de référence matérialisée par un fil passant par la glabelle [106]. Les approches en 2 dimensions ne retranscrivent pas l'aspect tridimensionnel de l'asymétrie faciale, ni la 4^{ème} dimension, à savoir l'aspect dynamique de la croissance. De nos jours, même si les techniques d'imagerie tridimensionnelles permettent de mieux appréhender et quantifier les asymétries faciales dans les 3 dimensions de l'espace, l'anamnèse, les examens cliniques exo- et endo-buccaux ainsi que les examens complémentaires 2D gardent leur importance.

a. Anamnèse

L'objectif de l'anamnèse est d'établir le motif de consultation du patient ainsi que d'autres éléments le concernant :

- son historique médical et dentaire
- son statut de croissance
- sa motivation et ses attentes.

Proffit et collaborateurs [82] insistent sur la recherche systématique d'un antécédent de traumatisme facial face à une asymétrie faciale. Une fracture condylienne préalable serait à l'origine de 5 à 10% des asymétries mandibulaires sévères. Il est aussi important de dater l'apparition (ou la détection) de l'asymétrie faciale, grâce aux souvenirs du patient, mais aussi avec l'aide de photographies à différents âges. Ainsi, il est possible de préciser si la situation est en évolution ou si elle s'est stabilisée, et de déterminer si des examens plus approfondis sont nécessaires [63].

b. Examen clinique exo-buccal

La beauté étant un paramètre subjectif, culturellement et ethniquement dépendante, l'examen clinique du visage se focalise davantage sur l'analyse et l'équilibre des proportions. Qu'importe la culture, un visage disproportionné peut devenir une préoccupation psychosociale [107].

L'objectif de l'examen clinique exo-buccal est double :

- analyse qualitative : identifier le ou les sites de l'asymétrie
- analyse quantitative : quantifier de manière objective le degré d'asymétrie.

Définition des plans de référence

La définition d'un plan de référence est essentielle pour évaluer une asymétrie faciale et permet aussi de positionner le patient lors de la prise de documents photographiques ou radiologiques. De plus, ce plan de référence peut servir d'axe (ou plan) de symétrie vertical afin d'obtenir des vues en miroir des hémifaces, guidant ainsi le diagnostic et la correction du côté concerné par l'asymétrie [108].

Le plan de référence le plus fréquemment utilisé pour l'évaluation de l'asymétrie faciale est le plan sagittal médian [13–16]. Il passe par le point Nasion cutané et est perpendiculaire au plan bi-pupillaire. Chez un sujet symétrique, il passe aussi normalement par les points Sous-nasal et Menton cutané [17]. Certains définissent le plan de référence comme le plan vertical passant par le point Nasion cutané lorsque le patient est en position naturelle de la tête, sur une vue frontale [108]. Il est parfois complexe chez les patients avec des asymétries cranio-faciales notables (fentes atypiques, craniosynostoses) de le définir objectivement. Le plan sagittal médian est donc souvent déterminé cliniquement par les caractéristiques faciales externes [109, 110]. Cependant, ce dernier ne correspond pas toujours au plan sagittal médian radiologique, basé sur des structures osseuses [111].

Une asymétrie faciale cliniquement détectable peut être associée à d'autres anomalies situées au niveau du squelette facial qui sont, elles, non visibles. Par exemple, une déviation du menton, peut être associée à une asymétrie horizontale et verticale significative au niveau des os pairs de l'étage moyen de la face. Cela complique la planification, car les plans de référence sont faussés [112].

Identification du siège de l'asymétrie lors de l'examen clinique statique

L'examen clinique exo-buccal de face se divise en 2 principaux volets [63] :

- **L'équilibre des proportions faciales (macro-esthétique)**

Le patient est examiné sur une vue frontale en position naturelle de la tête.

Le visage est alors divisé en cinquièmes verticaux qui doivent être de largeur sensiblement égale, et la largeur des yeux, du nez et de la bouche, doivent être en harmonie avec le reste du visage (Figure 6). Une légère asymétrie entre le côté droit et le côté gauche existe dans tout individu normal, et est à distinguer d'une déviation du nez ou de la bouche d'un côté, sur le plan horizontal [63].

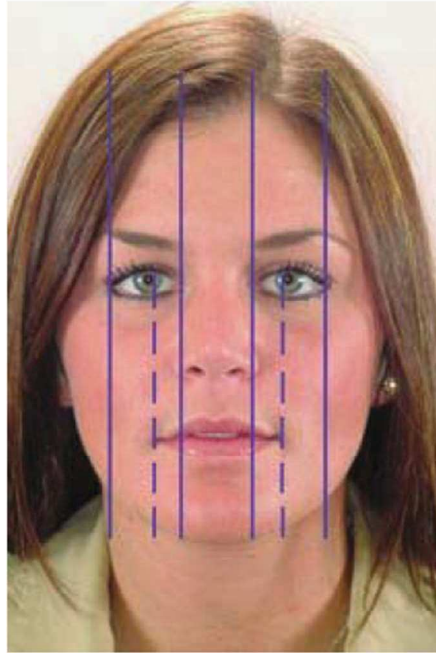


Figure 6 : Proportions faciales et symétrie dans le plan frontal : lignes verticales passant par les canthi internes et externes et les pupilles (pointillé) [63]

Afin de déterminer le siège vertical de l'asymétrie, le visage est divisé en tiers par des lignes horizontales [113–116] :

- Tiers supérieur : de la racine des cheveux à la ligne bi-ophryaque
- Tiers médian : de la ligne bi-ophryaque au point Sous-nasal, comprenant les sourcils, les yeux (ligne bi-pupillaire) et le nez
- Tiers inférieur : du point Sous-nasal au point Menton cutané, comprenant les commissures (ligne bi-commissurale), les angles goniaux et le menton.

▪ **La position des dents relativement au reste du visage (mini-esthétique)**

Les éléments visibles au sourire sont l'orientation du plan d'occlusion et la position des milieux inter-incisifs. La position des milieux inter-incisifs (point Supradental et Infradental) est à évaluer en Relation Centrée (RC), en Occlusion d'Intercuspitation Maximale (OIM) et bouche ouverte, par rapport au plan sagittal médian et à l'arcade antagoniste [2]. Un deuxième point important à noter est l'orientation transversale des

dents par rapport aux tissus mous. La ligne bi-commissurale sert alors de référence pour les tissus mous et la ligne bi-pupillaire pour les tissus durs. L'exposition gingivale à droite et à gauche au sourire doit être quantifiée.

La présence d'une bascule du plan d'occlusion se matérialise par une rotation de la denture lorsque le patient sourit. Sa visualisation peut être simplifiée grâce à un plan de Fox, dont l'orientation doit être comparée à la ligne bi-pupillaire. Le plan de Fox ne permet pas de visualiser sa relation avec la ligne bi-commissurale de référence. La bascule du plan d'occlusion doit être évidemment notée pour le maxillaire et la mandibule de manière indépendante.

Concernant les asymétries touchant les structures cranio-orbitaires et impliquant les tissus mous, chaque élément de la face doit être analysé indépendamment en termes de position spatiale et de forme. Chaque objet a 6 degrés de liberté dans l'espace (3 en translation et 3 en rotation : roulis, lacet et tangage) (Figure 7).

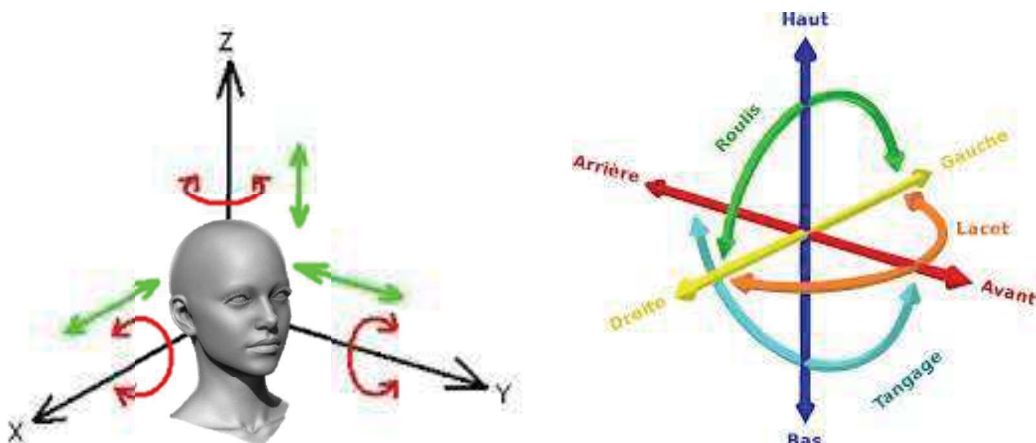


Figure 7 : 6 degrés de liberté d'un objet en 3 dimensions

Identification du siège de l'asymétrie lors de l'examen clinique dynamique

L'examen clinique exo-buccal devra aussi considérer la dynamique mandibulaire en recherchant systématiquement une différence dans le sens transversal entre la RC et l'OIM [63]. Il s'agit ainsi de distinguer une latérodéviatation mandibulaire d'une latérogathie mandibulaire.

La latérodéviatation mandibulaire (mandibule centrée en RC mais déviée en OIM) est une des causes d'asymétrie faciale relative [92, 117]. Celle-ci peut être causée par un déficit transversal maxillaire, une occlusion inversée postérieure ou des contacts

prématurés. À l'inverse, une mandibule déviée à la fois en RC et en OIM signe une latérogathie mandibulaire. [92]

Pour finir, l'examen clinique exo-buccal doit également prendre en considération les mimiques faciales et y rechercher d'éventuelles asymétries dynamiques. Lors du sourire, les muscles élévateurs d'un côté peuvent entraîner une élévation de la lèvre supérieure plus importante que du côté controlatéral. Par exemple, le coin gauche de la bouche montre un déplacement significativement plus important que le droit chez des volontaires symétriques au sourire [118].

Quantification de l'asymétrie lors de l'examen clinique exo-buccal

L'appréciation de l'asymétrie lors de l'examen clinique exo-buccal se fait par inspection visuelle principalement. L'analyse exo-buccale comprend l'inspection visuelle de la morphologie faciale, associée à la palpation des tissus mous, des tissus durs et des ATMs [16]. Des mesures peuvent être prises avec un pied à coulisses ou d'autres outils, mais la dépressibilité des tissus mous ne permet pas d'avoir des mesures fiables [119]. L'examen clinique nécessite la présence du patient, l'enregistrement de ces données permet de se libérer de ces contraintes ainsi que d'obtenir des informations sur des populations larges.

c. Enregistrement des tissus mous

Technique 2D : photographie

Les photographies ne constitueront jamais une alternative à un examen clinique minutieux préalable : ce sont juste des enregistrements de ce qui est observé cliniquement. Elles sont cependant utiles dans la visualisation [120, 121] et la quantification de l'asymétrie [119], la planification du traitement [122] et la communication avec le patient [123]. De plus, elles relèvent d'un caractère médico-légal lors du diagnostic orthodontique.

Différentes vues sont communément utilisées pour objectiver entre autres les asymétries faciales [18, 81, 124, 125] :

- face au repos et au sourire [126]
- profils droit et gauche

- exo-buccale de face avec écarteurs labiaux, objectivant la position des dents et des milieux inter-incisifs par rapport aux plans de référence faciaux
- submentale, objectivant le contour du bord inférieur de la mandibule, permettant de comparer le corps mandibulaire à la base du nez et d'évaluer la position horizontale de la lèvre inférieure par rapport à la lèvre supérieure et au menton.

Des mesures linéaires (par rapport au plan de référence) et angulaires (lignes horizontales et verticales de références) peuvent être réalisées sur des photographies afin de quantifier l'asymétrie [127]. Ces photographies doivent être prises de manière systématisées (posture naturelle de la tête et position en fonction des plans de référence verticaux) [125]. Le mauvais positionnement de la tête lors de la prise de photographies (bascules, rotations) altère le diagnostic objectif de l'asymétrie et ne permet pas d'effectuer de mesures fiables [128].

Les techniques d'enregistrement des tissus mous en 3D permettent de s'affranchir de ces limites, l'objet acquit pouvant être déplacé dans l'espace et visualisé selon la référence établie.

Techniques 3D

Il existe différents systèmes d'acquisition de surface en 3D [129] :

Stéréophotogrammétrie

La photogrammétrie est la méthode d'acquisition de surface 3D la plus populaire. C'est une technique qui permet de définir précisément les formes, dimensions et la position spatiale d'un objet, en utilisant des mesures faites sur plusieurs photographies. Le système consiste en plusieurs appareils photos individuels, calibrés et positionnés de part et d'autre du patient (par paire) afin d'obtenir des prises de vue 2D sous des angles différents. Un logiciel informatique traite ensuite l'ensemble des images bidimensionnelles par triangulation, pour restituer une seule image nette en 3D [113, 130]. La stéréophotogrammétrie est une technique de photogrammétrie utilisant 2 prises de vue dont les axes sont parallèles ou très peu convergents.

La précision des images obtenues permet, en utilisant des points de repère fixes, de faire des mesures tridimensionnelles. Cette technique de mesure est fiable et reproductible [131]. Un autre atout majeur est la possibilité de superposer des images

réalisées à des moments différents : pré- et post-traitement, ou à différents âges pour évaluer la croissance [132].

Une méthode a été décrite par Taylor et son équipe pour calculer de manière reproductible l'asymétrie faciale : elle se base sur la technique des miroirs et la superposition des hémifaces (Figure 8) [113]. Des cartes colorimétriques permettent une visualisation quantitative du degré d'asymétrie. Cette méthode nécessite tout de même une courbe d'apprentissage [133].



Figure 8 : Appréciation de l'asymétrie faciale selon la méthode décrite par Taylor [113]

La stéréophotogrammétrie en 3 dimensions est utile lors du suivi du patient dans le cadre de paralysies faciales, les photographies en 2 dimensions étant intrinsèquement moins précises pour décrire et reproduire les expressions faciales [133]. Une détection automatique des repères grâce à la technique de correspondance des formes permet d'automatiser la quantification et la qualification de l'asymétrie des tissus mous du visage de manière rapide et précise [134]. Elle est basée sur la déformation d'un masque 3D et des photographies en 3D.

Des mesures céphalométriques 3D des tissus mous sont également réalisables et sont fiables [135, 136]. Les erreurs de mesures des tissus mous rapportées avec la stéréophotogrammétrie sont comprises entre 0,55mm et 1mm [137, 138].

Technique de lumière structurée

Cette technique est proche de la précédente mais la source utilisée est une lumière « structurée » (motifs, textures aléatoires...). Le principal avantage de cette technique est sa rapidité et donc la diminution des distorsions liées au mouvement : la numérisation n'est pas faite point par point mais englobe tout le champ de vision [129].

C'est le principe du 3dMD Face System (3dMD Inc., Atlanta, GA, USA), qui associe la lumière structurée et la stéréophotogrammétrie.

Scanner à laser

Le protocole du balayage par laser décrit par Kau [139, 140] est une méthode rapide et reproductible d'analyse des tissus mous du visage en 3 dimensions. Elle consiste en une projection laser par balayage du patient, en position naturelle de la tête. La diffusion du faisceau laser est capturée par un détecteur. L'acquisition enregistre simultanément les côtés droit et gauche (Figure 9).

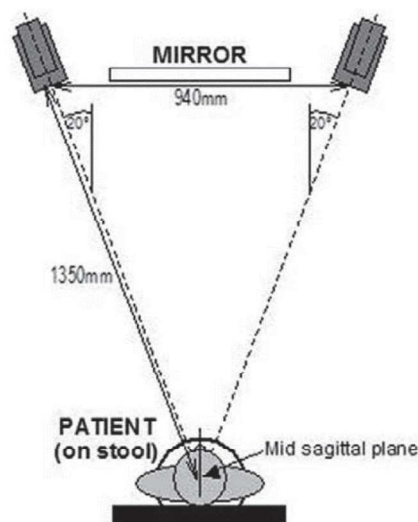


Figure 9 : Illustration de la configuration du scanner laser [139]

Plus de 300 000 points de la surface du visage sont obtenus (fichier en format VVD) puis traités par un logiciel de modélisation pour obtenir une image exploitable. Ce protocole permet d'identifier la zone d'asymétrie (tiers supérieur, médian ou inférieur) ainsi que de la quantifier grâce à des superpositions [116] (Figure 10).

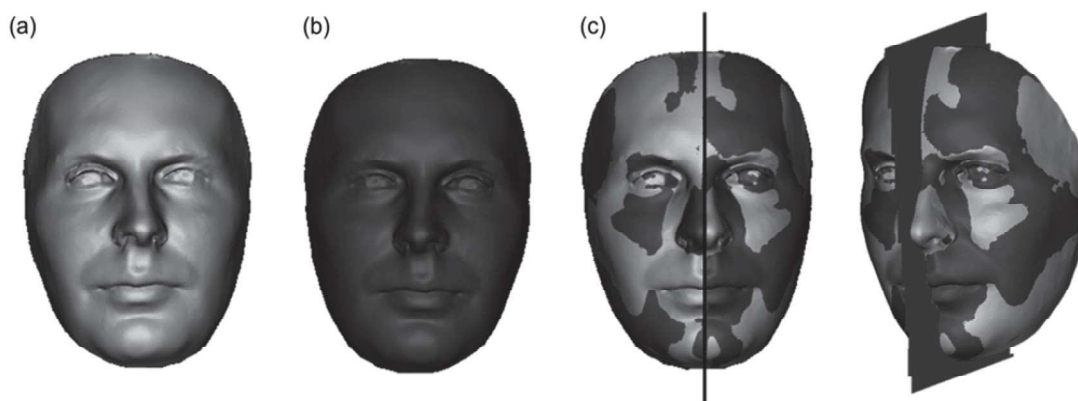


Figure 10 : Visualisation de l'asymétrie grâce à une méthode de détermination d'un plan sagittal médian par superposition : (a) acquisition (b) acquisition en miroir (c) superposition et création d'un plan sagittal [141]

4D : vidéo-imagerie

Nanda utilisait déjà, en 1996, la vidéo afin d'analyser le visage en 3 dimensions grâce au Digigraph (Dolphin Imaging System) [142]. Des caméras permettent d'enregistrer la déformation du visage en 3D lors des mouvements, le visage étant une entité dynamique. Ce système est développé à travers le logiciel Motion-Analysis™ (Motion Analysis Corporation, Santa Rosa, CA) mais aussi par 3dMDface.t System (3dMD Inc., Atlanta, GA). Cette technique de capture des mouvements s'applique aux mesures de l'animation du visage, à la mobilité des tissus mous et à l'expression faciale. Elle permet de collecter des informations supplémentaires non enregistrables en statique (mobilité des tissus mous lors des mouvements, cinématique mandibulaire, ...) [129, 143–145]. Cette technique permet de visualiser une asymétrie lors de l'expression faciale et des différences lors des mouvements du visage [146]. Des innovations récentes ont permis l'ajout de son et d'animations virtuelles [147].

Intelligence artificielle

L'intelligence artificielle (AI) est en plein essor tant au niveau médical qu'en ingénierie. Un équipe japonaise [148] a développé un logiciel basé sur une prise vidéo, qui permet de détecter et quantifier une asymétrie liée à une paralysie faciale en temps réel. Les paramètres étudiés sont le déplacement des sourcils et des commissures.

d. Examen clinique endo-buccal

Examen clinique statique

L'examen clinique endo-buccal [63] va compléter l'examen clinique exo-buccal en confirmant la position des dents relativement au reste du visage, surtout vis-à-vis de la relation qu'entretiennent le Supradental et l'Infradental par rapport au milieu du maxillaire et de la mandibule.

La relation des dents entre elles (micro-esthétique) et les relations inter-arcades dans le sens transversal (présence d'une occlusion inversée uni ou bilatérale, coïncidence ou non des milieux inter-incisifs), vertical (recouvrement), et antéro-postérieur (surplomb, Classe d'Angle bilatérale) seront également analysées et comparées entre les côtés droit et gauche.

Examen clinique dynamique

L'examen endo-buccal dynamique permet de mettre en évidence des interférences occlusales ou des prématurités, responsables de déviations mandibulaires fonctionnelles.

e. Examen radiologique

Ces examens complémentaires viennent compléter l'examen clinique et l'enregistrement des tissus mous, afin de préciser la part squelettique d'une asymétrie faciale. De plus, certaines asymétries non diagnostiquées au niveau des tissus mous peuvent être dépistées lors de l'examen radiologique.

Techniques 2D

Différentes techniques d'imagerie 2D rendent possible l'identification d'une asymétrie squelettique :

- L'orthopantomogramme (OPT) permet de visualiser la morphologie 2D et la hauteur relative des rami et du corps mandibulaire, ainsi que celle des condyles. Des analyses qualitatives et quantitatives sont possibles [149, 150], mais sont peu fiables en raison des distorsions liées à la technique d'imagerie (technique de tomographie) [151] et au positionnement du patient dans le plan de coupe [152].
- La téléradiographie de profil (TRP), utilisée de manière routinière en orthodontie, permet de dépister une asymétrie faciale passée inaperçue à l'examen clinique [153]. Des indices tels qu'un dédoublement marqué des structures bilatérales, principalement au niveau des bords inférieurs mandibulaires, pourront justifier la prescription de prises de vues supplémentaires (téléradiographie de face ou CBCT) [154].
- La téléradiographie de face (TRF) permet d'évaluer l'asymétrie à l'aide de lignes de référence horizontales, ainsi que de lignes de référence verticales, par rapport au plan sagittal médian. Les lignes horizontales sont fiables, ainsi que les lignes verticales tracées perpendiculairement. Les lignes Crista Galli-ENA et Na-ENA sont en revanche les moins fiables [155]. Plusieurs analyses céphalométriques de face existent, les principales retrouvées dans la littérature sont celles de Ricketts [156], et de Grummons [157]. Une analyse triangulaire

a aussi été décrite [124], afin de comparer les côtés droit et gauche du visage (Figure 11).

