

Fonction masticatrice : quelques notions fondamentales utiles en clinique

Masticatory function: some basic concepts useful in the clinic

Jacqueline Kolf¹,
Jean-Louis Raymond²

1. MODF
2. SQODF, ex-MCU-PH

RÉSUMÉ

Un certain nombre de travaux de recherche fondamentale montrent l'influence de la mastication sur le développement des arcades dentaires et son implication probable dans certaines dysmorphoses.

Leur connaissance peut être utile à l'orthodontiste au moment d'entreprendre son traitement.

MOTS-CLÉS

Mastication alternée, croissance adaptative, sutures, réhabilitation neuro-occlusale.

ABSTRACT

A number of basic research studies show the influence of mastication on the development of the dental arches and its probable involvement in certain dysmorphoses.

This knowledge can be useful to the orthodontist when undertaking treatment.

KEYWORDS

Alternating mastication, adaptive growth, sutures, neuro-occlusal rehabilitation.

Adresse pour correspondance :
raymond.jean-louis@wanadoo.fr

Article reçu : 09-10-2020
Accepté pour publication :
12-12-2020

INTRODUCTION

Les fonctions de nutrition changent complètement de nature avec l'âge. Il existe, en effet, une évolution chronologique des praxies de la nutrition, de leur régulation neurologique et donc de leur impact sur la morphogénèse. Mais elles ont un point commun, elles sont régulées par la **sensibilité proprioceptive** : la coordination fonction motrice/fonction sensitive, d'un haut niveau de sophistication, peut permettre de comprendre leur influence respective sur la morphologie des arcades.

Régulation neuromusculaire

D'abord la tétée

Quand le nourrisson perçoit sur ses lèvres le contact du mamelon maternel, (sensibilité extéroceptive), il le happe et enclenche la praxie de succion-déglutition avec ses mouvements itératifs coordonnés des lèvres, de la langue et de la mandibule (mouvements de propulsion-rétropulsion symétriques par rapport au plan sagittal), Raymond J.-L.^[49].

Tous ces mouvements sont perçus, coordonnés, régulés par la sensibilité proprioceptive grâce à ses récepteurs situés dans les muscles, les aponévroses, les tendons, et même, avant l'apparition des dents, dans les organes de Paccini-Vater, « *organes sensoriels sensibles à la tension et à la pression, situés au niveau de la zone muqueuse gingivale et dont la caractéristique essentielle est topographique : ils occupent les sites d'éruption des futures dents lactéales* » Couly G.^[8]

Tous ces récepteurs perçoivent les informations sensibles topographiques, les

transmettent au tronc cérébral et à différents niveaux du système nerveux central, d'où elles déclencheront, en retour, une réponse d'adaptation d'ordre comportemental et morphologique.

Ensuite le mâchonnement

La mastication n'apparaît pas du jour au lendemain : elle est précédée d'une *longue période d'apprentissage* qui débute, ainsi que l'ont remarqué, aussi bien Planas que Gaspard, vers le 5^e mois de la vie extra-utérine.

À cet âge, la mandibule commence à se mouvoir « diagonalement avec un léger effet de torque. Les muscles antimères ne se contractent plus alors identiquement. Du coup, l'un des condyles mandibulaires est amplement sollicité vers l'avant, l'intérieur et le bas tandis que l'autre pivote sur lui-même tout en glissant légèrement vers l'arrière, le haut et l'extérieur » Gaspard M.^[22]

Toute cette cinématique préfigure, avec une amplitude moindre, celle de la mastication unilatérale alternée. Gaspard la désigne sous le nom de « mâchonnement unilatéral alterné ».

Chacun d'entre nous, qui a eu l'occasion d'observer des bébés, a pu constater avec quel plaisir évident ils pouvaient s'adonner à cette gymnastique, sur un croûton de pain par exemple.

Ces frottements entre les crêtes gingivales en latéralité donnent tout leur sens aux organes de Pacini-Vater porteurs des champs proprioceptifs sur le site d'éruption des futures dents temporaires.

“
Chacun d'entre nous, qui a eu l'occasion d'observer des bébés, a pu constater avec quel plaisir évident ils pouvaient s'adonner à cette gymnastique, sur un croûton de pain par exemple.

Enfin la mastication

Les aliments, d'abord liquides, le lait, vont passer à l'état solide et surtout présenter des caractéristiques physiques et rhéologiques extrêmement différentes.