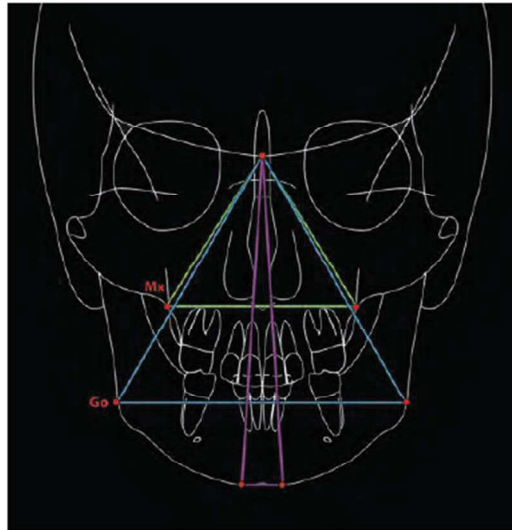


Figure 11 : Analyse triangulaire de Naini, décrivant les triangles maxillaire, mandibulaire et mentonnier [124]

- Une projection submentale (submentoverteux) [158, 159] permet de comparer les structures droites et gauches de manière qualitative et quantitative. Elles sont situées à égale distance du film et de la source radiogène, les distorsions et l'élargissement inégal de part et d'autre en sont ainsi minimisés [2]. La mandibule étant plus éloignée du film, elle reste plus sujette à déformation [49].

Les principaux avantages de ces examens complémentaires en 2 dimensions résident dans leur facilité d'accès (OPT, TRP et TRF) et l'irradiation réduite en comparaison à l'imagerie tridimensionnelle [160, 161]. En revanche, des limites techniques inhérentes constituent leurs principaux inconvénients. Le patient doit être positionné de manière adéquate dans la machine, sans rotation de la tête autour de son axe vertical (lacet) ni horizontal (roulis) [162, 163]. Dans les cas d'asymétries dans la zone des points Porion, l'orientation prédéterminée liée aux embouts auriculaires du céphalostat pour les téléradiographies de face et de profil engendre un positionnement erroné du patient [164]. De plus, la tête étant un volume, ces examens bidimensionnels superposent un nombre important de structures et sont à l'origine de distorsions, rendant leur identification difficile [165, 166]. Leur utilisation aurait donc un intérêt limité au dépistage et à une analyse qualitative et non quantitative des asymétries [155].

L'imagerie tridimensionnelle occupe de ce fait une place croissante dans ce type d'anomalies squelettiques.

Techniques 3D

Les techniques d'imagerie tridimensionnelle, telles que le scanner classique (MSCT : *multi-slice computed tomography*) ou la tomographie volumique à faisceau conique (CBCT : *cone beam computed tomography*), permettent de pallier aux limites de l'imagerie bidimensionnelle en réduisant les erreurs de distorsion [108, 165]. Il s'agit tout d'abord de définir un plan de référence 3D.

Détermination d'un plan de référence

Plusieurs plans sagittaux médians basés sur des structures squelettiques en 3 dimensions ont été décrits. Ils sont formés à partir des points :

- Opisthion, Crista Galli et l'Épine Nasale Antérieure (ENA) [167],
- ENA, Nasion osseux (Na), Basion [108, 168]
- Point S, Na, ENA [169]
- Na, milieu du Foramen Magnum, milieu entre les Processus Clinoïdes Antérieurs [170]
- Point S et Na, perpendiculaire au plan de Francfort [171].

Il n'y a pas de consensus existant à l'heure actuelle concernant le plan sagittal médian 3D le plus précis ni le meilleur pour décrire l'asymétrie cranio-faciale [111, 172–174]. La plupart des analyses céphalométriques en 3D s'appuient sur des plans sagittaux basés sur des structures médianes (S, Na, ANS, Menton, Foramen Magnum) [108, 167–171]. Cela pose le problème de validité de ces références car ces structures peuvent aussi être touchées par une asymétrie. Les plans passant par le milieu de points bilatéraux éloignés seraient plus fiables que ceux passant par un point médian (structures médianes) [155, 172]. De même, un plan construit à partir de 2 points et perpendiculaire au plan horizontal de Francfort serait plus fiable qu'un plan passant par 3 points [111, 173] : des différences cliniquement significatives (>1,0 mm) peuvent être enregistrées.

Le plan de référence peut aussi être matérialisé numériquement par une méthode de superposition d'images miroir en trois dimensions [174, 175]. Le plan formé par les points Nasion-Basion-Foramen incisif serait le plus proche de ce dernier [176].

Etant une structure relativement stable, la base du crâne a parfois été évoquée en tant que référence dans le cas d'asymétries légères à modérées : une superposition d'images miroir en utilisant la base du crâne en référence est souvent décrite [177–179]. Néanmoins, une approche morphométrique paraît plus pertinente pour déterminer le vrai plan de symétrie, car elle se base sur les tissus mous, et non squelettiques [110].

MSCT/CBCT

Ces techniques 3D sont permises grâce à la superposition d'images de coupes transversales. Le faisceau est en éventail pour le MSCT et nécessite plusieurs rotations autour du sujet, alors qu'il est conique pour le CBCT avec une acquisition en une seule rotation. Le CBCT, introduit il y a une vingtaine d'années, permet de pallier à certaines limitations du scanner conventionnel : le coût est moins élevé, l'accessibilité plus grande, la dose d'irradiation est moindre selon les protocoles employés et la résolution en contraste est meilleure pour les tissus minéralisés [146].

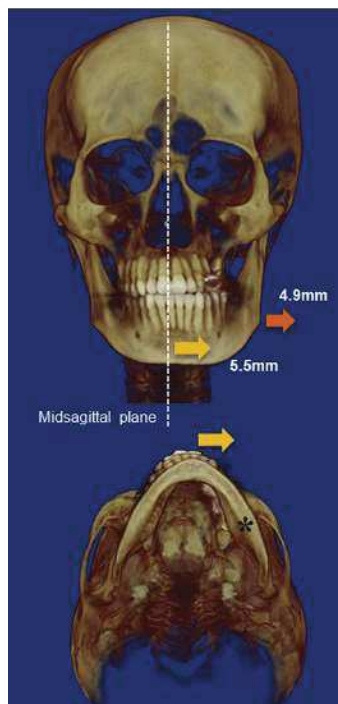


Figure 12 : Exemple d'une reconstruction 3D -CT d'un patient présentant une asymétrie mandibulaire [180]

Différents **paramètres techniques** sont à considérer :

- le champ d'exploration (FOV : *field of view*) dépend de l'indication. Pour le diagnostic des dysmorphoses et asymétries squelettiques, un « grand champ » d'exploration, incluant l'ensemble des structures maxillo-mandibulaires et de la base du crâne est souvent nécessaire (Figure 12).
- les voxels constituent l'élément unitaire du volume. Le choix de la taille du voxel a en théorie une influence sur la résolution spatiale, mais ne permet pas d'expliquer à lui seul ce phénomène complexe [181]. L'identification et la quantification d'asymétries faciales ne justifie par le recours à des tailles de voxel réduites, associées à une irradiation plus importante. Elles seront généralement de l'ordre de 300 à 500µm.
- le nombre de projections : plus il est important, plus la durée d'acquisition est élevée ainsi que le risque d'artéfacts cinétiques [181–184].

Après l'acquisition des données brutes (jusqu'à 600 images distinctes au format DICOM), le **volume doit être traité** en plusieurs étapes afin d'obtenir une reconstitution 3D grâce à des logiciels de numérisation et des algorithmes de modélisation [185–189] :

- compression des fichiers DICOM en vue de préparer la segmentation
- segmentation des zones anatomiques d'intérêt (zone anatomique stable, massif cranio-facial en totalité, mandibule, ...)
- création de modèles surfaciques pour analyses qualitatives ou quantitatives.

Le CBCT connaît plusieurs **applications** en orthodontie : céphalométrie 3D (mesures), planification et simulation chirurgicale, visualisation de l'intégration des tissus durs par rapport aux tissus mous (fusion avec un enregistrement des tissus mous), superposition 3D pour évaluer les modifications entre 2 temps donnés, détection des asymétries.

Dans le cadre du diagnostic en orthodontie, la céphalométrie est largement utilisée. Elle permet de réaliser des mesures angulaires et linéaires sur une téléradiographie de profil. La céphalométrie 3D est précise et reproductible en comparaison à des mesures *in vitro* sur crânes secs [190, 191]. La reproductibilité de ces mesures est plus fiable sur des téléradiographies conventionnelles (comparées à des images en

3D) et est moins source d'erreurs, surtout concernant les points radiologiquement construits [192]. *In vivo*, les mesures réalisées sur des reconstructions en 3D et celles réalisées sur des reconstructions en 2D de téléradiographie de profil sont comparables et reproductibles [193, 194]. Le CBCT montre une bonne reproductibilité et fiabilité lors de l'identification des repères [195]. L'imagerie en 3D offre une meilleure représentation de la morphologie réelle du crâne, contrairement aux imageries en 2D où les structures se superposent [191]. Les mesures réalisées permettent de déterminer la structure responsable de l'asymétrie et apportent donc une aide à la planification thérapeutique et la rendent plus précise [167].

Kau et son équipe [130] ont décrit une méthode reproductible afin d'obtenir un patient virtuel en combinant les données obtenues par la stéréophotogrammétrie et la radiologie 3D (CBCT ou CT) : les tissus mous et les tissus durs sont observables sur une même vue 3D (Figure 13). Ils utilisent le système 3dMd associé au logiciel 3dMdvultus (3dMD Inc., Atlanta, GA, USA). Il permet aussi de réaliser des simulations chirurgicales.

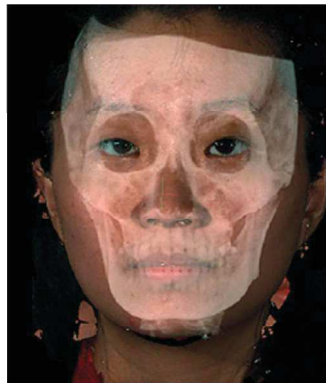


Figure 13 : Image 3D obtenue grâce au logiciel 3dMdvultus combinant la stéréophotogrammétrie et le CBCT [130]

Mais certaines **limites** existent : le placement des points se fait de manière manuelle, une courbe d'apprentissage est nécessaire, les logiciels sont chers et c'est une technique chronophage [196, 197]. Il serait nécessaire de développer une méthodologie standardisée ainsi qu'une analyse céphalométrique spécifique aux examens radiologiques en 3D [191]. Les avancées technologiques permettant le placement automatique des points offrent des perspectives intéressantes grâce à l'intelligence artificielle [198].

De plus, le recours au CBCT doit être réfléchi car c'est une technique plus irradiante (dose effective moyenne d'un CBCT selon le champs d'exploration : 212 μ Sv (large),

177 μSv (moyen) and 84 μSv (petit) / MSCT : 812 μSv / téléradiographie : <6 μSv [199, 200]) et coûteuse que des examens 2D classiques (examen 5 à 10 fois plus cher qu'une radiologie en 2D) [146]. Des protocoles low-dose ont été décrits (35mAs) [201, 202]. La précision du placement des repères est comparable avec un CBCT « high-dose » (200mAs) [195]. Par ailleurs, la qualité d'un cliché CBCT est soumise à l'immobilité du patient lors de l'examen. De plus, la durée d'exposition est augmentée comparativement à un examen 2D, mais diminuée par rapport à un scanner CT.

Les **recommandations actuelles** indiquent la prescription d'un CBCT en ODF [203–207] en cas de :

- fentes labiale et/ou labio-palatine, anomalies faciales congénitales et syndromes, dysmorphoses cranio-faciales
- dents incluses ou surnuméraires (position, localisation, résorptions des dents adjacentes)
- cas complexes nécessitant une prise en charge orthodontico-chirurgicale (visualisation 3D de la morphologie des bases osseuses, des structures nerveuses, planification chirurgicale)
- anomalies dentaires
- anomalies des ATM (morphologie, volume des tissus durs)
- traumatismes (fractures osseuses, fracture radiculaire),
- planification chirurgicale des auto-transplantations.

L'**identification** de l'asymétrie squelettique grâce au CBCT peut se faire de manière qualitative et quantitative. Il existe plusieurs méthodes de détermination et de quantification de l'asymétrie dont les plus décrites sont [189] :

- définition d'un plan sagittal médian, puis superposition en miroir des hémifaces et appréciation qualitative [170, 208] ou quantitative par cartes colorimétriques [108]
- définition d'un plan sagittal médian et analyse céphalométrique avec mesures bilatérales (linéaires, angulaires et volumétriques) [209]
- création d'un volume entier en miroir, puis superposition automatisée des deux volumes sur la base du crâne (structure stable) et appréciation qualitative ou quantitative des asymétries [179].

Une **quantification** précise de l'asymétrie squelettique est indispensable pour la planification chirurgicale. Les examens en 3 dimensions permettent l'évaluation de la taille et de la localisation de structures anatomiques squelettiques et peuvent être aussi utilisés pour la visualisation des tissus mous [178]. Ces mesures sont reproductibles [210]. Elles se rapprochent le plus de la réalité comparé à des techniques en 2D combinées (expériences sur crânes secs) [210] ou à des téléradiographies de face conventionnelles [211].

L'appréciation qualitative (superposition et visualisation par transparence des images en miroir) ou quantitative (mesures céphalométriques linéaires et angulaires) donnent de premières informations sur le siège et l'étendue de l'asymétrie [212]. En revanche, pour une visualisation et une quantification plus précises, l'utilisation de cartes colorimétriques trouve tout son intérêt. La technique la plus répandue est basée sur un algorithme identifiant les points les plus proches, mais n'est pas applicable en cas de translations ou de rotations marquées entre les deux structures [188, 213]. Les algorithmes de correspondance de formes permettent de palier à cet inconvénient, en présentant la quantité et la direction de déplacement (vecteur) entre des points correspondants (Figure 14) [108, 214].

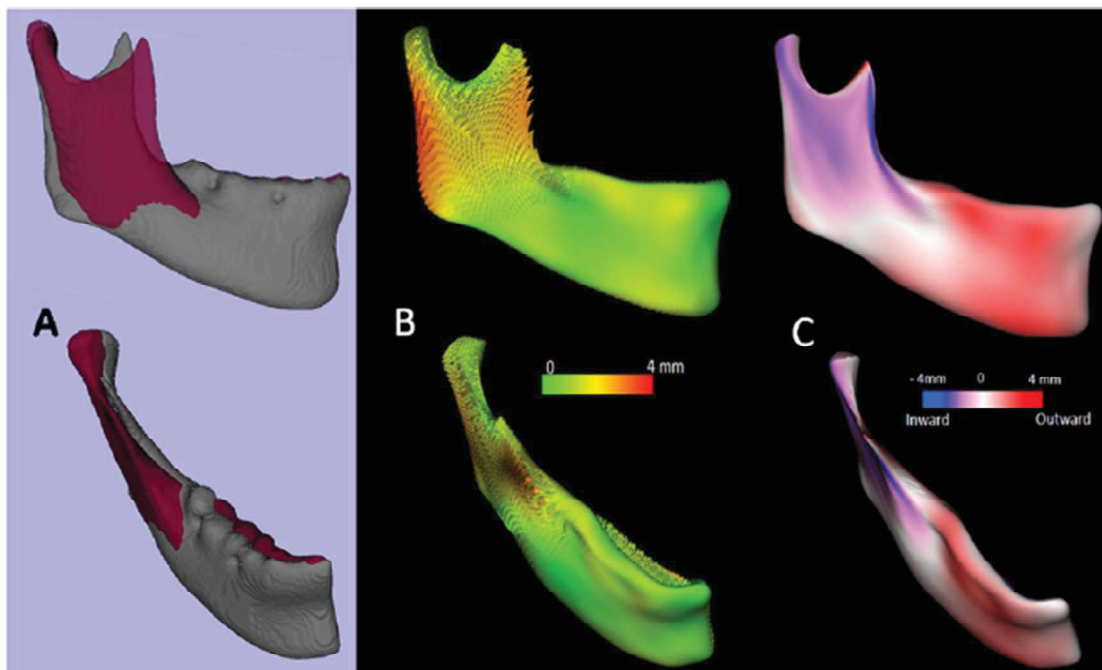


Figure 14 : Quantification de l'asymétrie mandibulaire par superposition (A) et color mapping (B,C) [108]

Une autre technique de caractérisation de l'asymétrie est la *Tensor-based morphometry*, qui est un dérivé de la morphométrie liée à la déformation (différence voxel par voxel). Les mesures sont réalisées sur la déformation totale par tenseur, comparativement entre la droite et la gauche en 3 dimensions, et permettent de donner une cartographie de l'amplitude mais aussi de la direction de la déformation [215].

IRM

D'autre part, l'IRM cranio-facial est une modalité prometteuse pour l'analyse céphalométrique en 3D, au vu de l'absence de rayons ionisants [216, 217] et de la fiabilité et de la reproductibilité des mesures réalisées [218]. L'IRM est actuellement utilisée en odontologie afin d'analyser les voies aériennes supérieures ainsi que la morphologie de l'ATM [146, 219, 220]. Un autre avantage réside dans le bon contraste (tissus durs : signal faible - tissus mous : signal élevé), mais l'usage est encore limité en odontologie, car les chirurgiens-dentistes et orthodontistes ont peu d'expériences concernant cette technique et le coût reste important [221]. La qualité des images segmentées est meilleure en utilisant une IRM_{standard} comparé au CBCT [216, 222], mais aucune donnée n'existe encore à l'heure actuelle sur les procédures standards d'IRM en imagerie dentaire [217, 222–224].

L'éventail d'examens radiologiques à notre disposition est large et les avantages et inconvénients de chaque technique doivent être connus afin d'utiliser la méthode la plus appropriée à chaque situation clinique. Le diagnostic et la planification du traitement d'asymétries légères pourraient être réalisés à l'aide de techniques 2D seulement, moins irradiantes et facilement accessibles. En revanche, dans les anomalies cranio-faciales plus sévères, pouvant nécessiter une prise en charge chirurgicale, l'indication en première intention d'examens tridimensionnels prend tout son sens.

f. Analyse des modèles d'étude

Dans les cas d'asymétrie faciale, l'examen des tissus mous et squelettiques doit être complété par l'analyse de modèles d'étude des arcades maxillaire et mandibulaire, surtout lorsqu'une prise en charge orthodontique ou orthodontico-chirurgicale est envisagée [14].

Ces derniers doivent pouvoir être intégrés dans le contexte global du visage lors du sourire et mis en relation avec leurs bases osseuses respectives afin de repérer :

- l'orientation du/des plans d'occlusion dans les trois sens de l'espace,
- la position des points Supradental et Infradental, par rapport au plan sagittal médian, à la base osseuse et à l'arcade antagoniste,
- l'implantation des unités dentaires sur les bases osseuses respectives,
- l'existence de compensations alvéolo-dentaires.

Le montage en articulateur après transfert par arc-facial permet de répondre en partie à ce cahier de charge, même s'il a des limites (précision, reproductibilité,...) [225–227]. Plus récemment, le développement des approches numériques permet de fusionner des modèles 3D avec des acquisitions par stéréophotogrammétrie (Figure 15) et/ou radiologiques 3D, intégrant ainsi la position des dents et des axes dentaires dans le visage et le squelette cranio-facial.



Figure 15 : Combinaison de modèles numériques avec la photographie 3D [136]

Un diagnostic peut donc être établi par la collecte et l'analyse exhaustive des données issues de l'examen clinique ainsi que des examens complémentaires appropriés (Tableau 2). Ces données objectives sont cependant à mettre en lien avec la demande et la perception subjective du patient concernant son asymétrie. Une asymétrie non diagnostiquée initialement peut entraîner des durées de traitement rallongés, des retards de prise en charge, des modifications de plan de traitement en cours, voire même aboutir à un résultat de compromis pour le patient.

Tableau 2 : Résumé des moyens diagnostiques de l'asymétrie faciale

Evaluation clinique	
Vues frontales (repos et sourire)	<ul style="list-style-type: none"> - Symétrie bilatérale - Parallélisme des lignes horizontales - Orientation du plan d'occlusion maxillaire et mandibulaire - Position du menton et du nez - Position du Supradental et de l'Infradental - Exposition des dents antérieures
Vue de profil	<ul style="list-style-type: none"> - Contour du bord inférieur mandibulaire - Comparaison profils droit et gauche
Vue submentale	<ul style="list-style-type: none"> - Symétrie du corps mandibulaire et de la base du nez
Evaluation dynamique	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche d'une latérodéviat ion mandibulaire - Symétrie du sourire et des expressions faciales
Endobuccal	<ul style="list-style-type: none"> - Position du Supradental et Infradental - Angulation des incisives - Compensations dentaires
Tissus mous 3D	<ul style="list-style-type: none"> - Superposition avec effet miroir
Evaluation radiologique	
OTP	<ul style="list-style-type: none"> - Morphologie et hauteur relative des rami et du corps mandibulaire - Morphologie des condyles
TRP	<ul style="list-style-type: none"> - Superposition ou dédoublement des structures bilatérales
TRF	<ul style="list-style-type: none"> - Orientation des lignes verticales - Orientation des lignes horizontales - Analyse triangulaire
Radiologie 3D	<ul style="list-style-type: none"> - Références verticales et horizontales - Aide à la planification chirurgicale
Modèles	
	<ul style="list-style-type: none"> - Forme d'arcade

2. Seuil de perception de l'asymétrie faciale

L'esthétique est une notion importante qui s'intègre dans le cadre des objectifs thérapeutiques de tout orthodontiste. Le visage est le point d'attention principal lors des interactions humaines et la perception des autres joue un rôle important dans notre première impression [228]. Selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), la santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité [229]. La perception de l'esthétique faciale est donc une réelle préoccupation actuelle. Il a été démontré que plus l'asymétrie est importante et plus elle se situe proche du milieu du visage, moins le visage paraît attractif [110, 230].

a. Historique des études de perception des asymétries faciales

Une recherche réalisée sur Pubmed, avec les mots clés 'Perception' 'Dental' 'Facial' 'Esthetic' donne 325 résultats (Figure 16).

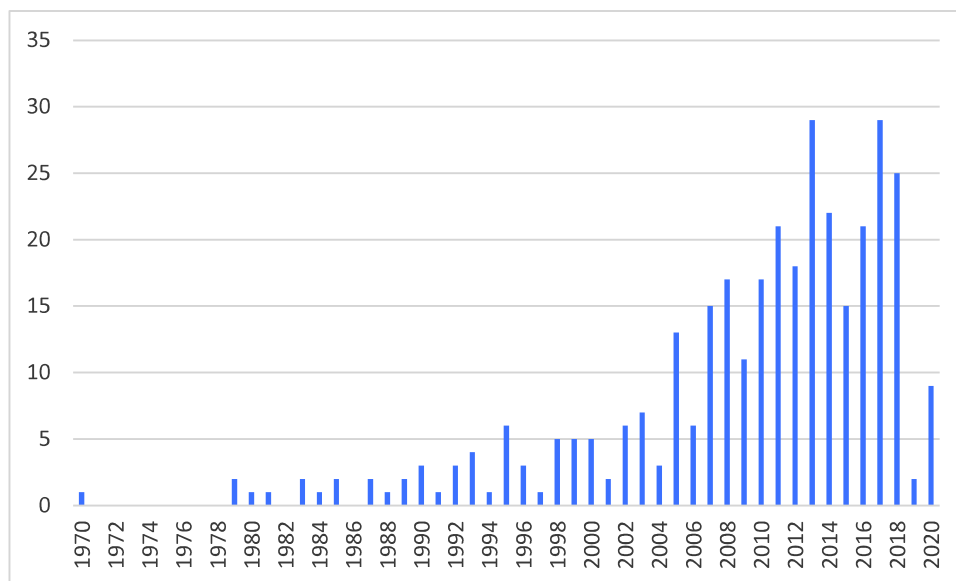


Figure 16 : Répartition des articles concernant la perception de l'esthétique faciale de 1970 à 2020

Ces résultats témoignent que la perception de l'esthétique faciale a toujours été un sujet d'intérêt, même si dans le contexte actuel cette préoccupation semble grandissante. Les études sont facilitées de nos jours par la création de visages composites voire même virtuels (en 2D et 3D) grâce aux nouvelles technologies de retouches d'images, alors que les études les plus anciennes utilisaient des photos de patients réels. L'esthétique a toujours été évaluée avec des échelles visuelles analogiques [231, 232]. De plus, les mesures de l'asymétrie se font actuellement grâce

à des examens 3D, permettant des mesures plus objectives et non sous-estimées, comparé aux examens en 2D [233].

L'esthétique est proportionnellement corrélée à la qualité de vie (QOL : *quality of life*) [48, 234, 235]. De nombreuses études ont analysé le rôle de la symétrie dans l'évaluation de l'attractivité d'un visage [50, 236, 237]. Certaines associent une symétrie parfaite à l'attractivité [50], alors que d'autres trouvent une préférence pour une légère asymétrie faciale [236].

b. Auto-perception par les patients

Les outils à disposition d'une personne afin d'examiner sa propre apparence sont les photographies et les miroirs. Les patients sont souvent inconscients de l'effet de distorsion et de dégradation de l'image de ces moyens. Les photographies, avec le jeu d'ombres, ne sont pas toujours fiables en termes de forme et de profondeur de l'image. Le miroir quant à lui renvoie une image inversée (il existe de nos jours des miroirs qui renvoient notre image telle que vue par les personnes qui nous entourent [238]). Or la latéralisation du cerveau concernant l'expression (hémisphère droit) et la perception des émotions (hémisphère gauche) est largement reconnue [239, 240]. Il existe donc une différence entre ce que le patient voit dans le miroir et ce que les autres perçoivent, et cela peut engendrer une insatisfaction de la part du patient après traitement [241]. L'image qu'une personne a de soi est souvent plus critique par rapport à sa perception par les autres [242].

Il en est de même au niveau micro-esthétique : la perception que le patient aura de la position de ses dents ne sera pas la même s'il se voit entièrement dans un miroir ou s'il ne regarde que ses dents dans un miroir à main [63].

c. Seuil de perception

Plusieurs études évaluent la perception de la symétrie du visage par des professionnels de santé (orthodontistes, chirurgiens-dentistes, chirurgiens maxillo-faciaux, chirurgiens plastiques) [3, 243–247]. La majorité des études conclue en une meilleure détection de l'asymétrie faciale par les professionnels de santé, habitués à analyser les visages : les cliniciens sont plus sensibles à la présence d'asymétries en comparaison à des personnes non initiées et ont tendance à être plus critiques [3, 32,

243, 244, 246–248]. De plus, les orthodontistes identifient à tort une symétrie faciale dans moins de 15% des situations [248]. En revanche, d'autres équipes ne trouvent pas de différence de perception entre ces deux types de jurys [141].

Le Tableau 3 résume les caractéristiques principales (nombre de participants, méthode d'étude) des études ayant établi une valeur seuil de perception de l'asymétrie faciale, pour chaque paramètre du visage. L'intervalle des valeurs seuils obtenues est notifié, en différenciant les valeurs seuils pour les profanes de celles pour les professionnels (chirurgiens maxillo-faciaux, orthodontistes, chirurgiens-dentistes).

Le jugement sur des photographies droites, non retournées (telles que visibles dans l'objectif de l'appareil photo), comparé à des photographies inversées (effet miroir) est meilleur [248].

Les études d'*eye-tracking* montrent que l'œil humain est attiré en premier lieu lors de l'observation d'un visage par le triangle formé par les yeux, le nez et le centre des lèvres. Des déviations et asymétries situées en dehors de ce triangle, et plus particulièrement celles éloignées du plan sagittal médian sont moins perceptibles par l'œil humain car elles requièrent une déviation du mouvement de l'œil. Elles sont donc plus difficilement perceptibles [230, 249]. En effet, la déviation du menton est celle qui est la plus tolérée autant par les profanes que par les professionnels de santé (valeur seuil la plus élevée) (Tableau 3).

Tableau 3 : Résumé des caractéristiques des études établissant un seuil pour les différents paramètres de l'asymétrie faciale

Paramètre étudié	Nombre d'études disponibles	Echantillon	Type de document étudié	Seuil de perception des profanes	Seuil de perception des professionnels
Nez	3 [141, 250, 251]	90 - 120 participants	Photographies 3D [141] ou 2D [250, 251] altérées digitalement	2,92 - 4mm	2,92 - 4mm
Menton	9 [3, 141, 244, 246, 251-255]	60 – 408 participants	Photographies 3D [141] ou 2D altérées digitalement	3,32 – 10mm	2 – 6mm
Ligne bicommissurale	2 [256, 257]	30 - 145 laïques	Photographies 2D du visage entier	3mm	-
Plan d'occlusion	11 [251, 254, 258-266]	9 – 1022 participants	Photographies 2D du visage entier, "close-up" view ou uniquement lèvres et dents	2 – 5,88°	1 – 4,32°
Supradental	18 [251, 258, 260-262, 266-278]	10 - 1022 participants	Photographies 2D du visage entier, "close-up" view ou uniquement lèvres et dents	1 – 6mm	1 - 4mm
Inclinaison des incisives	7 [251, 258, 261, 272, 278-280]	48 – 1022 participants	Photographies 2D du visage entier, "close-up" view ou uniquement lèvres et dents	2 – 10,3°	2 – 6,5°

Asymétries détectées sur une vue de face au repos

Les valeurs seuils de détection de différentes asymétries faciales ont été définies dans la littérature, toutefois sans obtenir de réel consensus.

- Le **nez** est un point focal dans la perception faciale étant donné sa place centrale au sein du visage (tant sur le plan sagittal médian qu'au niveau horizontal). Pour la déviation de la pointe du nez, le seuil de perception des profanes est de 4mm, que ce soit sur des modèles en 3D ou 2D [7, 141, 251]. Il est équivalent pour les cliniciens [141]. Par ailleurs, Meyer-Marcotty et Kwak *et al.* trouvent une différence de perception si la déviation est à droite ou à gauche : une déviation de la pointe du nez vers la gauche est toujours notée comme plus asymétrique que du côté droit, et ceci pour chaque incrément étudié [141, 250].
- La majorité des sujets détecte une bascule de la **ligne bi-commissurale** au repos à partir de 3mm, et considère cette bascule comme inacceptable et devant être corrigée lorsque elle dépasse 5mm [256]. Lorsque la ligne bi-commissurale et la **ligne bi-ophryaque** sont basculées simultanément, l'asymétrie des sourcils est détectée en premier. Cela suggère que l'asymétrie des commissures est moins perceptible que celle des sourcils [256]. Dans les modèles de paralysie héli-faciale, des valeurs seuils similaires sont retrouvées (>3mm) [257].
- L'asymétrie de la position des angles mandibulaires (**ligne bi-goniaque**) est souvent détectée sur les téléradiographies de face, au niveau squelettique. Il existe très peu de données concernant cette variable au niveau des tissus mous. Une équipe japonaise a comparé la perception subjective de l'asymétrie mandibulaire à des valeurs objectives céphalométriques [245]. La perception de l'asymétrie était corrélée de manière significative à la déviation du menton ainsi que du milieu inter-incisif mandibulaire, mais aucune différence statistiquement significative n'a été retrouvée pour les angles mandibulaires (valeur moyenne de 2,33mm).
- Les profanes et les cliniciens perçoivent une déviation du **menton** de manière similaire avec un seuil compris entre 4,5 et 6mm d'après certains auteurs [3, 141, 244, 254]. Silva *et al.* cependant, ne démontrent pas de perception d'asymétrie lorsque le menton est dévié de 6mm ou moins [251]. Sur des vues

en 3D, Dong *et al.* trouvent une perception de l'asymétrie dès 4mm de déviation, mais la nécessité d'une correction est souhaitée uniquement à partir de 8mm [246]. Si l'asymétrie se situe du côté droit de l'image, la déviation est alors plus facilement détectée pour chaque incrément, pour les gauchers comme pour les droitiers [3, 141]. Par rapport aux autres paramètres cliniques susceptibles d'être altérés en cas d'asymétrie faciale, la déviation du menton est celui qui est le plus résilient (correspondant au seuil de perception le plus élevé) [7].

- Lorsque la **totalité du tiers inférieur du visage** (la bouche, les angles gonioniques et le menton) est altérée, les seuils de perception sont abaissés. C'est ce que l'on retrouve souvent cliniquement chez nos patients, l'asymétrie étant généralisée au bas du visage. De plus, les orthodontistes sont plus à même de détecter une asymétrie en comparaison aux dentistes et aux profanes (seuil de perception de 3,32mm contre 2,22mm pour les orthodontistes) [252].

Asymétries détectées sur une vue de face au sourire

Actuellement, les orthodontistes font face à une demande grandissante de la part des patients quant à l'esthétique du sourire. L'occlusion idéale est l'un des objectifs premiers du traitement orthodontique, mais la satisfaction du patient reste subordonnée au résultat esthétique obtenu [281]. La macro-esthétique s'intéresse à la relation entre les dents et le visage. Là aussi, différents seuils de perception des asymétries du sourire ont pu être identifiés.

- Le **plan d'occlusion** peut subir une bascule et ne pas être perpendiculaire au plan sagittal médian. Cette bascule intéresse les segments postérieurs et antérieur, ce dernier, étant le plus visible, nous intéresse le plus pour l'esthétique du sourire. Le seuil de perception de cette bascule est quantifié à 4° pour les profanes et les orthodontistes d'après certains auteurs [254, 260, 262, 264]. D'autres retrouvent une détection de l'asymétrie par les profanes et les orthodontistes à partir de 3° de bascule [251, 266, 282]. Cette perception serait différente selon les jurés interrogés : les orthodontistes auraient tendance à mieux la détecter pour des valeurs plus faibles [254, 258, 263], et seraient même capables de percevoir une bascule du plan d'occlusion à partir d'1mm [258].
- Beaucoup d'auteurs se sont intéressés à la perception de la **déviaton du Supradental** et certains ont pu déterminer un seuil de perception [251, 260,

262, 269, 276, 277, 283]. La déviation moyenne acceptable pour les profanes serait de 2,38mm [284], le seuil minimal de détection de 1,83mm [262] et maximal de 2,92mm [276]. Kokich *et al.* n'ont, quant à eux, pas trouvé de seuil de détection pour les profanes, mais identifient une valeur seuil de 4mm pour les orthodontistes [258]. Par ailleurs, certains ne trouvent pas de différence de perception si le milieu est dévié de moins de 3mm [271].

Il a été démontré un lien intéressant entre la déviation du milieu inter-incisif, l'angulation de ce milieu et le jugement subjectif d'attractivité du sourire [258]. Tant que l'axe des incisives centrales est parallèle au plan sagittal médian, une déviation inférieure ou égale à 4mm du Supradental n'est pas perçue comme telle par les dentistes ni les profanes. Cependant, si les incisives centrales sont angulées de 2mm ou plus, le sourire paraît disgracieux. D'après d'autres études, la tolérance des profanes à cette angulation est plus large et peut atteindre 3,5° [279] ou 5° [251, 272].

Etablir un diagnostic exhaustif des anomalies rencontrées permet d'aboutir à une liste de problèmes que l'on souhaite corriger, en accord avec la demande du patient. Cette dernière doit être prise en compte et considérée par tout praticien. La perception qu'il a de lui-même, moins aiguë qu'un professionnel de santé, peut donc modifier nos objectifs de traitement et donc les moyens thérapeutiques mis en œuvre.

III. Traitement de l'asymétrie faciale

Indépendamment de la cause de l'asymétrie faciale, le traitement de cette dernière reste un défi de taille pour les professionnels de santé et est aussi diversifié que les techniques de diagnostic. Pour les patients qui sont encore en croissance, l'orthodontiste dispose d'appareils fonctionnels activés de manière asymétrique. Dans les cas où il y a peu ou pas de croissance faciale résiduelle, les options thérapeutiques sont souvent limitées à des traitements de camouflage ou à l'orthodontie associée à la chirurgie orthognathique (une ou plusieurs interventions). La collaboration approfondie entre le chirurgien maxillo-facial et l'orthodontiste est dans ce cas primordiale [285].

1. Justification des traitements

Zaidel *et al.* ont démontré que des visages considérés comme très beaux ne sont pas parfaitement symétriques, malgré le fait que la symétrie droite-gauche ait toujours été un élément contribuant à l'appréciation de la beauté [286]. Par ailleurs, il n'existe pas de corrélation entre l'esthétique faciale plaisante (de manière subjective) et des ratios qui suivraient la proportion divine (nombre d'or) [287]. Le seuil à partir duquel l'asymétrie passe de « normale » à « anormale » n'est pas facilement définissable et est souvent déterminé par le sens clinique du praticien, son impression d'harmonie ainsi que par le sentiment de déséquilibre ressenti par le patient [2, 22]. Il existe une corrélation importante pour les cliniciens entre leur notation subjective de l'asymétrie faciale et le besoin de traitement orthodontique [242].

Cependant, la décision de correction d'une déformation faciale dépend principalement de la conscience qu'a le patient du problème esthétique présent et de sa volonté de l'adresser. L'amélioration d'un trait physique transforme et améliore l'attitude, la personnalité et l'estime de soi. De même, l'amélioration de l'attractivité physique améliore les interactions entre les personnes. Ces interactions bonifiées sont intériorisées, avec un impact immédiat sur l'estime de soi de la personne [8].

2. Traitements orthopédiques et orthodontiques

a. Traitements orthopédiques

Appareils fonctionnels

Chez les patients en cours de croissance, les appareils fonctionnels peuvent contribuer à réorienter la croissance et à favoriser un développement aussi symétrique que possible des bases osseuses, des masses musculaires, et des arcades dentaires [288]. Si l'on considère que l'asymétrie est liée à une altération du phénomène de croissance, plus la prise en charge est précoce, meilleur sera le résultat [22, 285, 289]. Le traitement précoce permettrait de libérer les contraintes exercées et ainsi d'éviter des déformations secondaires à la malformation primaire [288]. D'après la majorité des auteurs, l'orthopédie serait limitée au traitement des asymétries peu sévères [2, 290]. Dans le cas d'asymétries plus marquées, la fin de la croissance est attendue, en vue d'une correction chirurgicale.

Des activateurs (appareil de Fränkel, appareil de propulsion mandibulaire asymétrique tel qu'une bielle de Herbst activée unilatéralement, ou un twin block personnalisé) peuvent être utilisés dans l'objectif de corriger un schéma de croissance mandibulaire asymétrique acquis ou syndromique [291–293]. Ils sont fabriqués afin d'obtenir une correspondance des milieux [288]. La stimulation de la croissance mandibulaire se fait au niveau du condyle et de la fosse condylienne où l'on peut observer des remodelages [288, 294]. Afin de corriger certaines compensations verticales, des surépaisseurs occlusales ou au contraire des meulages de l'épaisseur de la résine peuvent favoriser une ingression ou une égression différentielle d'un quadrant spécifique.

Latérodéviations mandibulaires

Les latérodéviations mandibulaires légères sont parfois corrigées avec des ajustements occlusaux mineurs (principalement les canines temporaires) [288]. Dans le cas de latérodéviations associées à une insuffisance transversale maxillaire, le rétablissement de la dimension transversale maxillaire (à l'aide d'un quadhelix ou d'un disjoncteur) va permettre le recentrage de la mandibule en OIM [288, 295, 296]. Des gouttières de désocclusion peuvent être envisagées pour évaluer correctement la présence d'une latérodéviations fonctionnelle [297].

Ces thérapeutiques sont souvent réalisées précocement (en denture mixte) afin de limiter l'expression asymétrique de la croissance [288]. Si elles sont débutées trop tôt (en denture temporaire), le risque de récurrence est important [298].

Distraction osseuse mandibulaire précoce

La distraction osseuse permet de corriger un trouble de développement par ostéotomie puis élongation du cal osseux afin d'accroître la zone d'ostéotomie et donc la longueur de l'os. Elle se base sur la pression exercée par les forces développées, qui va stimuler la régénération des tissus structuraux [299]. Après avoir atteint la longueur désirée (activation de 0,5 à 1mm par jour), le distracteur est laissé pendant plusieurs mois en stabilisation. Cette technique est indiquée en cas d'asymétrie liée à une croissance diminuée du corps et du ramus mandibulaire, comme dans les cas de microsomie hémifaciale ou de fracture condylienne à un âge précoce [76, 78, 300].

Il a été prouvé que l'augmentation en longueur du ramus mandibulaire augmente aussi les tissus mous (en augmentant le volume du muscle ptérygoïdien interne), ce qui améliore la symétrie globale [301]. Un autre avantage est la possibilité de réaliser ensuite des mouvements chirurgicaux en un seul temps opératoire (l'amplitude des mouvements nécessaires étant diminuée).

b. Traitements orthodontiques

Les asymétries dentaires pures peuvent être corrigées par traitement orthodontique seul (mécaniques asymétriques, extractions asymétriques) [22, 302]. Si l'asymétrie mandibulaire squelettique est acceptable et que la croissance n'entraînera pas d'aggravation supplémentaire, les déviations des milieux incisifs et relations asymétriques peuvent être corrigées orthodontiquement (traitement orthodontique de camouflage). Des restaurations prothétiques sont envisageables en cas d'usures ou d'anomalies dentaires asymétriques [22, 76].

Mécaniques asymétriques

Les asymétries dento-alvéolaires font partie des situations biomécaniquement les plus délicates. L'utilisation de la technique de l'arc droit rend la correction des asymétries dentaires peu efficace [92, 302, 303]. De nombreux effets secondaires indésirables

sont évités grâce à une approche segmentée durant les phases initiales du traitement [92].

Les mécaniques asymétriques les plus communes sont :

- utilisation de tractions inter-arcades (TIA) unilatérales ou bilatérales asymétriques (TIA de Classe II d'un côté et de Classe III de l'autre) [2]. Leur utilisation unilatérale entraîne des bascules du plan d'occlusion antérieur liées à la composante égressive unilatérale. Cet effet indésirable dépend de l'intensité de la force, son point d'application et sa position par rapport au centre de résistance de l'arcade, ainsi que de la durée de port des élastiques.
- activation asymétrique de dispositifs intra-oraux fixes (cantilevers, arcs transpalatins, arcs linguaux, arcs d'ingression ou d'égression, dispositifs de distalisation, bielles, ...) ou amovibles (plaques avec ressort de distalisation) [92, 304, 305]
- activation symétrique de dispositifs intra-oraux associés à des élastiques inter-arcades asymétriques [302]
- activation symétrique de dispositifs intra-oraux (arcs d'ingression ou d'égression) ou extra-oraux (tractions extra-orales) avec un point d'application asymétrique [306]
- utilisation d'ancrages différentiels : dentaire (arcade complète ou partielle), muqueux, osseux
- association des différentes mécaniques (symétriques et asymétriques), afin d'avoir un système de forces et de moments réalisant les mouvements désirés [303].