Comparons simplement un fruit mûr à de la viande, qui plus est sèche et même boucanée comme la consommation certaines sociétés tels les indiens Yanomamis bien étudiés par Th. Van Der Laan^[59], pour le comprendre.

« La mastication est la composante majeure de la manducation » (Gaspard^[24]) car elle engendre les plus grandes contraintes, c'est-à-dire les contraintes susceptibles d'influer sur la morphogénèse crânio-faciale de l'enfant puis sur la morphologie de l'adulte.

Or, si l'on sait, comme l'ont montré A. Woda et M.-A. Peyron^[43], que chaque bol alimentaire ne peut être dégluti que s'il est « plastique, glissant et cohésif » et s'il présente un indice granulométrique déterminé et propre à éviter les fausses routes, responsables de pneumonies chroniques, on appréhende d'emblée la complexification du problème.

La diversité du régime et de sa consistance est telle qu'elle impose à cette fin un outil hautement spécialisé, tant au niveau des fonctions sensibles que mécaniques, c'est-à-dire capable à la fois de percevoir la texture initiale de l'aliment et sa recevabilité (que l'on pense au caillou dans les lentilles) puis de réduire celui-ci en fines particules de taille pratiquement identique et ce, quelle que soit sa dureté initiale.

Cet outil, hautement spécialisé, capable de réaliser ce programme, c'est le système

masticateur ; et le lieu précis où va s'effectuer cette comminution des aliments est la face occlusale des dents, et des molaires en particulier, grâce aux frottements des dents mandibulaires, actives, contre les faces occlusales des dents maxillaires, passives, et grâce à « un programme moteur régulé au niveau central » Peyron M.-A.^[43].

La fonction masticatrice dépend, bien sûr, des caractéristiques anatomo-physiologiques de l'individu, mais aussi de la nature et de la texture de l'aliment ce qui la rend plus difficile à appréhender. En effet, sous un aspect à première vue chaotique, la mastication est une activité intense mais aussi très précise dont la coordination des contractions musculaires nécessite une proprioception optimale. La sensibilité proprioceptive est une des composantes de la somesthésie. De façon inconsciente, elle permet au SNC de situer la position de la mandibule et de contrôler ses mouvements. Les nombreuses informations transmises par voie sensitive (afférences trigéminales) par les mécanorécepteurs desmodontaux et les fuseaux neuromusculaires des muscles masticateurs permettent un ajustement très précis des contractions musculaires qui régulent la mastication.

Ainsi, nous parlons de *proprioception optimale*^[51] lorsque les arcades s'articulent en produisant un grand nombre de contacts inter-arcades impliquant, de fait, de nombreux mécanorécepteurs parodontaux.

On peut supposer qu'au niveau central, il existe un jeu subtil de comparaison des perceptions sensibles émanant d'une part, des mécanorécepteurs parodontaux et, d'autre part, des fuseaux

“
La fonction masticatrice dépend, bien sûr, des caractéristiques anatomo-physiologiques de l'individu, mais aussi de la texture de l'aliment ce qui la rend plus difficile à appréhender.

“
Avec la survenue des aliments solides et de la nécessité de les broyer, apparaît l'obligation pour les faces occlusales des molaires mandibulaires d'affronter dans leur totalité les faces occlusales des dents maxillaires.

neuro-musculaires, plus particulièrement ceux des muscles antagonistes. Cette comparaison constante permettrait de décrire, avec précision, au SNC la position de la mandibule à tout instant et de la corrélérer à l'intensité des contraintes exercées, le tout conduisant à une réponse motrice appropriée. Fougeront^[21] écrit « *Pour que la posture mandibulaire se maintienne, des informations positionnelles absolues sont nécessaires et cela nécessite la calibration des informations afférentes provenant des FNM (fuseaux neuromusculaires), corrélée exactement à celles des contacts occlusaux. Ainsi, cette calibration pourrait être réalisée par une comparaison entre les informations directes et fiables issues des FNM et des MRP (mécanorécepteurs parodontaux) vers le cervelet* ».

Cette régulation « comparée » fait, probablement, de cette fonction ordinaire qu'est la mastication, l'une des fonctions les plus sophistiquées de l'organisme. Elle permet une maîtrise précise de la dynamique mandibulaire.