Avulsions asymétriques

La correction d'asymétries dentaires dans des situations nécessitant des avulsions peut être réalisée par le biais d'avulsions asymétriques, d'avulsions unilatérales, d'ancrages différentiels et de mécaniques de fermeture d'espace asymétriques [92]. Le choix des dents à avulser devra être fait en fonction de la position des bases osseuses (symétrique ou non), de la position des milieux maxillaire et mandibulaire ainsi que de l'encombrement et du décalage antéro-postérieur.

Par exemple, le schéma classique d'avulsion en cas de Classe II subdivision associée à une déviation de l'Infradental est les deux premières prémolaires maxillaires ainsi que la première prémolaire mandibulaire du côté opposé de la Classe II. On obtient

alors une Classe I canine bilatérale et une Classe II molaire thérapeutique du côté de la subdivision [297]. Une extraction unilatérale maxillaire permet aussi de corriger une déviation du Supradental.

Ancrages osseux

L'incapacité à modifier une bascule de tout le plan d'occlusion sans avoir recours à une intervention chirurgicale est une limitation du traitement orthodontique seul. L'avènement des ancrages osseux (minivis, miniplaques) permet d'éviter dans certains cas une approche chirurgicale. Plusieurs minivis transgingivales ou des miniplaques peuvent fournir l'ancrage nécessaire afin d'ingresser ou d'égresser tout un quadrant. Leur emplacement devra tenir compte des conditions anatomiques ainsi que du point d'application de la force souhaité par rapport au centre de résistance de l'arcade. Des forces de 200g par minivis sont en général utilisées [307]. Dans certains cas, l'utilisation d'ancrages osseux au maxillaire permet de simplifier la chirurgie orthognathique en ne nécessitant qu'un geste mandibulaire et non une chirurgie bi-maxillaire [308].

Stabilité

Dans le cas d'un traitement sans avulsions, le déplacement des dents le long de l'arcade, comme sur un collier de perles (Figure 17), est préférable à une rotation en bloc de toute l'arcade. La préférence doit être donnée aux mécaniques intra-arcades, gages du contrôle des forces et d'amélioration des rapports occlusaux. L'emploi d'élastiques intermaxillaires, au contraire, peut se traduire par une instabilité des résultats et par des latérodéviation [303].

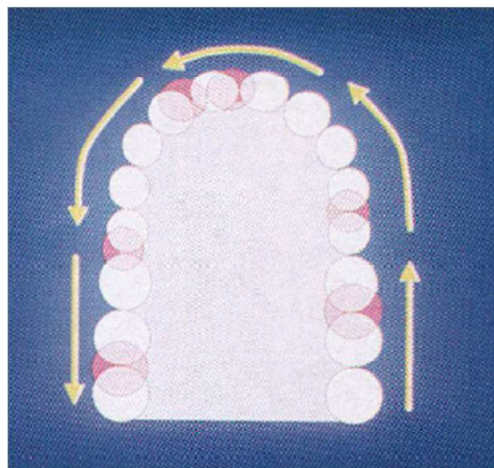


Figure 17 : Déplacement des dents le long de l'arcade [303]

c. Préparation orthodontique à la chirurgie orthognathique

Dans certains cas d'asymétries faciales, il est nécessaire de passer par une phase orthodontique pré-chirurgicale, afin de préparer les arcades à la chirurgie orthognathique. L'objectif principal est de décompenser les compensations dento-alvéolaires afin de faire correspondre l'asymétrie dentaire à l'asymétrie squelettique observée. La décompensation doit se faire en accord avec le ou les gestes chirurgicaux planifiés. La coordination des arcades avant l'intervention est primordiale et peut être vérifiée à l'aide de moulages. La finalité n'est pas de corriger les déviations des milieux, car le recentrage se fera avec le repositionnement des bases osseuses : chaque milieu doit être centré sur sa base osseuse respective.

3. Chirurgie orthognathique

Les techniques chirurgicales doivent être individualisées en fonction du siège et de la complexité de l'asymétrie, tout en s'assurant que la croissance ait cessé [76]. Les principes de planification de la correction chirurgicale d'une asymétrie squelettique sont [309] :

- définir la localisation et le degré de l'asymétrie
- déterminer les tissus touchés
- corriger les plans transversaux (plans d'occlusion maxillaire et mandibulaire, plan mentonnier)
- maintenir ou améliorer l'exposition des incisives maxillaires
- maintenir ou améliorer la hauteur faciale inférieure
- maintenir ou améliorer les relations sagittales squelettiques
- corriger les milieux (Supradental, Infradental, menton)
- améliorer l'occlusion dentaire.

De nombreuses études ont démontré que la simulation et la planification chirurgicale assistées par ordinateur peuvent prédire des complications potentielles et permettent de réduire le coût matériel en diminuant la durée de la chirurgie, avec des résultats chirurgicaux comparables voire meilleurs [215, 310]. La programmation et la simulation des chirurgies permettraient des résultats post-chirurgicaux plus reproductibles ainsi qu'une correction des asymétries plus précises [311, 312]. Les guides de coupe et les plaques d'ostéosynthèse réalisés sur mesure à partir d'un examen tridimensionnel pré-

chirurgical diminueraient aussi la marge d'erreur du chirurgien [311]. Différentes approches chirurgicales peuvent être envisagées pour le traitement des asymétries faciales.

a. Chirurgies mono- ou bimaxillaires

En premier lieu, l'ostéotomie de LeFort I permet de repositionner le **maxillaire** dans les 3 plans de l'espace et ainsi corriger une bascule du plan d'occlusion maxillaire ou une rotation du maxillaire autour d'un axe vertical (Iacet) [313]. Le choix du mouvement vertical (impaction ou abaissement) ou horizontal se fera essentiellement en fonction de l'exposition des incisives maxillaires au sourire et de la position du Supradental par rapport au plan sagittal médian. Des ostéotomies segmentaires maxillaires sont également possibles, selon la configuration des plans d'occlusion [314].

Le repositionnement de la **mandibule** s'effectue grâce à une ostéotomie sagittale mandibulaire bilatérale, avec comblement ou résection osseuse de manière unilatérale si le geste est asymétrique. Il fait suite à un geste maxillaire, ou peut être pratiqué de manière isolée. Le trait d'ostéotomie est variable selon la technique chirurgicale [313–315] :

- ostéotomie sagittale longue : techniques d'Obwegeser (1955) ou Epker (1978). L'ostéotomie est oblongue, et permet de corriger des décalages sagittaux, des asymétries ainsi qu'une rotation mandibulaire (Figure 18-A)
- ostéotomie sagittale courte : technique de Perthes et Schloessmann (1932). L'ostéotomie est courte, au niveau des branches mandibulaires (Figure 18-B), avec une répercussion réduite sur l'ATM et un risque diminué concernant le nerf alvéolaire inférieur. Elle permet de petits déplacements sagittaux et des rotations.
- ostéotomie verticale des branches montantes [316] : permet l'allongement de la branche montante et évite l'apparition de déformations secondaires au niveau de la face.
- ostéotomie médiane associée à une ostéotomie sagittale bilatérale [317, 318] : permet le mouvement des deux héli-mandibules de façon indépendante.
- association de traits d'ostéotomies en fonction des mouvements à effectuer [319].

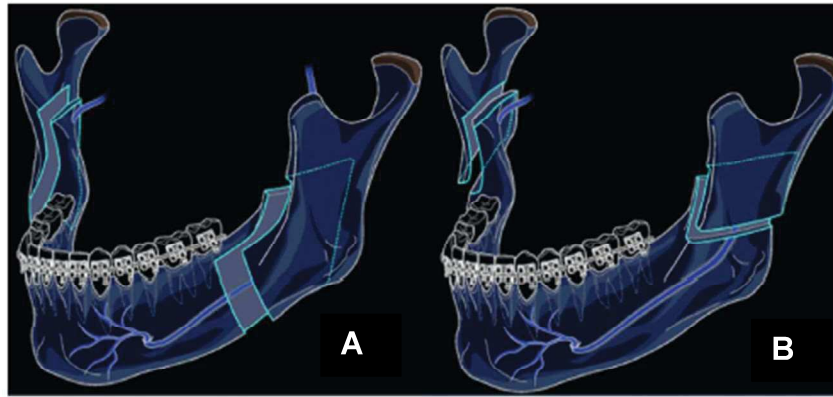


Figure 18 : Ostéotomie sagittale longue (A) et courte (B) de la branche montante mandibulaire [315]

Dans certaines asymétries faciales, principalement celles associées à une Classe III squelettique, la technique de *surgery-first* peut être pratiquée, permettant de diminuer le temps de traitement avec des résultats satisfaisants pour le patient [320].

L'effet des chirurgies des bases osseuses sur les contours des tissus mous reste peu prédictible, et va dépendre du mouvement chirurgical réalisé ainsi que de l'épaisseur des tissus mous du patient [321–323]. Une étude récente a comparé et suivi des patients présentant une asymétrie faciale avec une Classe III squelettique à des patients globalement symétriques : la chirurgie orthognathique ne permettait pas d'améliorer considérablement l'asymétrie, mais ne l'empirait pas [114].

b. Génomplastie - chin wing (chirurgie du contour mandibulaire)

Lorsque l'asymétrie se situe uniquement au niveau du menton, ou que la correction ne doit toucher que le menton, une génioplastie peut être indiquée [324]. Les génioplasties comportent un trait d'ostéotomie horizontal ou légèrement oblique, se terminant latéralement sous ou en arrière des foramina mentonniers, permettant de mobiliser la symphyse mentonnaire dans les 3 sens de l'espace [325].

Cependant, cette technique n'adresse pas les asymétries du contour mandibulaire ni les déséquilibres entre les angles goniatiques. Une forme particulière de génioplastie incluant le bord basilaire de la mandibule et les angles goniatiques, a été décrite par Triaca en 2010 : c'est le « *Chin wing* » (Figure 19) [326–328]. Elle permet de séparer le bord basilaire de la portion dentée de la mandibule et donc de corriger les contours mandibulaires. En cas d'asymétrie mandibulaire, la technique originale est modifiée dans le sens vertical lors de la fixation du bord basilaire afin de rétablir une symétrie

faciale globale [329–331]. Il est possible de traiter indépendamment le côté droit et le côté gauche, ce qui est primordial dans les asymétries du tiers inférieur [329, 331, 332]. Cette technique requiert tout de même une courbe d'apprentissage ainsi qu'une bonne préparation chirurgicale (CBCT mandibulaire afin de visualiser la position du nerf alvéolaire inférieur, situé à proximité du trait d'ostéotomie) [333]. Une méthode utilisant des guides de découpe du bord basilaire a été décrite par Coopman et son équipe [334].

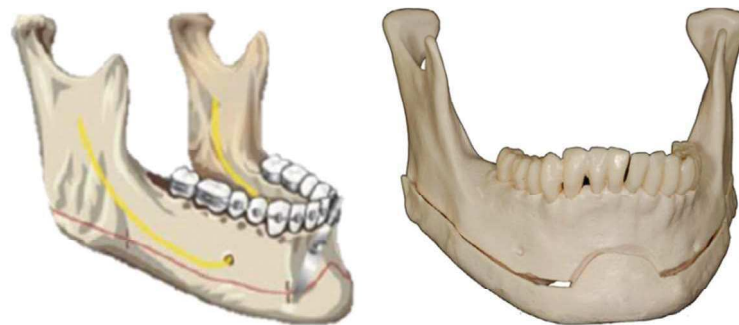


Figure 19 : Traits de coupe de la technique du chin-wing décrite par Triaca en vue latérale et frontale [326]

Ces procédures peuvent être réalisées de manière concomitante à une autre intervention, ou isolément. Les résultats de correction de l'asymétrie mandibulaire par chirurgie de la mandibule exclusivement (sans génioplastie ni *chin wing*) ne sont pas parfaitement symétriques mais permettent d'améliorer l'esthétique faciale ; la technique du *chin wing* semble avoir de meilleurs résultats [335].

c. Chirurgies condyliennes

La condylectomie est le traitement de choix de l'hypercondylie unilatérale. En cours de croissance, le traitement consiste en une résection partielle du condyle hyperplasique. Chez l'adulte, la résection osseuse concerne toute la tête ainsi qu'une partie du col du condyle si nécessaire. Elle se réalise dès 12 ans, seule ou associée à un autre geste chirurgical et ne présente pas de préjudice cicatriciel. Cette chirurgie corrige l'asymétrie et met fin au processus de prolifération du condyle, traitant ainsi l'étiologie. Chez les patients adultes, une chirurgie associant une ostéotomie de LeFort I et des ostéotomies bilatérales mandibulaires peut s'avérer nécessaire [336].

Une asymétrie liée à une ankylose de l'ATM doit être corrigée chirurgicalement afin de libérer l'articulation ; un matériau de comblement biocompatible sera ensuite placé

[336]. Des prothèses condyliennes ou d'ATM sont utilisées en cas d'ankyloses sévères [337–339].

d. Stabilité

Il est important que le patient sache que le résultat post-opératoire ne sera pas parfaitement symétrique, et peut rendre plus visible une asymétrie dans une zone autre que celle corrigée. L'objectif n'étant pas de corriger totalement mais d'améliorer les conditions actuelles, le chirurgien étant limité dans l'amplitude des mouvements des bases osseuses par les tissus environnants (muscles, tissus mous) [78].

Concernant les chirurgies orthognathiques de l'asymétrie faciale, les changements verticaux et horizontaux de la position du maxillaire seraient stables. Les milieux inter-incisifs et le menton auraient tendance à récidiver transversalement de plus de 2mm dans $\frac{1}{3}$ des cas. Par ailleurs, l'avancée ou le recul mandibulaires asymétriques auraient tendance à récidiver, mais une fixation rigide permettrait une meilleure stabilité à court terme. La génioplastie serait incontestablement la chirurgie de correction de l'asymétrie la plus stable [340–342]. La technique *surgery-first* assurerait une bonne stabilité de correction chirurgicale de l'asymétrie faciale [320]. Des remodelages post-chirurgicaux sont constatés, principalement au niveau des angles gonioniques et du menton [341, 343].

4. Chirurgie plastique des tissus mous

Les chirurgies des tissus mous peuvent être concomitantes avec celles des tissus durs, différées ou isolées. Elles sont indiquées dans plusieurs cas :

- lorsqu'il existe une insuffisance de tissus mous faisant partie de la pathologie sous-jacente (syndrome de Parry-Romberg par exemple),
- si les contours des tissus mous conservent une irrégularité après une chirurgie orthognathique (bord mandibulaire),
- dans les traitements de camouflage d'anomalies squelettiques,
- pour pallier aux modifications associées au vieillissement.

Les asymétries liées à un déséquilibre des tissus mous peuvent être traitées par une chirurgie d'augmentation (utilisation de greffe de derme, de transfert graisseux autologue, de lambeaux locaux ou libres) [285] ou de réduction [344, 345].

a. Injections non chirurgicales

L'indication de ces techniques englobe principalement les asymétries mineures, ou en complément d'un geste chirurgical des tissus durs.

Le transfert de graisse autologue existe depuis les années 1920 (greffons injectables) [346], mais cette technique s'est popularisée depuis une vingtaine d'années dans le cadre du remodelage facial [347]. L'abondance de la graisse et sa proximité avec la surface de la peau en font un choix excellent pour le traitement des anomalies acquises et congénitales des tissus mous [348]. Coleman [349, 350] décrit une technique standardisée : après aspiration la plus atraumatique possible, le tissu adipocytaire est traité (centrifugation, lavage, élimination des éléments non désirés) avant d'être réinjecté au niveau de la zone désirée par petits apports [348]. Une amélioration du contour facial chez des patients asymétriques est notée après intervention (Figure 20) [351–353]. Le problème principal réside dans le fait que la résorption graisseuse n'est pas prédictible et varie selon la zone d'injection avec une meilleure stabilité dans les zones « immobiles ». Des interventions de retouches restent bien souvent nécessaires [285, 348, 354], mais des résultats stables sont tout de même retrouvés sur une période de suivi de plus de 6 ans [355, 356].



Figure 20 : Correction d'une asymétrie par injection de graisse autologue (avant / 6 mois post-injection) [353]

Les **injections de tinteroxine botulique de type A** permettent dans certains cas de paralysie faciale de corriger une asymétrie grâce à une dénervation chimique (réduction de l'activité musculaire) : l'objectif est d'affaiblir les muscles fonctionnels controlatéraux afin de symétriser l'apparence [357]. Lors d'asymétries faciales liées à des troubles des muscles masticateurs (mastication unilatérale), cette technique est aussi très efficace [358].

Des **injections d'acide hyaluronique** permettent de sculpter et de tracer les contours du menton et de la mâchoire inférieure (Figure 21). Cette technique est sans danger et efficace [359]. Elle permet de redonner une symétrie au tiers inférieur du visage de manière temporaire, avec conservation des résultats pendant 9 à 24 mois, selon le produit utilisé [360, 361].



Figure 21 : Modification des contours du menton et de la mandibule par injection d'acide hyaluronique (avant/après) [360]

b. Chirurgies musculaires

Le lifting facial est fréquemment utilisé en chirurgie plastique pour le rajeunissement du visage. La technique consiste à inciser, décoller puis à « redraper » la peau et les tissus afin de retendre les muscles et la peau du visage et donc de corriger le relâchement, sans figer les traits du visage. Selon la configuration, il existe des procédures soustractives ou de superposition des tissus musculo-aponévrotiques superficiels (SMAS). De nos jours, des techniques personnalisées et différenciant le côté droit du côté gauche existent, permettant une amélioration de la symétrie faciale [362–365]. La fixation des tissus se fait par sutures ou dispositifs résorbables [362, 365].

Lors d'asymétries liées à des contractions musculaires excessives (torticolis liés au muscle sterno-cléido-mastoidien), le traitement étiologique consiste en une désinsertion des muscles concernés à un âge précoce, permettant à la croissance de poursuivre son développement sans contraintes [76, 366].

c. Chirurgies de réduction

Dans le cadre d'une dysplasie fibreuse, l'os est remplacé par du tissu fibreux associé à de l'os immature. Si l'anomalie entraîne une asymétrie visible (zone zygomatique par exemple), le traitement inclut une résection de la lésion et un recontourage osseux [367]. Des techniques de découpe assistées informatiquement existent également [368].

D'autres chirurgies de réduction, telles que les résections des tissus mous ou les liposuccions sont réalisées en cas d'hypertrophies unilatérales des tissus mous [369]. En cas de déviation de la cloison nasale, une rhinoplastie peut être associée.

d. Chirurgies d'augmentation

Lors de défauts osseux sévères, des greffons peuvent être nécessaires afin d'obtenir un résultat satisfaisant. Le matériau utilisé est dans l'idéal de l'os autogène, mais son utilisation est limitée car il n'est pas disponible en quantité toujours suffisante, et nécessite un modelage complexe et chronophage [370, 371]. Des matériaux synthétiques sont donc utilisés pour des greffons 3D sur mesure : silicone (Figure 22),

polyéthylène, grilles en titane [353, 370]. Une augmentation faciale par implant alloplastique (standard ou personnalisé) est possible à tous les niveaux du visage : menton, angle mandibulaire, zone malaire, zone zygomatique. Peu de complications sont décrites et les résultats sont esthétiquement satisfaisants pour le patient [370].

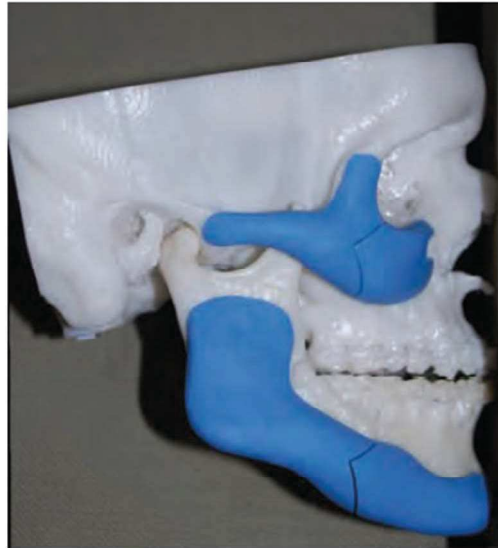


Figure 22 : Implants faits sur mesure, dans le cas d'une microsomie hémifaciale [353]

Conclusions

L'asymétrie faciale est un phénomène qui touche la majorité des êtres humains, même si elle n'est pas toujours perçue par l'œil humain. Ses degrés et types de variation en font une forme cliniquement hétérogène, dont les répercussions sont d'ordre esthétique principalement, mais aussi fonctionnel. Son étiologie est multiple et variable : elle peut être d'origine congénitale, développementale ou acquise, et inclut les dysmorphoses cranio-faciales syndromiques. Une connaissance des phénomènes de croissance est indispensable afin de comprendre les mécanismes d'évolution de l'asymétrie faciale.

Lors d'un traitement orthodontique, le praticien doit en être conscient, la diagnostiquer et la quantifier de manière précise afin de pouvoir la prendre en charge. La démarche diagnostique suit celle du bilan orthodontique classique, avec des spécificités dans les trois dimensions de l'espace. Le recueil des doléances du patient permet tout d'abord d'évaluer la perception qu'il a de son image. L'examen clinique est indispensable, autant en statique qu'en dynamique, afin de déterminer la localisation d'une asymétrie existante. Grâce à l'enregistrement tridimensionnel des tissus mous par stéréophotogrammétrie ou laser ainsi que des tissus durs par CBCT, une quantification précise des asymétries faciales est possible. De plus, la planification thérapeutique en est améliorée.

La prise en charge des asymétries faciales sera dépendante de la perception qu'en a le patient. Elle n'est pas perçue de la même manière selon la personne de référence (patient profane, professionnel de santé), la zone touchée par l'asymétrie ou le degré de déviation par rapport au plan de référence. Le traitement de l'asymétrie faciale est varié et dépend des objectifs de traitements établis. Il oscille du traitement le plus simple (traitement de camouflage) à des traitements pluridisciplinaires, mettant en jeu les compétences de plusieurs praticiens : le chirurgien maxillo-facial, le chirurgien plastique, le chirurgien-dentiste ainsi que l'orthodontiste. Les moyens mis en œuvre sont plus ou moins invasifs : appareils amovibles, appareils fixes, ancrages osseux, avulsions dentaires, chirurgie plastique, chirurgie orthognathique ; l'objectif étant la satisfaction du patient, par l'amélioration de son esthétique et de ses fonctions et ultimement sa qualité de vie.

SIGNATURE DES CONCLUSIONS

Thèse en vue du Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

Nom - prénom de l'impétrant : ABECASSIS Aurélia

Titre de la thèse : Diagnostic, perception et traitement de l'asymétrie faciale en Orthopédie Dento-Faciale

Directeurs de thèse : Docteurs Yves BOLENDER et Frédéric RAFFLENBEUL

VU

Strasbourg, le :

Le Président du Jury,

Professeur F. CLAUSS


Pr François CLAUSS
HOPITAUX UNIVERSITAIRES DE STRASBOURG
8, Bld
Maladies Rares Orales et Dentaires
CRM, Coordinateur

VU

Strasbourg, le :

Le Doyen de la Faculté
de Chirurgie Dentaire de Strasbourg,

Professeur C. TADDEI-GROSS


Université de Strasbourg, Service de Soins et Bureaux des Thèses
8 rue Cassin-Erasmus - 67000 Strasbourg

07 SEP. 2020

Références bibliographiques

- [1] Obwegeser HL, Luder H-U. *Mandibular growth anomalies: terminology, aetiology, diagnosis, treatment*. Berlin : Springer, 2001, 451 p.
- [2] Bishara SE, Burkey PS, Kharouf JG. Dental and facial asymmetries: a review. *Angle Orthod*. 1994 ; 64 (2) : 89–98.
- [3] Naini FB, Donaldson ANA, McDonald F, Cobourne MT. Assessing the influence of asymmetry affecting the mandible and chin point on perceived attractiveness in the orthognathic patient, clinician, and layperson. *J Oral Maxillofac Surg*. 2012 ; 70 (1) : 192–206.
- [4] Gateño J, Jones TL, Shen SGF, Chen K-C, Jajoo A, Kuang T, et al. Fluctuating asymmetry of the normal facial skeleton. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2018 ; 47 (4) : 534–540.
- [5] Thiesen G, Gribel BF, Kim KB, Pereira KCR, Freitas MPM. Prevalence and associated factors of mandibular asymmetry in an adult population. *J Craniofac Surg*. 2017 ; 28 (3) : 199–203.
- [6] McCrea SJ, Troy M. Prevalence and severity of mandibular asymmetry in non-syndromic, non-pathological caucasian adult. *Ann Maxillofac Surg*. 2018 ; 8 (2) : 254–258.
- [7] Wang TT, Wessels L, Hussain G, Merten S. Discriminative thresholds in facial asymmetry: a review of the literature. *Aesthet Surg J*. 2017 ; 37 (4) : 375–385.
- [8] Patzer GL. Improving self-esteem by improving physical attractiveness. *J Esthet Dent*. 1997 ; 9 (1) : 44–46.
- [9] Romero-Maroto M, Santos-Puerta N, González Olmo MJ, Peñacoba-Puente C. The impact of dental appearance and anxiety on self-esteem in adult orthodontic patients. *Orthod Craniofac Res*. 2015 ; 18 (3) : 143–155.
- [10] Shackelford TK, Larsen RJ. Facial asymmetry as an indicator of psychological, emotional, and physiological distress. *J Pers Soc Psychol*. 1997 ; 72 (2) : 456–466.
- [11] Larousse. Définitions : symétrie - Dictionnaire de français Larousse [En ligne]. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/sym%C3%A9trie/76062>. Consulté le 21 mars 2020.
- [12] Casteigt J. La chirurgie de l'asymétrie. *Orthod Fr*. 2002 ; 73 (3) : 317–352.
- [13] Chebib FS, Chamma AM. Indices of craniofacial asymmetry. *Angle Orthod*. 1981 ; 51 (3) : 214–226.
- [14] Burstone CJ. Diagnosis and treatment planning of patients with asymmetries. *Semin Orthod*. 1998 ; 4 (3) : 153–164.

- [15] Haraguchi S, Iguchi Y, Takada K. Asymmetry of the face in orthodontic patients. *Angle Orthod.* 2008 ; 78 (3) : 421–426.
- [16] Thiesen G, Gribel BF, Freitas MPM. Facial asymmetry: a current review. *Dental Press J Orthod.* 2015 ; 20 (6) : 110–125.
- [17] Martin C, Bouletreau P, Cresseaux P, Lucas R, Gebeile-Chauty S. Latéromandibulie : détermination d'une mesure cutanée fiable. *Orthod Fr.* 2018 ; 89 (2) : 199–212.
- [18] Naini FB. *Facial symmetry and asymmetry*. In: Naini FB, editor. Facial aesthetics: concepts and clinical diagnosis. Oxford : Wiley-Blackwell ; 2011, 165-188.
- [19] Veeranki S, Park JH, Pruzansky D, Takagi M, Tai K. A current review of asymmetry. *J Clin Orthod.* 2018 ; 52 (6–7) : 325–341.
- [20] Severt TR, Proffit WR. The prevalence of facial asymmetry in the dentofacial deformities population at the University of North Carolina. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1997 ; 12 (3) : 171–176.
- [21] Samman N, Tong AC, Cheung DL, Tideman H. Analysis of 300 dentofacial deformities in Hong Kong. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1992 ; 7 (3) : 181–185.
- [22] Cheong Y-W, Lo L-J. Facial asymmetry: etiology, evaluation, and management. *Chang Gung Med J.* 2011 ; 34 (4) : 341–351.
- [23] Boeck EM, Lunardi N, Pinto ADS, Pizzol KEDC, Boeck Neto RJ. Occurrence of skeletal malocclusions in Brazilian patients with dentofacial deformities. *Braz Dent J.* 2011 ; 22 (4) : 340–345.
- [24] Haraguchi S, Takada K, Yasuda Y. Facial asymmetry in subjects with skeletal Class III deformity. *Angle Orthod.* 2002 ; 72 (1) : 28–35.
- [25] Laganà G, Masucci C, Fabi F, Bollero P, Cozza P. Prevalence of malocclusions, oral habits and orthodontic treatment need in a 7- to 15-year-old schoolchildren population in Tirana. *Prog Orthod.* 2013 ; 14 : 12.
- [26] Piao Y, Kim S-J, Yu H-S, Cha J-Y, Baik H-S. Five-year investigation of a large orthodontic patient population at a dental hospital in South Korea. *Korean J Orthod.* 2016 ; 46 (3) : 137–145.
- [27] Sheats RD, McGorray SP, Musmar Q, Wheeler TT, King GJ. Prevalence of orthodontic asymmetries. *Semin Orthod.* 1998 ; 4 (3) : 138–145.
- [28] Willems G, De Bruyne I, Verdonck A, Fieuws S, Carels C. Prevalence of dentofacial characteristics in a belgian orthodontic population. *Clin Oral Investig.* 2001 ; 5 (4) : 220–226.

- [29] Ramirez-Yañez GO, Stewart A, Franken E, Campos K. Prevalence of mandibular asymmetries in growing patients. *Eur J Orthod.* 2011 ; 33 (3) : 236–242.
- [30] Kaipainen AE, Sieber KR, Nada RM, Maal TJ, Katsaros C, Fudalej PS. Regional facial asymmetries and attractiveness of the face. *Eur J Orthod.* 2016 ; 38 (6) : 602–608.
- [31] Hwang H-S, Hwang CH, Lee K-H, Kang B-C. Maxillofacial 3-dimensional image analysis for the diagnosis of facial asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006 ; 130 (6) : 779–785.
- [32] Masuoka N, Momoi Y, Arijii Y, Nawa H, Muramatsu A, Goto S, et al. Can cephalometric indices and subjective evaluation be consistent for facial asymmetry? *Angle Orthod.* 2005 ; 75 (4) : 651–655.
- [33] Pound N, Lawson DW, Toma AM, Richmond S, Zhurov AI, Penton-Voak IS. Facial fluctuating asymmetry is not associated with childhood ill-health in a large British cohort study. *Proc Biol Sci.* 2014 ; 281 (1792) : 20141639.
- [34] Gateño J, Jones TL, Shen SGF, Chen K-C, Jajoo A, Kuang T, et al. Fluctuating asymmetry of the normal facial skeleton. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2018 ; 47 (4) : 534–540.
- [35] Quinto-Sánchez M, Cintas C, Silva de Cerqueira CC, Ramallo V, Acuña-Alonzo V, Adhikari K, et al. Socioeconomic status is not related with facial fluctuating asymmetry: evidence from Latin-American populations. *PLoS One.* 2017 ; 12 (1) : e0169287.
- [36] Ferrario VF, Sforza C, Ciusa V, Dellavia C, Tartaglia GM. The effect of sex and age on facial asymmetry in healthy subjects: a cross-sectional study from adolescence to mid-adulthood. *J Oral Maxillofac Surg.* 2001 ; 59 (4) : 382–388.
- [37] Hsu C-K, Hallac RR, Denadai R, Wang S-W, Kane AA, Lo L-J, et al. Quantifying normal head form and craniofacial asymmetry of elementary school students in Taiwan. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2019 ; 72 (12) : 2033–2040.
- [38] Berssenbrügge P, Berlin NF, Kebeck G, Runte C, Jung S, Kleinheinz J, et al. 2D and 3D analysis methods of facial asymmetry in comparison. *J Craniomaxillofac Surg.* 2014 ; 42 (6) : 327–334.
- [39] Ercan I, Ozdemir ST, Etoz A, Sigirli D, Tubbs RS, Loukas M, et al. Facial asymmetry in young healthy subjects evaluated by statistical shape analysis. *J Anat.* 2008 ; 213 (6) : 663–669.
- [40] Claes P, Walters M, Shriver MD, Puts D, Gibson G, Clement J, et al. Sexual dimorphism in multiple aspects of 3D facial symmetry and asymmetry defined by spatially dense geometric morphometrics. *J Anat.* 2012 ; 221 (2) : 97–114.
- [41] Rajpara Y, Shyagali TR. An assessment of sexual dimorphism in relation to facial asymmetry in esthetically pleasing faces. *Acta Inform Med.* 2015 ; 23 (1) : 44–48.

- [42] Smith WM. Hemispheric and facial asymmetry: gender differences. *Laterality*. 2000 ; 5 (3) : 251–258.
- [43] Hardie S, Hancock P, Rodway P, Penton-Voak I, Carson D, Wright L. The enigma of facial asymmetry: is there a gender-specific pattern of facedness? *Laterality*. 2005 ; 10 (4) : 295–304.
- [44] Good S, Edler R, Wertheim D, Greenhill D. A computerized photographic assessment of the relationship between skeletal discrepancy and mandibular outline asymmetry. *Eur J Orthod*. 2006 ; 28 (2) : 97–102.
- [45] Bailey LJ, Haltiwanger LH, Blakey GH, Proffit WR. Who seeks surgical-orthodontic treatment: a current review. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*. 2001 ; 16 (4) : 280–292.
- [46] Bhateja NK, Fida M, Shaikh A. Frequency of dentofacial asymmetries: a cross-sectional study on orthodontic patients. *J Ayub Med Coll Abbottabad*. 2014 ; 26 (2) : 129–133.
- [47] Yi JS, Jang YJ. Frequency and characteristics of facial asymmetry in patients with deviated noses. *JAMA Facial Plast Surg*. 2015 ; 17 (4) : 265–269.
- [48] Crerand CE, Sarwer DB, Kazak AE, Clarke A, Rumsey N. Body image and quality of life in adolescents with craniofacial conditions. *Cleft Palate Craniofac J*. 2017 ; 54 (1) : 2–12.
- [49] Peck S, Peck L, Kataja M. Skeletal asymmetry in esthetically pleasing faces. *Angle Orthod*. 1991 ; 61 (1) : 43–48.
- [50] Fink B, Neave N, Manning JT, Grammer K. Facial symmetry and judgements of attractiveness, health and personality. *Pers Individ Dif*. 2006 ; 41 (3) : 491–499.
- [51] Andrade A da S, Gameiro GH, Derossi M, Gavião MBD. Posterior crossbite and functional changes. A systematic review. *Angle Orthod*. 2009 ; 79 (2) : 380–386.
- [52] Impellizzeri A, Serritella E, Putrino A, Vizzielli G, Polimeni A, Galluccio G. Assessment of masticatory and cervical muscles' thickness by ultrasonography in patients with facial asymmetry. *Clin Ter*. 2019 ; 170 (4) : 272–277.
- [53] Primozic J, Perinetti G, Richmond S, Ovsenik M. Three-dimensional evaluation of facial asymmetry in association with unilateral functional crossbite in the primary, early, and late mixed dentition phases. *Angle Orthod*. 2013 ; 83 (2) : 253–258.
- [54] Van Keulen C, Martens G, Dermaut L. Unilateral posterior crossbite and chin deviation: is there a correlation? *Eur J Orthod*. 2004 ; 26 (3) : 283–288.
- [55] Takada J, Ono T, Miyamoto JJ, Yokota T, Moriyama K. Association between intraoral pressure and molar position and inclination in subjects with facial asymmetry. *Eur J Orthod*. 2011 ; 33 (3) : 243–249.

- [56] Iodice G, Danzi G, Cimino R, Paduano S, Michelotti A. Association between posterior crossbite, skeletal, and muscle asymmetry: a systematic review. *Eur J Orthod.* 2016 ; 38 (6) : 638–651.
- [57] Trpkova B, Major P, Nebbe B, Prasad N. Craniofacial asymmetry and temporomandibular joint internal derangement in female adolescents: a posteroanterior cephalometric study. *Angle Orthod.* 2000 ; 70 (1) : 81–88.
- [58] Srivastava D, Singh H, Mishra S, Sharma P, Kapoor P, Chandra L. Facial asymmetry revisited: Part I- diagnosis and treatment planning. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2018 ; 8 (1) : 7–14.
- [59] Chang AR, Han JJ, Kim D-S, Yi W-J, Hwang SJ. Evaluation of intra-articular distance narrowing during temporomandibular joint movement in patients with facial asymmetry using 3-dimensional computed tomography image and tracking camera system. *J Craniomaxillofac Surg.* 2015 ; 43 (3) : 342–348.
- [60] Zhang Y, Che B, Ni Y, Zhang H, Pan Y, Wang L, et al. Three-dimensional condylar positions and forms associated with different anteroposterior skeletal patterns and facial asymmetry in Chinese adolescents. *Acta Odontol Scand.* 2013 ; 71 (5) : 1174–1180.
- [61] Buranastidporn B, Hisano M, Soma K. Articular disc displacement in mandibular asymmetry patients. *J Med Dent Sci.* 2004 ; 51 (1) : 75–81.
- [62] Marques FBC, de Lima LS, Oliveira PLE, Magno MB, Ferreira DMTP, de Castro ACR, et al. Are temporomandibular disorders associated with facial asymmetry? A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res.* Epub ahead of print 30 June 2020. DOI: 10.1111/ocr.12404.
- [63] Proffit WR, Fields HW, Larson BE, Sarver DM. *Contemporary orthodontics.* Fifth Edition. Saint Louis : Elsevier Mosby ; 2019, 768 p.
- [64] Bouaoud J, Corre P, Khonsari RH. Croissance craniofaciale. EMC - Chirurgie orale et maxillo-faciale. 2018 ; 13 (3) : 1-19 [22-001-A-35].
- [65] Weinmann JP, Sicher H. *Bone and bones: Fundamentals of bone biology.* Second Edition. London : Henry Kimpton ; 1955, 508 p.
- [66] Scott JH. *Dentofacial development and growth.* United Kingdom : Elsevier. 1967, 218p.
- [67] Petrovic A. *Analyse biologique des processus de contrôle de la croissance postnatale de la mandibule et du maxillaire.* In: Chateau M, editor. Orthopédie dento-faciale : bases fondamentales. Paris : Masson et Cie ; 1973, 40–71.
- [68] Enlow DH, Hans MG. *Essential of facial growth.* Philadelphia : WB Saunders ; 1996, 318 p.
- [69] Enlow DH. The “V” principle. *Am J Orthod.* 1984 ; 85 (1) : 96.

- [70] Moss ML. The primacy of functional matrices in orofacial growth. *Dent Pract Dent Rec.* 1968 ; 19 (2) : 65–73.
- [71] Behrents RG. *A treatise on the continuum of growth in the aging craniofacial skeleton.* Thèse de Doctorat, Université de Michigan, 1984, 763 p.
- [72] Akinin J.-J. Croissance craniofaciale. EMC - Odontologie, Orthopédie dento-faciale. 2008. [23-455-C-10].
- [73] Riolo ML, Moyers RE. *An Atlas of craniofacial growth: cephalometric standards from the University school growth study, the University of Michigan.* Ann Arbor. Michigan : Center for Human Growth and Development, University of Michigan, 1974, 379 p.
- [74] Bjork A. Variations in the growth pattern of the human mandible: longitudinal radiographic study by the implant method. *J Dent Res.* 1963 ; 42 (1) : 400–411.
- [75] Bishara SE, Jakobsen JR, Treder J, Nowak A. Arch width changes from 6 weeks to 45 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997 ; 111 (4) : 401–409.
- [76] Chia MS, Naini FB, Gill DS. The aetiology, diagnosis and management of mandibular asymmetry. *Ortho Update.* 2008 ; 1 (2) : 44–52.
- [77] Lundström A. Some asymmetries of the dental arches, jaws, and skull, and their etiological significance. *Am J Orthod.* 1961 ; 47 (2) : 81–106.
- [78] Patel PK, Jacobson R, Zhao L. *Craniofacial asymmetry: causes and management.* In: Orthognathic surgery: principles, planning and practice. Chichester, United Kingdom : Wiley Blackwell ; 2017, 813-837.
- [79] Oh AK, Wong J, Ohta E, Rogers GF, Deutsch CK, Mulliken JB. Facial asymmetry in unilateral coronal synostosis: long-term results after fronto-orbital advancement. *Plast Reconstr Surg.* 2008 ; 121 (2) : 545–562.
- [80] Kronmiller JE. Development of asymmetries. *Semin Orthod.* 1998 ; 4 (3) : 134–137.
- [81] Proffit WR, White RP, Sarver DM. *Contemporary treatment of dentofacial deformity.* St. Louis : Mosby, 2003, 751 p.
- [82] Proffit WR, Vig KW, Turvey TA. Early fracture of the mandibular condyles: frequently an unsuspected cause of growth disturbances. *Am J Orthod.* 1980 ; 78 (1) : 1–24.
- [83] Chouinard A-F, Kaban LB, Peacock ZS. Acquired abnormalities of the temporomandibular joint. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2018 ; 30 (1) : 83–96.
- [84] Nitzan DW, Katsnelson A, Bermanis I, Brin I, Casap N. The clinical characteristics of condylar hyperplasia: experience with 61 patients. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008 ; 66 (2) : 312–318.