CARACTÉRISTIQUES DE LA MASTICATION

Genèse de la cinématique masticatrice

Comme nous l'avons vu plus haut, la fonction motrice princeps de la mastication du nouveau-né est la fonction de succion-tétée-déglutition. Automatisation réflexe d'origine bulbaire, son mécanisme a été très bien étudié par Deffez J.-P. et al.^[9], par Gaspard M.^[22,23] et Raymond J.-L.^[49].

Ce qu'il faut surtout retenir de ces travaux, c'est que tous *les mouvements exécutés par*

le nourrisson lors de la tétée sont strictement symétriques par rapport au plan sagittal.

« Les trajectoires accomplies par les héli-mandibules droite et gauche sont symétriques et isochrones, aucune diduction vers la droite ou vers la gauche, centrifuge ou centripète, ne s'ajoute aux autres déplacements » Gaspard M.^[22]

Avec la survenue des aliments solides et de la nécessité de les broyer, apparaît l'obligation pour les faces occlusales des molaires mandibulaires d'affronter dans leur totalité les faces occlusales des dents maxillaires. Cette nécessité va obliger la mandibule à se déplacer latéralement. La cinématique change : les contractions musculaires cessent d'être symétriques et le mouvement de diduction apparaît. La mastication est une fonction dissymétrique ; elle s'exerce *d'un seul côté* à la fois et alternativement, par bouffées de cycles, à droite et à gauche « *la mastication physiologique de l'adulte est unilatérale alternée* ».

Cette activité itérative délivre des contraintes qui influencent, dans les trois dimensions de l'espace, la morphologie des rapports des arcades en contact, et en particulier, de ce que, communément, nous appelons le plan d'occlusion. Dans des conditions normales, l'optimisation spontanée de la proprioception entraîne une activité masticatrice conduisant à des rapports d'arcades de type classe I molaire et canine et une orientation antéropostérieure et transversale du plan occlusal induisant une cinématique que nous qualifierons de *cinématique idéale*. (Raymond et Kolf^[50], Raymond^[51])

Concrètement, en clinique, l'exploration de la cinématique « idéale » met en évidence une composante propulsive physiologique



qui amène les incisives inférieures en relation de bord à bord avec l'incisive latérale supérieure lorsque les canines sont, elles, en relation cuspide/cuspide. (fig. 1)

Cette cinématique reflète une activité masticatrice répartissant les stimuli de développement sur le plus grand nombre de dents possible influençant la morphologie des arcades au-delà de la période de croissance. Ainsi, les effets de la mastication vont perdurer tout au long de la vie, tant et si bien que l'examen de la cinématique mandibulaire va devenir un marqueur incontournable du diagnostic fonctionnel : il nous dit si la fonction de mastication est suffisante ou insuffisante, normale ou non, en d'autres termes, dysfonctionnelle, et, dans ce dernier cas, de quel type de dysfonction il s'agit.

Forces masticatrices

Les forces délivrées par la mastication unilatérale alternée sont considérables. W.-A Linden^[37] rapporte que, dans des conditions habituelles, les forces déployées chez le sujet normal vont de 25 à 50 kgs et que des forces de 150 kgs ont été relevées chez les Esquimaux. Ces forces ne sont pas réparties de manière homogène tout le long des arcades dentaires.

Chacun d'entre nous a pu constater qu'il lui était impossible de croquer certains aliments « trop durs » entre les dents du secteur antérieur. Instinctivement, il essaie de les broyer latéralement dans le secteur prémolaire-molaire et là, l'écrasement devient possible.

Ce phénomène, que chacun connaît d'instinct, a été prouvé mathématiquement par Gaspard M.^[22, 24] à l'aide du calcul vectoriel. Il démontre – ses équations n'étant pas reproduites ici –, que, « en mastication unilatérale, une force F peut vaincre une résistance alimentaire X , mais, en mastication bilatérale, cette force F ne peut surmonter qu'une force dont l'intensité est deux fois moindre ».

Et l'auteur ajoute : « c'est pourquoi l'action sur la morphogenèse est plus importante en mastication unilatérale que bilatérale ». Du même coup, il justifie la *loi de la dimension verticale minimale* que Planas^[47] avait génialement déduite de ses observations cliniques et sur laquelle il a basé la séméiologie de cette fonction, c'est-à-dire la recherche des A.F.M.P.