- [85] Owosho AA, Brady P, Wolden SL, Wexler LH, Antonescu CR, Huryn JM, et al. Long-term effect of chemotherapy-intensity-modulated radiation therapy (chemo-IMRT) on dentofacial development in head and neck rhabdomyosarcoma patients. *Pediatr Hematol Oncol*. 2016 ; 33 (6) : 383–392.
- [86] Crayne CB, Beukelman T. Juvenile idiopathic arthritis: oligoarthritis and polyarthritis. *Pediatr Clin North Am*. 2018 ; 65 (4) : 657–674.
- [87] Petty RE, Southwood TR, Manners P, Baum J, Glass DN, Goldenberg J, et al. International league of associations for rheumatology classification of juvenile idiopathic arthritis: second revision, Edmonton, 2001. *J Rheumatol*. 2004 ; 31 (2) : 390–392.
- [88] Kùseler A, Pedersen TK, Herlin T, Gelineck J. Contrast enhanced magnetic resonance imaging as a method to diagnose early inflammatory changes in the temporomandibular joint in children with juvenile chronic arthritis. *J Rheumatol*. 1998 ; 25 (7) : 1406–1412.
- [89] Economou S, Stoustrup P, Kristensen KD, Dalstra M, Kùseler A, Herlin T, et al. Evaluation of facial asymmetry in patients with juvenile idiopathic arthritis: correlation between hard tissue and soft tissue landmarks. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2018 ; 153 (5) : 662–672.
- [90] Alsabban L, Amarista FJ, Mercuri LG, Perez D. Idiopathic condylar resorption: a survey and review of the literature. *J Oral Maxillofac Surg*. 2018 ; 76 (11) : 2316.e1-2316.e13.
- [91] Chamberland S. Progressive idiopathic condylar resorption: three case reports. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2019 ; 156 (4) : 531–544.
- [92] Shroff B, Siegel SM. Treatment of patients with asymmetries using asymmetric mechanics. *Semin Orthod*. 1998 ; 4 (3) : 165–179.
- [93] Carlson ER. Pathologic facial asymmetries. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 1996 ; 4 (1) : 19–35.
- [94] Ortakoglu K, Akcam T, Sencimen M, Karakoc O, Ozyigit HA, Bengi O. Osteochondroma of the mandible causing severe facial asymmetry: a case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007 ; 103 (5) : 21–28.
- [95] Araujo KM, Denadai R. To wait or not for stabilization of disease progression before asymmetry correction in Parry-Romberg Syndrome. *Dermatol There*. Epub ahead of print 6 August 2020. DOI: 10.1111/dth.14151.
- [96] Kawamoto HK, Kim SS, Jarrahy R, Bradley JP. Differential diagnosis of the idiopathic laterally deviated mandible. *Plast Reconstr Surg*. 2009 ; 124 (5) : 1599–1609.
- [97] Rossi M, Ribeiro E, Smith R. Craniofacial asymmetry in development: an anatomical study. *Angle Orthod*. 2003 ; 73 (4) : 381–385.

- [98] Pinto AS, Buschang PH, Throckmorton GS, Chen P. Morphological and positional asymmetries of young children with functional unilateral posterior crossbite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001 ; 120 (5) : 513–520.
- [99] Jowett N. A general approach to facial palsy. *Otolaryngol Clin North Am.* 2018 ; 51 (6) : 1019–1031.
- [100] Robinson MW, Baiungo J. Facial rehabilitation: evaluation and treatment strategies for the patient with facial palsy. *Otolaryngol Clin North Am.* 2018 ; 51 (6) : 1151–1167.
- [101] Reyneke JP, Tsakiris P, Kienle F. A simple classification for surgical treatment planning of maxillomandibular asymmetry. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1997 ; 35 (5) : 349–351.
- [102] Kim J-Y, Jung H-D, Jung Y-S, Hwang C-J, Park H-S. A simple classification of facial asymmetry by TML system. *J Craniomaxillofac Surg.* 2014 ; 42 (4) : 313–320.
- [103] Obwegeser HL, Makek MS. Hemimandibular hyperplasia--hemimandibular elongation. *J Maxillofac Surg.* 1986 ; 14 (4) : 183–208.
- [104] Hwang HS. *A new classification of facial asymmetry.* In: McNamara JA, editor. Early orthodontic treatment: is the benefit worth the burden? Michigan : Ann Arbor ; 2007, 269-294.
- [105] Leung MY, Leung YY. Three-dimensional evaluation of mandibular asymmetry: a new classification and three-dimensional cephalometric analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2018 ; 47 (8) : 1043–1051.
- [106] Nanda R, Margolis MJ. Treatment strategies for midline discrepancies. *Semin Orthod.* 1996 ; 2 (2) : 84–89.
- [107] Jacobsen T. Beauty and the brain: culture, history and individual differences in aesthetic appreciation. *J Anat.* 2010 ; 216 (2) : 184–191.
- [108] Cevitanes LHS, Alhadidi A, Paniagua B, Styner M, Ludlow J, Mol A, et al. Three-dimensional quantification of mandibular asymmetry through cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011 ; 111 (6) : 757–770.
- [109] Hajeer MY, Ayoub AF, Millett DT. Three-dimensional assessment of facial soft-tissue asymmetry before and after orthognathic surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2004 ; 42 (5) : 396–404.
- [110] Meyer-Marcotty P, Alpers GW, Gerdes ABM, Stellzig-Eisenhauer A. Impact of facial asymmetry in visual perception: a 3-dimensional data analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 ; 137 (2) : 168.e1-168.e8.
- [111] Damstra J, Fourie Z, De Wit M, Ren Y. A three-dimensional comparison of a morphometric and conventional cephalometric midsagittal planes for craniofacial asymmetry. *Clin Oral Investig.* 2012 ; 16 (1) : 285–294.

- [112] Ko EW-C, Huang CS, Chen YR. Characteristics and corrective outcome of face asymmetry by orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009 ; 67 (10) : 2201–2209.
- [113] Taylor HO, Morrison CS, Linden O, Phillips B, Chang J, Byrne ME, et al. Quantitative facial asymmetry: using three-dimensional photogrammetry to measure baseline facial surface symmetry. *J Craniofac Surg.* 2014 ; 25 (1) : 124–128.
- [114] Da Pozzo F, Gibelli D, Beltramini GA, Dolci C, Gianni AB, Sforza C. The effect of orthognathic surgery on soft-tissue facial asymmetry: a longitudinal three-dimensional analysis. *J Craniofac Surg* ; Publish Ahead of Print. Epub ahead of print 11 May 2020. DOI: 10.1097/SCS.00000000000006403.
- [115] Linden OEMD, He JKBA, Morrison CSMD, Sullivan SRMD, Taylor HOBMD. The relationship between age and facial asymmetry. *Plast Reconstr Surg.* 2018 ; 142 (5) : 1145–1152.
- [116] Djordjevic J, Toma AM, Zhurov AI, Richmond S. Three-dimensional quantification of facial symmetry in adolescents using laser surface scanning. *Eur J Orthod.* 2014 ; 36 (2) : 125–132.
- [117] Lejoyeux E. Latérodéviation mandibulaires et asymétrie faciale. *Arch Pediatr.* 2010 ; 17 (6) : 985–986.
- [118] Okamoto H, Haraguchi S, Takada K. Laterality of asymmetry in movements of the corners of the mouth during voluntary smile. *Angle Orthod.* 2010 ; 80 (2) : 223–229.
- [119] Berlin NF, Berssenbrügge P, Runte C, Wermker K, Jung S, Kleinheinz J, et al. Quantification of facial asymmetry by 2D analysis – A comparison of recent approaches. *J Craniomaxillofac Surg.* 2014 ; 42 (3) : 265–271.
- [120] Negi G, Ponnada S, Aravind NKS, Chitra P. Photogrammetric correlation of face with frontal radiographs and direct measurements. *J Clin Diagn Res.* 2017 ; 11 (5) : 79–83.
- [121] Lee M, Chung DH, Lee J, Cha K. Assessing soft-tissue characteristics of facial asymmetry with photographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 ; 138 (1) : 23–31.
- [122] Rischen RJ, Breuning KH, Bronkhorst EM, Kuijpers-Jagtman AM. Records needed for orthodontic diagnosis and treatment planning: a systematic review. *PLoS One.* 2013 ; 8 (11) : e74186.
- [123] McLaren EA, Schoenbaum T. Digital photography enhances diagnostics, communication, and documentation. *Compend Contin Educ Dent.* 2011 ; 32 (4) : 36–38.
- [124] Naini F. *Facial aesthetics: concepts and clinical diagnosis.* Oxford : Wiley-Blackwell, 2011, 434 p.

- [125] Ferrario VF, Sforza C, Miani A, Tartaglia G. Craniofacial morphometry by photographic evaluations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993 ; 103 (4) : 327–337.
- [126] Hooda S, Souza MD. Evaluation of facial asymmetry using digital photographs with computer aided analysis. *J Indian Prosthodont Soc.* 2012 ; 12 (1) : 8–15.
- [127] Choi KY. Analysis of facial asymmetry. *Arch Craniofac Surg.* 2015 ; 16 (1) : 1–10.
- [128] Bingpeng M, Shiguang S, Xilin C, Wen G. Head yaw estimation from asymmetry of facial appearance. *IEEE Trans Syst Man Cybern B Cybern.* 2008 ; 38 (6) : 1501–1512.
- [129] Kau CH, Richmond S, Incrapera A, English J, Xia JJ. Three-dimensional surface acquisition systems for the study of facial morphology and their application to maxillofacial surgery. *Int J Med Robot.* 2007 ; 3 (2) : 97–110.
- [130] Kau CH. Creation of the virtual patient for the study of facial morphology. *Facial Plast Surg Clin North Am.* 2011 ; 19 (4) : 615–622.
- [131] Aldridge K, Boyadjiev SA, Capone GT, DeLeon VB, Richtsmeier JT. Precision and error of three-dimensional phenotypic measures acquired from 3dMD photogrammetric images. *American Journal of Medical Genetics Part A.* 2005 ; 138A (3) : 247–253.
- [132] Oliel Y. *La stéréophotogrammétrie en orthopédie dento-faciale: principes et applications.* Thèse d'exercice. Université Paris VII. 2013, 104 p.
- [133] van Veen MM, Ten Berge JHA, Werker PMN, Dijkstra PU. Three-dimensional stereophotogrammetry assessment of facial asymmetry in facial palsy. *J Craniofac Surg.* 2020 ; 31 (4) : 893–897.
- [134] Lum V, Goonewardene MS, Mian A, Eastwood P. Three-dimensional assessment of facial asymmetry using dense correspondence, symmetry, and midline analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2020 ; 158 (1) : 134–146.
- [135] Castillo JC, Gianneschi G, Azer D, Manosudprasit A, Haghi A, Bansal N, et al. The relationship between 3D dentofacial photogrammetry measurements and traditional cephalometric measurements. *Angle Orthod.* 2019 ; 89 (2) : 275–283.
- [136] Manosudprasit A, Haghi A, Allareddy V, Masoud MI. Diagnosis and treatment planning of orthodontic patients with 3-dimensional dentofacial records. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017 ; 151 (6) : 1083–1091.
- [137] Stauber I, Vairaktaris E, Holst A, Schuster M, Hirschfelder U, Neukam FW, et al. Three-dimensional analysis of facial symmetry in cleft lip and palate patients using optical surface data. *J Orofac Orthop.* 2008 ; 69 (4) : 268–282.
- [138] Hoefert CS, Bacher M, Herberts T, Krimmel M, Reinert S, Hoefert S, et al. Implementing a superimposition and measurement model for 3D sagittal

- analysis of therapy-induced changes in facial soft tissue: a pilot study. *J Orofac Orthop.* 2010 ; 71 (3) : 221–234.
- [139] Kau CH, Richmond S, Zhurov AI, Knox J, Chestnutt I, Hartles F, et al. Reliability of measuring facial morphology with a 3-dimensional laser scanning system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005 ; 128 (4) : 424–430.
- [140] Kau CH, Richmond S, Savio C, Mallorie C. Measuring adult facial morphology in three dimensions. *Angle Orthod.* 2006 ; 76 (5) : 773–778.
- [141] Meyer-Marcotty P, Stellzig-Eisenhauer A, Bareis U, Hartmann J, Kochel J. Three-dimensional perception of facial asymmetry. *Eur J Orthod.* 2011 ; 33 (6) : 647–653.
- [142] Nanda RS, Ghosh J, Bazakidou E. Three-dimensional facial analysis using a video imaging system. *Angle Orthod.* 1996 ; 66 (3) : 181–188.
- [143] Trotman C-A, Faraway JJ. Modeling facial movement: I. A dynamic analysis of differences based on skeletal characteristics. *J Oral Maxillofac Surg.* 2004 ; 62 (11) : 1372–1379.
- [144] Hallac RR, Feng J, Kane AA, Seaward JR. Dynamic facial asymmetry in patients with repaired cleft lip using 4D imaging (video stereophotogrammetry). *J Craniomaxillofac Surg.* 2017 ; 45 (1) : 8–12.
- [145] Shujaat S, Khambay BS, Ju X, Devine JC, McMahon JD, Wales C, et al. The clinical application of three-dimensional motion capture (4D): a novel approach to quantify the dynamics of facial animations. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2014 ; 43 (7) : 907–916.
- [146] Erten O, Yılmaz BN. Three-dimensional imaging in orthodontics. *Turk J Orthod.* 2018 ; 31 (3) : 86–94.
- [147] Deng Z, Neumann U, Lewis JP, Kim T-Y, Bulut M, Narayanan S. Expressive facial animation synthesis by learning speech coarticulation and expression spaces. *IEEE Trans Vis Comput Graph.* 2006 ; 12 (6) : 1523–1534.
- [148] Hidaka T, Kurita M, Ogawa K, Tomioka Y, Okazaki M. Application of artificial intelligence for real-time facial asymmetry analysis. *Plast Reconstr Surg.* 2020 ; 146 (2) : 243e–245e.
- [149] Kambylafkas P, Murdock E, Gilda E, Tallents RH, Kyrkanides S. Validity of panoramic radiographs for measuring mandibular asymmetry. *Angle Orthod.* 2006 ; 76 (3) : 388–393.
- [150] Van Elslande DC, Russett SJ, Major PW, Flores-Mir C. Mandibular asymmetry diagnosis with panoramic imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008 ; 134 (2) : 183–192.
- [151] Samawi SS, Burke PH. Angular distortion in the orthopantomogram. *Br J Orthod.* 1984 ; 11 (2) : 100–107.

- [152] Arora H, Jain V, Pai KM, Kamboj R. Precision of dimensional measurements of mandible in different positions on orthopantomogram. *Indian J Dent Res.* 2013 ; 24 (1) : 48–51.
- [153] Meloti AF, Gonçalves R de C, Silva E, Martins LP, dos Santos-Pinto A. Lateral cephalometric diagnosis of asymmetry in Angle Class II subdivision compared to Class I and II. *Dental Press J Orthod.* 2014 ; 19 (4) : 80–88.
- [154] Gateno J, Xia JJ, Teichgraber JF. Effect of facial asymmetry on 2-dimensional and 3-dimensional cephalometric measurements. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011 ; 69 (3) : 655–662.
- [155] Trpkova B, Prasad NG, Lam EWN, Raboud D, Glover KE, Major PW. Assessment of facial asymmetries from posteroanterior cephalograms: validity of reference lines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003 ; 123 (5) : 512–520.
- [156] Ricketts RM. Application de la téléradiographie de face. *Rev Orthop Dento Faciale.* 1995 ; 29 (2) : 153–172.
- [157] Grummons DC, Kappeyne van de Coppello MA. A frontal asymmetry analysis. *J Clin Orthod.* 1987 ; 21 (7) : 448–465.
- [158] Arnold TG, Anderson GC, Liljemark WF. Cephalometric norms for craniofacial asymmetry using submental-vertical radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994 ; 106 (3) : 250–256.
- [159] Sabah ME. Submentovertex cephalometric analysis of Class II subdivision malocclusions. *J Oral Sci.* 2002 ; 44 (3–4) : 125–127.
- [160] Kadesjö N, Lynds R, Nilsson M, Shi X-Q. Radiation dose from X-ray examinations of impacted canines: cone beam CT vs two-dimensional imaging. *Dentomaxillofac Radiol.* 2018 ; 47 (3) : 20170305.
- [161] Grünheid T, Kolbeck Schieck JR, Pliska BT, Ahmad M, Larson BE. Dosimetry of a cone-beam computed tomography machine compared with a digital x-ray machine in orthodontic imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012 ; 141 (4) : 436–443.
- [162] Lee K-H, Hwang H-S, Curry S, Boyd RL, Norris K, Baumrind S. Effect of cephalometer misalignment on calculations of facial asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007 ; 132 (1) : 15–27.
- [163] Malkoc S, Sari Z, Usumez S, Koyuturk AE. The effect of head rotation on cephalometric radiographs. *Eur J Orthod.* 2005 ; 27 (3) : 315–321.
- [164] Sutton PR. Lateral facial asymmetry-methods of assessment. *Angle Orthod.* 1968 ; 38 (1) : 82–92.
- [165] Gribel BF, Gribel MN, Frazão DC, McNamara JA, Manzi FR. Accuracy and reliability of craniometric measurements on lateral cephalometry and 3D measurements on CBCT scans. *Angle Orthod.* 2011 ; 81 (1) : 26–35.

- [166] Yoon YJ, Kim KS, Hwang MS, Kim HJ, Choi EH, Kim KW. Effect of head rotation on lateral cephalometric radiographs. *Angle Orthod.* 2001 ; 71 (5) : 396–403.
- [167] Hwang H-S, Hwang CH, Lee K-H, Kang B-C. Maxillofacial 3-dimensional image analysis for the diagnosis of facial asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006 ; 130 (6) : 779–785.
- [168] Alhadidi A, Cevidanes LHS, Mol A, Ludlow J, Styner MA. 3D analysis of based on midsagittal plane computation. *J Dent Res.* 2009 ; 88 (A) : 311.
- [169] Tuncer BB, Ataç MS, Yüksel S. A case report comparing 3-D evaluation in the diagnosis and treatment planning of hemimandibular hyperplasia with conventional radiography. *J Craniomaxillofac Surg.* 2009 ; 37 (6) : 312–319.
- [170] Damstra J, Oosterkamp BCM, Jansma J, Ren Y. Combined 3-dimensional and mirror-image analysis for the diagnosis of asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011 ; 140 (6) : 886–894.
- [171] Proffit WR, Turvey TA. *Dentofacial asymmetry.* In: Proffit WR, White RP Jr, editors. *Surgical orthodontic treatments.* St. Louis : Mosby ; 1991, 483–549.
- [172] Zheng X, Wang L, Zhang B, Bai X, Qin K, Tian Y, et al. Accuracy of two midsagittal planes in three-dimensional analysis and their measurement in patients with skeletal mandibular deviation: a comparative study. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2018 ; 56 (7) : 600–606.
- [173] SangIn A, Ji-Yeon L, Chooryung J. C, Kyung-Ho K. Comparison of different midsagittal plane configurations for evaluating craniofacial asymmetry by expert preference. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017 ; 152 (6) : 788–797.
- [174] Kim T-Y, Baik J-S, Park J-Y, Chae H-S, Huh K-H, Choi S-C. Determination of midsagittal plane for evaluation of facial asymmetry using three-dimensional computed tomography. *Imaging Sci Dent.* 2011 ; 41 (2) : 79–84.
- [175] Hartmann J, Meyer-Marcotty P, Benz M, Häusler G, Stellzig-Eisenhauer A. Reliability of a method for computing facial symmetry plane and degree of asymmetry based on 3D-data. *J Orofac Orthop.* 2007 ; 68 (6) : 477–490.
- [176] Green MN, Bloom JM, Kulbersh R. A simple and accurate craniofacial midsagittal plane definition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017 ; 152 (3) : 355–363.
- [177] Kwon T-G, Park H-S, Ryoo H-M, Lee S-H. A comparison of craniofacial morphology in patients with and without facial asymmetry--a three-dimensional analysis with computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2006 ; 35 (1) : 43–48.
- [178] Cevidanes LHC, Motta A, Proffit WR, Ackerman JL, Styner M. Cranial base superimposition for 3-dimensional evaluation of soft-tissue changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 ; 137 (4 Suppl) : S120-129.

- [179] Cevitanes LHS, Bailey LJ, Tucker GR, Styner MA, Mol A, Phillips CL, et al. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients. *Dentomaxillofac Radiol.* 2005 ; 34 (6) : 369–375.
- [180] Chen Y-J, Yao C-C, Chang Z-C, Lai H-H, Lu S-C, Kok S-H. A new classification of mandibular asymmetry and evaluation of surgical-orthodontic treatment outcomes in Class III malocclusion. *J Craniomaxillofac Surg.* 2016 ; 44 (6) : 676–683.
- [181] Brüllmann D, Schulze RKW. Spatial resolution in CBCT machines for dental/maxillofacial applications-what do we know today? *Dentomaxillofac Radiol.* 2015 ; 44 (1) : 20140204.
- [182] Spin-Neto R, Wenzel A. Patient movement and motion artefacts in cone beam computed tomography of the dentomaxillofacial region: a systematic literature review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2016 ; 121 (4) : 425–433.
- [183] Pauwels R, Seynaeve L, Henriques JCG, de Oliveira-Santos C, Souza PC, Westphalen FH, et al. Optimization of dental CBCT exposures through mAs reduction. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015 ; 44 (9) : 20150108.
- [184] Pauwels R, Faruangaeng T, Charoenkarn T, Ngonphloy N, Panmekiate S. Effect of exposure parameters and voxel size on bone structure analysis in CBCT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015 ; 44 (8) : 20150078.
- [185] Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KWL, Huang GJ. *Orthodontics: current principles and techniques.* 6th Revised edition. St. Louis, Missouri : Mosby, 2016, 928 p.
- [186] Kapila SD. *Cone Beam Computed Tomography in orthodontics: indications, insights, and innovations.* Ames, Iowa : Wiley-Blackwell, 2014, 544 p.
- [187] Cevitanes LHC, Heymann G, Cornelis MA, DeClerck HJ, Tulloch JFC. Superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models of growing patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 ; 136 (1) : 94–99.
- [188] Nguyen T. 3D Planning and treatment outcomes of bone anchored maxillary protraction. In: Kapila SD, editor. *Cone Beam Computed Tomography in orthodontics: indications, insights, and innovations.* Ames, Iowa : Wiley-Blackwell ; 2014, 427–436.
- [189] AlHadidi A, Cevitanes LHS, Paniagua B. 3D diagnosis and management of facial asymmetries. In: Kapila SD, editor. *Cone Beam Computed Tomography in orthodontics: indications, insights, and innovations.* Ames, Iowa : Wiley-Blackwell ; 2014, 453–461.
- [190] Smektała T, Jędrzejewski M, Szyndel J, Sporniak-Tutak K, Olszewski R. Experimental and clinical assessment of three-dimensional cephalometry: a systematic review. *J Craniomaxillofac Surg.* 2014 ; 42 (8) : 1795–1801.