Quant à l'étude de myologie fonctionnelle, Gaspard l'a remarquablement conduite à l'aide de la caméra à position, des examens tomo-échographiques et Doppler couleur ; elle montre que la mastication unilatérale recrute des faisceaux musculo-aponévrotiques bien spécifiques qui sont :

Figure 1 : mouvements de latéralité (a) à droite et (c) à gauche montrant la relation de bout à bout des incisives inférieures avec les incisives latérales supérieures, caractéristique d'une cinématique idéale lorsque les canines sont en relation de cuspide/cuspide. La vue en (b) montre la centrique en OIM.

- le faisceau zygomatico-mandibularis,
- la pars orbitalis du temporal,
- la pars posterior du masseter.

Ces muscles sont indissolublement solidaires dans l'effort et dans le repos, « les deux premiers venant ajouter leur puissant effet au moment même où la pression sur l'aliment atteint sa valeur maximale » et le troisième soutenant fermement l'A.T.M. pour éviter sa déhiscence.

Gaspard précise : « ces faisceaux sont recrutés par le système nerveux central pour les mouvements nécessitant une grande énergie de contraction en isométrie. Les forces déployées atteignent pratiquement la charge de rupture et les vaisseaux deviennent exsangues ».

Répercussions de la fonction de mastication sur la physiologie et la morphologie crânio-faciale

La croissance adaptative

Avant d'aborder l'étude de l'influence d'une quelconque fonction de l'extrémité céphalique sur la morphologie crânio-faciale, il convient au préalable de rappeler, même brièvement, le bienfondé de la notion de « *croissance adaptative* » sans laquelle cet article n'aurait aucun sens.

Après avoir prévalu au début du siècle dernier avec la théorie de Roux W.^[53], qui accordait à « l'excitation fonctionnelle » un rôle prédominant dans la croissance, sont apparus, en 1955, les travaux de Weinmann et Sicher^[60] publiés dans leur ouvrage « *Bone and Bones, fundamentals of bone biology* » qui fit grand bruit à l'époque.

Ces auteurs y battent en brèche la théorie fonctionnelle et font jouer un rôle majeur aux facteurs génétiques. Pour eux, les sutures crâniennes fonctionnent comme les cartilages de conjugaison des os longs, (tibiais, fémurs, etc.). C'est leur croissance propre qui entraîne l'allongement de ces os.

Pour nous résumer, on dira qu'à ce moment-là, on est passé du *tout fonctionnel au tout génétique*.

Pour la majorité des orthodontistes, il est alors impossible, quel que soit l'appareillage utilisé, d'influencer la croissance des maxillaires, sa quantité et sa direction étant réglées par l'hérédité et un équilibre musculaire immuable pour un patient donné.

Cependant, il convient de signaler, en 1953, c'est-à-dire au même moment, l'opinion de Scott J.-H.^[55,56] qui, s'il accorde aux cartilages une croissance qui leur est propre, c'est-à-dire primaire, a le grand mérite de reconnaître aux sutures un rôle adaptatif.

Dès 1951, Michel Chateau^[5] écrivait : « *Ce que les Incas font sur la voûte crânienne, il n'y a pas de raison pour que nous ne puissions le faire sur les maxillaires* ». Puis, en 1956, Chateau M.^[6] publie « *De la possibilité de modifier les bases osseuses* ».

Delaire J.^[10-15] entreprend en 1958 avec son équipe nantaise, une étude systématique des déformations, crâniennes d'abord, puis crânio-faciales, d'origine intentionnelle, malformatives ou secondaires à des facteurs infectieux ou traumatiques qui constituent, selon son expression, des expériences naturelles montrant la réalité clinique de cette croissance adaptative.

M. Moss^[40] publie son premier article sur la théorie des matrices fonctionnelles qui confirme le rôle des fonctions dans le modelage morphologique des os de la face.

Les travaux de Petrovic vont apporter des preuves scientifiques complémentaires. Il écrit : « *des moyens orthopédiques peuvent modifier à la fois la direction et la quantité de croissance du cartilage condylien. Le cartilage condylien a-t-il un potentiel de croissance indépendant ?* » Petrovic A.^[42]

Nous savons aussi, depuis les travaux de Picq P.-G. et Hylander^[45], que cette morphogenèse adaptative nécessite des contraintes qui doivent être suffisamment *répétées et intenses*.