- [191] Pittayapat P, Limchaichana-Bolstad N, Willems G, Jacobs R. Three-dimensional cephalometric analysis in orthodontics: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2014 ; 17 (2) : 69–91.
- [192] van Vlijmen OJC, Maal T, Bergé SJ, Bronkhorst EM, Katsaros C, Kuijpers-Jagtman AM. A comparison between 2D and 3D cephalometry on CBCT scans of human skulls. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010 ; 39 (2) : 156–160.
- [193] Jodeh DS, Kuykendall LV, Ford JM, Ruso S, Decker SJ, Rottgers SA. Adding depth to cephalometric analysis: comparing two- and three-dimensional angular cephalometric measurements. *J Craniofac Surg.* 2019 ; 30 (5) : 1568–1571.
- [194] Yatabe M, Gomes L, Ruellas AC, Lopinto J, Macron L, Paniagua B, et al. Challenges in measuring angles between craniofacial structures. *J Appl Oral Sci.* 2019 ; 27 : e20180380.
- [195] Olszewski R, Reychler H, Cosnard G, Denis JM, Vynckier S, Zech F. Accuracy of three-dimensional (3D) craniofacial cephalometric landmarks on a low-dose 3D computed tomograph. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008 ; 37 (5) : 261–267.
- [196] Gupta A, Kharbanda OP, Balachandran R, Sardana V, Kalra S, Chaurasia S, et al. Precision of manual landmark identification between as-received and oriented volume-rendered cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017 ; 151 (1) : 118–131.
- [197] Lisboa C de O, Masterson D, da Motta AFJ, Motta AT. Reliability and reproducibility of three-dimensional cephalometric landmarks using CBCT: a systematic review. *J Appl Oral Sci.* 2015 ; 23 (2) : 112–119.
- [198] Dot G, Rafflenbeul F, Arbotto M, Gajny L, Rouch P, Schouman T. Accuracy and reliability of automatic three-dimensional cephalometric landmarking. *Int J Oral Maxillofac Surg.* Epub ahead of print 10 March 2020. DOI: 10.1016/j.ijom.2020.02.015.
- [199] Ludlow JB, Timothy R, Walker C, Hunter R, Benavides E, Samuelson DB, et al. Effective dose of dental CBCT- a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015 ; 44 (1) : 20140197.
- [200] Nardi C, Talamonti C, Pallotta S, Saletti P, Calistri L, Cordopatri C, et al. Head and neck effective dose and quantitative assessment of image quality: a study to compare cone beam CT and multislice spiral CT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017 ; 46 (7) : 20170030.
- [201] Yeung AWK, Jacobs R, Bornstein MM. Novel low-dose protocols using cone beam computed tomography in dental medicine: a review focusing on indications, limitations, and future possibilities. *Clin Oral Investig.* 2019 ; 23 (6) : 2573–2581.
- [202] Oenning AC, Pauwels R, Stratis A, De Faria Vasconcelos K, Tijskens E, De Grauwe A, et al. Halve the dose while maintaining image quality in paediatric Cone Beam CT. *Sci Rep.* 2019 ; 9 (1) : 5521.

- [203] Hayashi T, Arai Y, Chikui T, Hayashi-Sakai S, Honda K, Indo H, et al. Clinical guidelines for dental cone-beam computed tomography. *Oral Radiol.* 2018 ; 34 (2) : 89–104.
- [204] Oenning AC, Jacobs R, Pauwels R, Stratis A, Hedesiu M, Salmon B, et al. Cone-beam CT in paediatric dentistry: DIMITRA project position statement. *Pediatr Radiol.* 2018 ; 48 (3) : 308–316.
- [205] SEDENTEXCT. Radiation protection: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology: evidence-based guidelines. 2011.
- [206] De Grauwe A, Ayaz I, Shujaat S, Dimitrov S, Gbadegbegnon L, Vande Vannet B, et al. CBCT in orthodontics: a systematic review on justification of CBCT in a paediatric population prior to orthodontic treatment. *Eur J Orthod.* 2019 ; 41 (4) : 381–389.
- [207] American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics. Position statement by the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2013 ; 116 (2) : 238–257.
- [208] Evangelista K, Valladares-Neto J, Silva MAG, Cevidanes LHS, Ruellas AC de O. Three-dimensional assessment of mandibular asymmetry in skeletal Class I and unilateral crossbite malocclusion in 3 different age groups. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2020 ; 158 (2) : 209–220.
- [209] Nur RB, Çakan DG, Arun T. Evaluation of facial hard and soft tissue asymmetry using cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016 ; 149 (2) : 225–237.
- [210] Baek C, Paeng J-Y, Lee JS, Hong J. Morphologic evaluation and classification of facial asymmetry using 3-dimensional computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012 ; 70 (5) : 1161–1169.
- [211] Bajaj K, Rathee P, Jain P, Panwar VR. Comparison of the reliability of anatomic landmarks based on PA cephalometric radiographs and 3D CT scans in patients with facial asymmetry. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2011 ; 4 (3) : 213–223.
- [212] Kapila SD, Nervina JM. CBCT in orthodontics: assessment of treatment outcomes and indications for its use. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015 ; 44 (1) : 20140282.
- [213] Paniagua B, Cevidanes L, Zhu H, Styner M. Outcome quantification using SPHARM-PDM toolbox in orthognathic surgery. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2011 ; 6 (5) : 617–626.
- [214] Alhadidi A, Cevidanes LH, Paniagua B, Cook R, Festy F, Tyndall D. 3D quantification of mandibular asymmetry using the SPHARM-PDM tool box. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2012 ; 7 (2) : 265–271.

- [215] Paniagua B, Alhadidi A, Cevidanes L, Styner M, Oguz I. Mandibular asymmetry characterization using generalized tensor-based morphometry. *Proc IEEE Int Symp Biomed Imaging*. 2011 ; 2011 : 1175–1178.
- [216] Detterbeck A, Hofmeister M, Hofmann E, Haddad D, Weber D, Hölzing A, et al. MRI vs. CT for orthodontic applications: comparison of two MRI protocols and three CT (multislice, cone-beam, industrial) technologies. *J Orofac Orthop*. 2016 ; 77 (4) : 251–261.
- [217] Goto TK, Nishida S, Nakamura Y, Tokumori K, Nakamura Y, Kobayashi K, et al. The accuracy of 3-dimensional magnetic resonance 3D vibe images of the mandible: an in vitro comparison of magnetic resonance imaging and computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007 ; 103 (4) : 550–559.
- [218] Juerchott A, Saleem MA, Hilgenfeld T, Freudlsperger C, Zingler S, Lux CJ, et al. 3D cephalometric analysis using Magnetic Resonance Imaging: validation of accuracy and reproducibility. *Sci Rep*. 2018 ; 8 (1) : 13029.
- [219] Kuijpers MAR, Chiu Y-T, Nada RM, Carels CEL, Fudalej PS. Three-dimensional imaging methods for quantitative analysis of facial soft tissues and skeletal morphology in patients with orofacial clefts: a systematic review. *PLoS One*. 2014 ; 9 (4) : e93442.
- [220] Hall RK. The role of CT, MRI and 3D imaging in the diagnosis of temporomandibular joint and other orofacial disorders in children. *Aust Orthod J*. 1994 ; 13 (2) : 86–94.
- [221] Mah J, Hatcher D. Current status and future needs in craniofacial imaging. *Orthod Craniofac Res*. 2003 ; 6 Suppl 1 : 10–16.
- [222] Tymofiyeva O, Rottner K, Jakob PM, Richter E-J, Proff P. Three-dimensional localization of impacted teeth using magnetic resonance imaging. *Clin Oral Investig*. 2010 ; 14 (2) : 169–176.
- [223] Detterbeck A, Hofmeister M, Haddad D, Weber D, Schmid M, Hölzing A, et al. Determination of the mesio-distal tooth width via 3D imaging techniques with and without ionizing radiation: CBCT, MSCT, and μ CT versus MRI. *Eur J Orthod*. 2017 ; 39 (3) : 310–319.
- [224] Tutton LM, Goddard PR. MRI of the teeth. *Br J Radiol*. 2002 ; 75 (894) : 552–562.
- [225] Clark JR, Hutchinson I, Sandy JR. Functional occlusion: II. The role of articulators in orthodontics. *J Orthod*. 2001 ; 28 (2) : 173–177.
- [226] Gold BR, Setchell DJ. An investigation of the reproducibility of face-bow transfers. *J Oral Rehabil*. 1983 ; 10 (6) : 495–503.
- [227] Nazir N, Sujesh M, Kumar R, Sreenivas P. Accuracy of two face-bow/semi-adjustable articulator systems in transferring the maxillary occlusal cant. *Indian J Dent Res*. 2012 ; 23 (4) : 437–442.

- [228] Feragen KJ, Semb G, Magnussen S. Asymmetry of left versus right unilateral cleft impairments: an experimental study of face perception. *Cleft Palate Craniofac J.* 1999 ; 36 (6) : 527–532.
- [229] Préambule à la Constitution de l'Organisation mondiale de la Santé, tel qu'adopté par la Conférence internationale sur la Santé, New York, 19 juin -22 juillet 1946; signé le 22 juillet 1946 par les représentants de 61 Etats. (Actes officiels de l'Organisation mondiale de la Santé, n°. 2, p. 100) et entré en vigueur le 7 avril 1948.
- [230] Springer IN, Wannicke B, Warnke PH, Zernial O, Wiltfang J, Russo PAJ, et al. Facial attractiveness: visual impact of symmetry increases significantly towards the midline. *Ann Plast Surg.* 2007 ; 59 (2) : 156–162.
- [231] Howells DJ, Shaw WC. The validity and reliability of ratings of dental and facial attractiveness for epidemiologic use. *Am J Orthod.* 1985 ; 88 (5) : 402–408.
- [232] Tedesco LA, Albino JE, Cunat JJ, Slakter MJ, Waltz KJ. A dental-facial attractiveness scale. Part II. Consistency of perception. *Am J Orthod.* 1983 ; 83 (1) : 44–46.
- [233] Hayashi K, Muguruma T, Hamaya M, Mizoguchi I. Morphologic characteristics of the dentition and palate in cases of skeletal asymmetry. *Angle Orthod.* 2004 ; 74 (1) : 26–30.
- [234] Papadopoulos NA, Kovacs L, Krammer S, Herschbach P, Henrich G, Biemer E. Quality of life following aesthetic plastic surgery: a prospective study. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2007 ; 60 (8) : 915–921.
- [235] Yıldız T, Selimen D. The impact of facial aesthetic and reconstructive surgeries on patients' quality of life. *Indian J Surg.* 2015 ; 77 (Suppl 3) : 831–836.
- [236] Zaidel DW, Deblieck C. Attractiveness of natural faces compared to computer constructed perfectly symmetrical faces. *Int J Neurosci.* 2007 ; 117 (4) : 423–431.
- [237] Jones BC, Little AC, Penton-Voak IS, Tiddeman BP, Burt DM, Perrett DI. Facial symmetry and judgements of apparent health: support for a “good genes” explanation of the attractiveness–symmetry relationship. *Evol Hum Behav.* 2001 ; 22 (6) : 417–429.
- [238] True Mirror. See the real you. [En ligne] <https://www.truemirror.com/> Consulté le 15 juillet 2020.
- [239] Borod JC, Haywood CS, Koff E. Neuropsychological aspects of facial asymmetry during emotional expression: a review of the normal adult literature. *Neuropsychol Rev.* 1997 ; 7 (1) : 41–60.
- [240] Campbell R. Asymmetries in interpreting and expressing a posed facial expression. *Cortex.* 1978 ; 14 (3) : 327–342.

- [241] Lu SM, Bartlett SP. On facial asymmetry and self-perception. *Plast Reconstr Surg.* 2014 ; 133 (6) : 873–881.
- [242] Meyer-Marcotty P, Stellzig-Eisenhauer A. Dentofacial self-perception and social perception of adults with unilateral cleft lip and palate. *J Orofac Orthop.* 2009 ; 70 (3) : 224–236.
- [243] Jackson TH, Clark K, Mitroff SR. Enhanced facial symmetry assessment in orthodontists. *Vis cogn* ; 21 (7) . Epub ahead of print 2013. DOI: 10.1080/13506285.2013.832450.
- [244] McAvinchey G, Maxim F, Nix B, Djordjevic J, Linklater R, Landini G. The perception of facial asymmetry using 3-dimensional simulated images. *Angle Orthod.* 2014 ; 84 (6) : 957–965.
- [245] Masuoka N, Muramatsu A, Arijii Y, Nawa H, Goto S, Arijii E. Discriminative thresholds of cephalometric indexes in the subjective evaluation of facial asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007 ; 131 (5) : 609–613.
- [246] Dong T, Ye N, Yuan L, Wu S, Xia L, Fang B. Assessing the influence of chin asymmetry on perceived facial esthetics with 3-dimensional images. *J Oral Maxillofac Surg.* 2020 ; 78 (8) : 1389–1396.
- [247] Bispo de Carvalho Barbosa P, de Andrade Vieira W, de Macedo Bernardino Í, Costa MM, Pithon MM, Paranhos LR. Aesthetic facial perception and need for treatment in simulated laterognathism in male faces of different ethnicities. *Oral Maxillofac Surg.* 2019 ; 23 (4) : 407–413.
- [248] Jackson TH, Mitroff SR, Clark K, Proffit WR, Lee JY, Nguyen TT. Face symmetry assessment abilities: clinical implications for diagnosing asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013 ; 144 (5) : 663–671.
- [249] Mertens I, Siegmund H, Grüsser OJ. Gaze motor asymmetries in the perception of faces during a memory task. *Neuropsychologia.* 1993 ; 31 (9) : 989–998.
- [250] Kwak K-H, Kim Y-I, Nam H-J, Kim S-S, Park S-B, Son W-S. Differences among deviations, genders, and observers in the perception of eye and nose asymmetry. *J Oral Maxillofac Surg.* 2015 ; 73 (8) : 1606–1614.
- [251] Silva BP, Jiménez-Castellanos E, Martínez-de-Fuentes R, Greenberg JR, Chu S. Laypersons' perception of facial and dental asymmetries. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2013 ; 33 (6) : 162–171.
- [252] Jarosz KF, Bosio JA, Bloomstein R, Jiang SS, Vakharia NS, Cangialosi TJ. Perceptions of chin asymmetries among dental professionals and laypersons. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018 ; 154 (2) : 201–212.
- [253] Alhammadi MS, Halboub E, Al-Mashraqi AA, Al-Homoud M, Wafi S, Zakari A, et al. Perception of facial, dental, and smile esthetics by dental students. *J Esthet Restor Dent.* 2018 ; 30 (5) : 415–426.

- [254] Corte CCD, Silveira BL da, Marquezan M. Influence of occlusal plane inclination and mandibular deviation on esthetics. *Dental Press J Orthod.* 2015 ; 20 (5) : 50–57.
- [255] Silva NCF da, Aquino ÉRB de, Mello KCFR, Mattos JNR, Normando D. Orthodontists' and laypersons' perception of mandibular asymmetries. *Dental Press J Orthod.* 2011 ; 16 (4) : 38.e1-38.e8.
- [256] Chu EA, Farrag TY, Ishii LE, Byrne PJ. Threshold of visual perception of facial asymmetry in a facial paralysis model. *Arch Facial Plast Surg.* 2011 ; 13 (1) : 14–19.
- [257] Hohman MH, Kim SW, Heller ES, Frigerio A, Heaton JT, Hadlock TA. Determining the threshold for asymmetry detection in facial expressions. *Laryngoscope.* 2014 ; 124 (4) : 860–865.
- [258] Kokich VO, Kiyak HA, Shapiro PA. Comparing the perception of dentists and lay people to altered dental esthetics. *J Esthet Dent.* 1999 ; 11 (6) : 311–324.
- [259] Geron S, Atalia W. Influence of sex on the perception of oral and smile esthetics with different gingival display and incisal plane inclination. *Angle Orthod.* 2005 ; 75 (5) : 778–784.
- [260] Ker AJ, Chan R, Fields HW, Beck M, Rosenstiel S. Esthetics and smile characteristics from the layperson's perspective: a computer-based survey study. *J Am Dent Assoc.* 2008 ; 139 (10) : 1318–1327.
- [261] Liu XQ, Chen L, Zhou JF, Fan Q, Tan JG. An internet evaluation of Chinese public preferences for asymmetrically altered incisor angulations. *Chin J Dent Res.* 2012 ; 15 (2) : 129–137.
- [262] McLeod C, Fields HW, Hechter F, Wiltshire W, Rody W, Christensen J. Esthetics and smile characteristics evaluated by laypersons. *Angle Orthod.* 2011 ; 81 (2) : 198–205.
- [263] Olivares A, Vicente A, Jacobo C, Molina Sm, Rodriguez A, Bravo La. Canting of the occlusal plane: perceptions of dental professionals and laypersons. *Med Oral.* 2013 ; : 516–520.
- [264] Padwa BL, Kaiser MO, Kaban LB. Occlusal cant in the frontal plane as a reflection of facial asymmetry. *J Oral Maxillofac Surg.* 1997 ; 55 (8) : 811–817.
- [265] Silva BP, Tortora SC, Stanley K, Mahn G, Coachman C, Mahn E. Layperson's preference of the transverse occlusal plane in asymmetric facial model. *J Esthet Restor Dent.* 2019 ; 31 (6) : 620–626.
- [266] Springer NC, Chang C, Fields HW, Beck FM, Firestone AR, Rosenstiel S, et al. Smile esthetics from the layperson's perspective. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011 ; 139 (1) : 91–101.
- [267] Cardash HS, Ormanier Z, Laufer B-Z. Observable deviation of the facial and anterior tooth midlines. *J Prosthet Dent.* 2003 ; 89 (3) : 282–285.

- [268] Silva BP, Jiménez-Castellanos E, Martínez-de-Fuentes R, Fernández AAV, Chu S. Perception of maxillary dental midline shift in asymmetric faces. *Int J Esthet Dent*. 2015 ; 10 (4) : 588–596.
- [269] Johnston CD, Burden DJ, Stevenson MR. The influence of dental to facial midline discrepancies on dental attractiveness ratings. *Eur J Orthod*. 1999 ; 21 (5) : 517–522.
- [270] Beyer JW, Lindauer SJ. Evaluation of dental midline position. *Semin Orthod*. 1998 ; 4 (3) : 146–152.
- [271] Rodrigues C de DT, Magnani R, Machado MSC, Oliveira OB. The perception of smile attractiveness. *Angle Orthod*. 2009 ; 79 (4) : 634–639.
- [272] Gul-e-Erum, Fida M. Changes in smile parameters as perceived by orthodontists, dentists, artists, and laypeople. *World J Orthod*. 2008 ; 9 (2) : 132–140.
- [273] Shyagali TR, Chandralekha B, Bhayya DP, Kumar S, Balasubramanyam G. Are ratings of dentofacial attractiveness influenced by dentofacial midline discrepancies? *Aust Orthod J*. 2008 ; 24 (2) : 91–95.
- [274] Pinho S, Ciriaco C, Faber J, Lenza MA. Impact of dental asymmetries on the perception of smile esthetics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007 ; 132 (6) : 748–753.
- [275] Ferreira JB, Silva LE da, Caetano MT de O, Motta AFJ da, Cury-Saramago A de A, Mucha JN. Perception of midline deviations in smile esthetics by laypersons. *Dental Press J Orthod*. 2016 ; 21 (6) : 51–57.
- [276] Williams RP, Rinchuse DJ, Zullo TG. Perceptions of midline deviations among different facial types. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014 ; 145 (2) : 249–255.
- [277] Zhang Y-F, Xiao L, Li J, Peng Y-R, Zhao Z. Young people's esthetic perception of dental midline deviation. *Angle Orthod*. 2010 ; 80 (3) : 515–520.
- [278] Normando ADC, Azevedo LAa, Paixao PN. How much upper midline deviation orthodontists and laypeople get to perceive? *Dental Press J Orthod*. 2009 ; 14 (2) : 73–80.
- [279] Silva BP, Jiménez-Castellanos E, Stanley K, Mahn E, Coachman C, Finkel S. Layperson's perception of axial midline angulation in asymmetric faces. *J Esthet Restor Dent*. 2018 ; 30 (2) : 119–125.
- [280] Thomas JL, Hayes C, Zawaideh S. The effect of axial midline angulation on dental esthetics. *Angle Orthod*. 2003 ; 73 (4) : 359–364.
- [281] Zachrisson BU. *Esthetics in tooth display and smile design*. In: Nanda R, editor. *Biomechanics and esthetic strategies in clinical orthodontics*. Saint Louis : W.B. Saunders ; 2005, 110–130.

- [282] Kaya B, Uyar R. The impact of occlusal plane cant along with gingival display on smile attractiveness. *Orthod Craniofac Res.* 2016 ; 19 (2) : 93–101.
- [283] Beyer B, Lindauer S. Evaluation of dental midline position. *Semin Orthod.* 1998 ; 4 (3) : 146-152.
- [284] Parrini S, Rossini G, Castroflorio T, Fortini A, Deregibus A, Debernardi C. Laypeople's perceptions of frontal smile esthetics: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016 ; 150 (5) : 740–750.
- [285] Kobus K, Kobus-Zaleśna K. The treatment of facial asymmetry: Review. *Adv Clin Exp Med.* 2017 ; 26 (8) : 1301–1311.
- [286] Zaidel DW, Cohen JA. The face, beauty, and symmetry: perceiving asymmetry in beautiful faces. *Int J Neurosci.* 2005 ; 115 (8) : 1165–1173.
- [287] Peron APLM, Morosini IC, Correia KR, Moresca R, Petrelli E. Photometric study of divine proportion and its correlation with facial attractiveness. *Dental Press J Orthod.* 2012 ; 17 (2) : 124–131.
- [288] Bardinet E, Duhart A-M. Approche orthopédique des asymétries. *Orthod Fr.* 2002 ; 73 (2) : 215–228.
- [289] Ei Hsu Hlaing E, Ishihara Y, Hara C, Kamioka H. Modification of dentofacial growth associated with Goldenhar Syndrome. *Acta Med Okayama.* 2017 ; 71 (5) : 437–443.
- [290] Deblock L, Petitpas L. Les déviations des médianes incisives. *Rev Orthop Dento Faciale.* 1998 ; 32 (3) : 353–367.
- [291] Kahl-Nieke B, Fischbach R. Effect of early orthopedic intervention on hemifacial microsomia patients: an approach to a cooperative evaluation of treatment results. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998 ; 114 (5) : 538–550.
- [292] Leonardi R, Barbato E. Mandibular asymmetry treated with a modified activator appliance. *J Craniofac Surg.* 2007 ; 18 (4) : 939–943.
- [293] Patel D, Bhattacharya A, Goyal R. Nonsurgical treatment of facial asymmetry in a growing patient. *J Clin Orthod.* 2013 ; 47 (2) : 121–128.
- [294] Paulsen HU, Rabøl A, Sørensen SS. Bone scintigraphy of human temporomandibular joints during Herbst treatment: a case report. *Eur J Orthod.* 1998 ; 20 (4) : 369–374.
- [295] Tsanidis N, Antonarakis GS, Kiliaridis S. Functional changes after early treatment of unilateral posterior cross-bite associated with mandibular shift: a systematic review. *J Oral Rehabil.* 2016 ; 43 (1) : 59–68.
- [296] Fourneron M, Morant F, Boutin F, Frapier L. Is the Quad Helix more efficient to correct mandibular asymmetry before age 7? A retrospective comparative study. *Int Orthod.* 2020 ; S1761-7227 (20) : 30080–2.

- [297] Rebellato J. Asymmetric extractions used in the treatment of patients with asymmetries. *Semin Orthod.* 1998 ; 4 (3) : 180–188.
- [298] Masucci C, Cipriani L, Defraia E, Franchi L. Transverse relationship of permanent molars after crossbite correction in deciduous dentition. *Eur J Orthod.* 2017 ; 39 (5) : 560–566.
- [299] Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop Relat Res.* 1989 ; (239) : 263–285.
- [300] Tehranchi A, Behnia H. Treatment of mandibular asymmetry by distraction osteogenesis and orthodontics: a report of four cases. *Angle Orthod.* 2000 ; 70 (2) : 165–174.
- [301] Mackool RJ, Hopper RA, Grayson BH, Holliday R, McCarthy JG. Volumetric change of the medial pterygoid following distraction osteogenesis of the mandible: an example of the associated soft-tissue changes. *Plast Reconstr Surg.* 2003 ; 111 (6) : 1804–1807.
- [302] Bardinet E, Baron P, Bazert C, Boileau M-J, Bougues R, De Brondeau F, et al. Approche orthodontique des asymétries. *Orthod Fr.* 2002 ; 73 (3) : 243–280.
- [303] Burstone C, Filleul MP, Pigeot V. De la stabilité du traitement orthodontique des dysmorphies asymétriques. *Orthod Fr.* 2000 ; 71 (3) : 197–205.
- [304] van Steenberghe E, Nanda R. Biomechanics of orthodontic correction of dental asymmetries. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995 ; 107 (6) : 618–624.
- [305] Musilli M, Grampone F, Melsen B. A new auxiliary spring for correction of a canted incisal plane. *J Clin Orthod.* 2014 ; 48 (8) : 500–504.
- [306] Nobel PM, Waters NE. Investigation into the behavior of symmetrically and asymmetrically activated face-bows. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992 ; 101 (4) : 330–341.
- [307] Jeon YJ, Kim YH, Son WS, Hans MG. Correction of a canted occlusal plane with miniscrews in a patient with facial asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006 ; 130 (2) : 244–252.
- [308] Ho C-L, Chiang C-P, Hu K-Y, Wang H-F. Correction of facial asymmetry and posterior bite collapse by orthodontic treatment combined with temporary anchorage devices and orthognathic surgery: Case report. *J Dent Sci.* 2020 ; 15 (1) : 104–106.
- [309] Naini FB, Manisali M, Gill DS. Asymmetries of the maxilla and mandible. In: *Orthognathic surgery: principles, planning and practice.* Chichester, United Kingdom : Wiley Blackwell ; 2017, 581-607.
- [310] Zhao L, Patel PK, Cohen M. Application of virtual surgical planning with computer assisted design and manufacturing technology to cranio-maxillofacial surgery. *Arch Plast Surg.* 2012 ; 39 (4) : 309–316.

- [311] Schouman T, Rouch P, Imholz B, Fasel J, Courvoisier D, Scolozzi P. Accuracy evaluation of CAD/CAM generated splints in orthognathic surgery: a cadaveric study. *Head Face Med.* 2015 ; 11 : 24.
- [312] De Riu G, Meloni SM, Baj A, Corda A, Soma D, Tullio A. Computer-assisted orthognathic surgery for correction of facial asymmetry: results of a randomised controlled clinical trial. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2014 ; 52 (3) : 251–257.
- [313] Guyot L, Seguin P, Benateau H. *Techniques en chirurgie maxillo-faciale et plastique de la face.* Paris : Springer Verlag, 2010, 328 p.
- [314] Deffrennes G, Ferri J, Garreau E, Deffrennes D. *Ostéotomies maxillomandibulaires : techniques chirurgicales et indications.* EMC - Techniques chirurgicales - Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique. 2016 ; 11 (1) : 1-13 [45-604-B].
- [315] Esnault O, Dang T, Marinetti A, Joseph G. La collaboration orthodontico-chirurgicale dans les asymétries faciales. *Rev Orthop Dento Faciale.* 2016 ; 50 (2) : 141–165.
- [316] Hara S, Mitsugi M, Hirose H, Tatemoto Y. Combination of mandibular constriction and intraoral vertical ramus osteotomies for a transverse jaw discrepancy. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2015 ; 3 (9) : e521.
- [317] Anghinoni ML, Magri AS, Di Blasio A, Toma L, Sesenna E. Midline mandibular osteotomy in an asymmetric patient. *Angle Orthod.* 2009 ; 79 (5) : 1008–1014.
- [318] Brusati R, Sesenna E, Mannucci N, Gamoletti R. The midline mandibular osteotomy-ostectomy in the correction of dentofacial deformities. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1987 ; 2 (1) : 37–50.
- [319] García y Sánchez JM, Gómez Rodríguez CL, Romero Flores J. Surgical management of laterognathia in orthofacial surgery. *J Maxillofac Oral Surg.* 2017 ; 16 (3) : 365–373.
- [320] Liao Y-F, Chen Y-F, Yao C-F, Chen Y-A, Chen Y-R. Long-term outcomes of bimaxillary surgery for treatment of asymmetric skeletal class III deformity using surgery-first approach. *Clin Oral Investig.* 2019 ; 23 (4) : 1685–1693.
- [321] Koh CH, Chew MT. Predictability of soft tissue profile changes following bimaxillary surgery in skeletal class III Chinese patients. *J Oral Maxillofac Surg.* 2004 ; 62 (12) : 1505–1509.
- [322] Jung Y-J, Kim M-J, Baek S-H. Hard and soft tissue changes after correction of mandibular prognathism and facial asymmetry by mandibular setback surgery: three-dimensional analysis using computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009 ; 107 (6) : 763–771.
- [323] Chew MT. Soft and hard tissue changes after bimaxillary surgery in Chinese Class III patients. *Angle Orthod.* 2005 ; 75 (6) : 959–963.

- [324] Costa PJC, de Gauw JH, Costa Filho JZ. Wedge osteotomy for correction of chin asymmetry. *J Craniofac Surg.* 2018 ; 29 (2) : e190.
- [325] Raberin M. Critères de réussite esthétique des génioplasties. *Orthod Fr.* 2016 ; 87 (2) : 191–203.
- [326] Triaca A, Minoretti R, Saulacic N. Mandibula wing osteotomy for correction of the mandibular plane: A case report. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2010 ; 48 (3) : 182–184.
- [327] Triaca A, Furrer T, Minoretti R. Chin shield osteotomy - a new genioplasty technique avoiding a deep mento-labial fold in order to increase the labial competence. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009 ; 38 (11) : 1201–1205.
- [328] Pouzoulet P. 'Chin wing': mise au point sur une nouvelle technique d'ostéotomie totale du bord basilaire de la mandibule. Thèse de médecine. Université d'Aix-Marseille. 2017, 45 p.
- [329] Wenghoefer M, Peters A, Reich RH. Modified triaca-style wing osteotomy to correct facial asymmetry in a patient with horizontal growth-type condylar hyperplasia. *J Craniofac Surg.* 2013 ; 24 (5) : 1769–1771.
- [330] Cortese A, Pantaleo G, Amato M, Claudio PP. Chin wing osteotomy for bilateral Goldenhar Syndrome treated by 'Chin wing mentoplasty': aesthetic, functional, and histological considerations. *J Craniofac Surg.* 2015 ; 26 (5) : 1628–1630.
- [331] Muñoz R, Diaz A, Golaszewski J. Modified basal osteotomy combined with osteogenic distraction (hemi-wing distraction) for correction of facial asymmetry: a new technique. *Ann Maxillofac Surg.* 2014 ; 4 (2) : 186–188.
- [332] Jiang N, Hsu Y, Khadka A, Hu J, Wang D, Wang Q, et al. Total or partial inferior border osteotomy for mandibular contouring: indications and outcomes. *J Craniomaxillofac Surg.* 2012 ; 40 (8) : 277–284.
- [333] Pouzoulet P, Cheynet F, Guyot L, Foletti JM, Chossegras C, Cresseaux P. Chin wing: technical note. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2018 ; 119 (4) : 315–318.
- [334] Coopman R, Aerden T, De Temmerman G, Politis C. Mandibular wing osteotomy: technical modification. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2017 ; 55 (6) : 635–636.
- [335] Martin C, Bouletreau P, Cresseaux P, Lucas R, Gebeile-Chauty S. Traitement ortho-chirurgical de la latéromandibulie : quels résultats escompter avec et sans chirurgie du contour mandibulaire ? Une étude de cohorte sur 51 cas. *Orthod Fr.* 2019 ; 90 (1) : 75–100.
- [336] Legan HL. Surgical correction of patients with asymmetries. *Semin Orthod.* 1998 ; 4 (3) : 189–198.
- [337] Mommers XA, Wajszczak L, Zwetyenga N. Résultats fonctionnels après reconstruction de l'articulation temporo-mandibulaire par prothèse totale (2e partie). *Rev Stomatol Chir Maxillofac Chir Orale.* 2014 ; 115 (1) : 10–14.

- [338] De Meurechy NKG, Zaror CE, Mommaerts MY. Total temporomandibular joint replacement: stick to stock or optimization by customization? *Craniomaxillofac Trauma Reconstr.* 2020 ; 13 (1) : 59–70.
- [339] Amarista FJ, Mercuri LG, Perez D. Temporomandibular joint prosthesis revision and/or replacement survey and review of the literature. *J Oral Maxillofac Surg.* Epub ahead of print 20 May 2020. DOI: 10.1016/j.joms.2020.05.021.
- [340] Matsushita K, Inoue N, Yamaguchi H-O, Mikoya T, Tei K. Post-operative stability after bimaxillary surgery in patients with facial asymmetry: comparison of differences among different original skeletal Class patterns. *J Maxillofac Oral Surg.* 2015 ; 14 (3) : 789–798.
- [341] Haas Junior OL, Guijarro-Martínez R, de Sousa Gil AP, da Silva Meirelles L, Scolari N, Muñoz-Pereira ME, et al. Hierarchy of surgical stability in orthognathic surgery: overview of systematic reviews. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2019 ; 48 (11) : 1415–1433.
- [342] Proffit WR, Turvey TA, Phillips C. The hierarchy of stability and predictability in orthognathic surgery with rigid fixation: an update and extension. *Head Face Med.* 2007 ; 3 : 21.
- [343] Ko EW-C, Huang CS, Chen YR. Characteristics and corrective outcome of face asymmetry by orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009 ; 67 (10) : 2201–2209.
- [344] Olivieri P, Uribe FA, Quereshy FA. Aesthetic facial surgery and orthodontics: common goals. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2020 ; 32 (1) : 153–165.
- [345] Mohamed WV, Perenack JD. Aesthetic adjuncts with orthognathic surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2014 ; 26 (4) : 573–585.
- [346] Miller CC. *Cannula implants and review of implantation technics in esthetic surgery.* First Edition edition. Oak Press ; 1926, 99 p.
- [347] Kaufman MR, Miller TA, Huang C, Roostaeian J, Roostaiien J, Wasson KL, et al. Autologous fat transfer for facial recontouring: is there science behind the art? *Plast Reconstr Surg.* 2007 ; 119 (7) : 2287–2296.
- [348] Wetterau M, Szpalski C, Hazen A, Warren SM. Autologous fat grafting and facial reconstruction. *J Craniofac Surg.* 2012 ; 23 (1) : 315–318.
- [349] Coleman SR. Facial recontouring with lipostructure. *Clin Plast Surg.* 1997 ; 24 (2) : 347–367.
- [350] Coleman SR. The technique of periorbital lipoinfiltration. *Operative techniques in plastic and reconstructive surgery.* 1994 ; 1 (3) : 120–126.
- [351] Denadai R, Raposo-Amaral CA, Buzzo CL, Raposo-Amaral CE. Autologous free fat grafting for management of the facial contour asymmetry. *J Craniofac Surg.* 2018 ; 29 (4) : 878–886.

- [352] Denadai R, Raposo-Amaral CA, Buzzo CL, Raposo-Amaral CE. Isolated autologous free fat grafting for management of facial contour asymmetry in a subset of growing patients with craniofacial microsomia. *Ann Plast Surg.* 2016 ; 76 (3) : 288–294.
- [353] Manisali M, Jayaram R. Soft tissue augmentation and fat grafting. In: *Orthognathic surgery: principles, planning and practice.* Chichester, United Kingdom : Wiley Blackwell ; 2017, 751-757.
- [354] Donofrio LM. Techniques in facial fat grafting. *Aesthet Surg J.* 2008 ; 28 (6) : 681–687.
- [355] Coleman SR. Long-term survival of fat transplants: controlled demonstrations. *Aesthetic Plast Surg.* Epub ahead of print 5 August 2020. DOI: 10.1007/s00266-020-01847-3.
- [356] Coleman SR, Tucker CJ. Autologous fat injection: affirmation of longevity. *Aesth Plast Surg.* Epub ahead of print 5 August 2020. DOI: 10.1007/s00266-020-01842-8.
- [357] Sahan A, Tamer F. Restoring facial symmetry through non-surgical cosmetic procedures after permanent facial paralysis: a case report. *Acta Dermatovenerol Alp Pannonica Adriat.* 2017 ; 26 (2) : 41–42.
- [358] Cho Y-M, Kim S-G, Choi D-S, Jang I, Cha B-K. Botulinum toxin injection to treat masticatory movement disorder corrected mandibular asymmetry in a growing patient. *J Craniofac Surg.* 2019 ; 30 (6) : 1850–1854.
- [359] Ogilvie P, Sattler G, Gaymans F, Belhaouari L, Weichman BM, Snow S, et al. Safe, effective chin and jaw restoration With VYC-25L hyaluronic acid injectable gel. *Dermatol Surg.* 2019 ; 45 (10) : 1294–1303.
- [360] Bertossi D, Robiony M, Lazzarotto A, Giampaoli G, Nocini R, Nocini PF. Nonsurgical redefinition of the chin and jawline of younger adults with a hyaluronic acid filler: results evaluated with a grid system approach. *Aesthet Surg J.* Epub ahead of print 27 June 2020. DOI: 10.1093/asj/sjaa179.
- [361] Moradi A, Shirazi A, David R. Nonsurgical chin and jawline augmentation using calcium hydroxylapatite and hyaluronic acid fillers. *Facial Plast Surg.* 2019 ; 35 (2) : 140–148.
- [362] Zhang P, Sui B, Ren L, Yang J, Ma X, Li Q, et al. The individualized facelift technique in improving facial asymmetry for Asian patients. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg.* 2018 ; 34 (6) : 516–521.
- [363] Kim BJ, Choi JH, Lee Y. Development of facial rejuvenation procedures: thirty years of clinical experience with face lifts. *Arch Plast Surg.* 2015 ; 42 (5) : 521–531.
- [364] Rohrich RJ, Ghavami A, Lemmon JA, Brown SA. The individualized component face lift: developing a systematic approach to facial rejuvenation. *Plast Reconstr Surg.* 2009 ; 123 (3) : 1050–1063.

- [365] Choi J-Y, Choi J-P, Lee Y-K, Baek S-H. Simultaneous correction of hard- and soft-tissue facial asymmetry: combination of orthognathic surgery and face lift using a resorbable fixation device. *J Craniofac Surg*. 2010 ; 21 (2) : 363–370.
- [366] Ferguson JW. Surgical correction of the facial deformities secondary to untreated congenital muscular torticollis. *J Craniomaxillofac Surg*. 1993 ; 21 (4) : 137–142.
- [367] Jeyaraj P. Histological diversity, diagnostic challenges, and surgical treatment strategies of fibrous dysplasia of upper and mid-thirds of the craniomaxillofacial complex. *Ann Maxillofac Surg*. 2019 ; 9 (2) : 289–314.
- [368] Bao T, Yu D, Wang H, Liu J, So H-I, Zhu H. Quantitative evaluation of symmetry after navigation-guided surgical recontouring of zygomatic fibrous dysplasia: a comparative study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. Epub ahead of print 25 June 2020. DOI: 10.1016/j.ijom.2020.06.001.
- [369] Zhou J, Qi Z, Jin X. Surgical correction for patients with port-wine stains and facial asymmetry. *J Cosmet Dermatol*. Epub ahead of print 19 April 2020. DOI: 10.1111/jocd.13415.
- [370] Lutz J-C, Assouline Vitale LS, Graillon N, Foletti J-M, Schouman T. Standard and customized alloplastic facial implants refining orthognathic surgery: outcome evaluation. *J Oral Maxillofac Surg*. Epub ahead of print 15 May 2020. DOI: 10.1016/j.joms.2020.05.009.
- [371] Rogers GF, Greene AK. Autogenous bone graft: basic science and clinical implications. *J Craniofac Surg*. 2012 ; 23 (1) : 323–327.

ABECASSIS (Aurélia) – Diagnostic, perception et traitement de l'asymétrie faciale en orthopédie dento-faciale.

(Thèse : 3^{ème} cycle Sci. odontol. : Strasbourg : 2020 ; N°41)

N° 43.22.20.41

Résumé :

L'asymétrie faciale est une dysmorphose qui touche la majorité des Êtres humains, même si elle n'est pas toujours perçue comme telle. Son étiologie est multiple et variable : elle peut être congénitale, développementale ou acquise, et inclut les dysmorphoses cranio-faciales syndromiques.

Lors d'un traitement orthodontique, le praticien doit la diagnostiquer et la quantifier de manière précise afin de pouvoir la prendre en charge ou non. De nos jours, les nouvelles technologies permettent d'avoir un état des lieux précis de cette composante lors de notre diagnostic : l'enregistrement des tissus mous ainsi que des tissus durs est facilement acquis en 3D.

Sa prise en charge dépendra de la perception qu'en a le patient. En effet, elle n'est pas perçue de la même manière selon la personne de référence (patient profane, professionnel de santé), ni selon la zone touchée par l'asymétrie ou le degré de déviation.

Le traitement de l'asymétrie faciale est variable et dépend des objectifs de traitement. Il varie du traitement le plus simple (traitement de camouflage) à des traitements pluridisciplinaires, incluant le chirurgien maxillo-facial, le chirurgien plastique, le chirurgien-dentiste ainsi que l'orthodontiste.

Rubrique de classement : orthodontie

Mots clés MeSH : Asymétrie faciale / classification (*facial asymmetry / classification*) ; asymétrie faciale / diagnostic (*facial asymmetry / diagnosis*) ; asymétrie faciale / étiologie (*facial asymmetry / etiology*) ; asymétrie faciale / traitement (*facial asymmetry / therapy*) ; imagerie diagnostique (*diagnostic imaging*) ; orthodontie (*orthodontics*) ; perception (*perception*) ; tomographie volumique à faisceau conique (*Cone-Beam Computed Tomography*)

Jury :

Président : Professeur CLAUSS François

Asseseurs : Docteur BOLENDER Yves
Docteur GROS Catherine Isabelle
Docteur RAFFLENBEUL Frédéric

Membre invité : Docteur LUTZ Jean-Christophe

Coordonnées de l'auteur :

Aurélia ABECASSIS
134 avenue Victor Hugo
75116 Paris
abecassisaure@gmail.com