Enfin, Rizet^[52], généticien, travaillant sur la génétique du maïs trouve qu' « *un être vivant hérite génétiquement non pas de caractères mais de potentialités* ».

Grâce à tous ces auteurs, nous savons donc que *le concept de croissance adaptative est fondé*.

De plus, la croissance adaptative a un vecteur : le *tissu chondroïde*, découvert tout d'abord par Goret-Nicaise M.^[25,26] puis étudié conjointement par Dhem A. et al.^[16], puis, enfin par B. Lengele^[35] qui a étudié, entre autres, « *sa signification fonctionnelle* ».

C'est son importante contribution à l'édification de la mandibule qui a permis à Goret-Nicaise et Dehm de l'individualiser.

Lengele B.^[35,36] a montré que l'ontogenèse des os de membrane débute toujours par le dépôt d'une ébauche chondroïde. Les bords des sutures crâniennes

du nouveau-né et les sutures faciales en sont abondamment pourvus. On en trouve aussi de volumineux nodules au niveau des processus alvéolaires des os maxillaires et prémaxillaires qui semblent suivre, de façon adaptative, l'expansion des germes dentaires.

La nature des stimuli nécessaires à sa détermination reste encore inconnue mais tout semble indiquer que des contraintes mécaniques en distraction, relayées par des fibres de collagène à ancrage intra-squelettique, y jouent un rôle déterminant.

Si donc, à la suite de ces longues et patientes controverses, on a démontré notre capacité à contrôler, au moins en partie, la croissance faciale, il reste un grand chantier devant nous : celui des **mécanismes de régulation** car, jusqu'à maintenant, on s'est contenté le plus souvent de définir les sites et les modalités anatomiques de croissance sans s'attaquer aux mécanismes physiologiques.

Influence de la mastication sur les sutures

Nous savons que les sutures crânio-faciales sont à la fois *des rupteurs de force et de « merveilleux joints de dilatation à rattrapage automatique par prolifération conjonctive adaptative et ossification marginale* ». (Delaire J.^[13])

Il va de soi que ce rôle fonctionnel de « *rupteur de force* » des sutures crâniennes est capital compte tenu de l'importance des contraintes délivrées par la mastication. Chacune de ces contraintes est perçue par les mécanorécepteurs dont les sutures crâniennes sont très

“

Nous savons que les sutures crânio-faciales sont à la fois des rupteurs de force et de « merveilleux joints de dilatation à rattrapage automatique par prolifération conjonctive adaptative et ossification marginale ».

“
Quant aux forces appliquées à la canine, elles sont distribuées en tension (distraction) à travers les fibres de la suture maxillo-palatine et non pas le long de la suture médiane inter-palatine ce qui semble montrer que les contraintes canines ont un impact sur la croissance sagittale du maxillaire.

abondamment pourvues (Linden R.W.A.^[37]) et provoque une mobilisation de la suture.

– **Chez l'adulte** cette mobilisation, en empêchant l'ankylose, inévitable dans les sutures devenues immobiles, entraîne la persistance de la suture. Cette corrélation entre permanence des sutures crâniennes et mastication a été signalée dès 1961 par le Professeur Firu^[20], de Bucarest, à partir de l'étude d'un grand nombre de crânes de l'Institut d'Anthropologie de cette ville. Il a constaté que « *l'indice de corrélation est bien meilleur entre l'oblitération des sutures et l'édentation qu'entre les sutures et l'âge* » ; et il ajoute : « *pour la croissance du crâne, une chose est très importante : c'est la fonction masticatoire* ».

– **Chez le nourrisson**, lors de la tétée au sein, la contrainte directe de pression de la langue via le mamelon sur le palais, de 0,5 kg/F entraîne un écartement direct des bords de la suture intermaxillaire, source de développement avec ossification adaptative secondaire.

Ultérieurement, les contraintes déclenchées par la fonction de mastication sur les sutures vont être transmises via les mécano-récepteurs de l'ATM, des muscles élévateurs et des parodontes. Ces derniers, comme l'ont montré Cash R.H. et Linden R.W.A.^[4] (1982) qui en ont compté 127 sur une canine inférieure gauche de chat, présentent tous une sensibilité directionnelle (Mei N. et al.^[39]). Ils sont stimulés lorsque la partie du ligament où ils sont situés est soumise à une tension et non à une compression. (Pfaffmann C.^[44] 1939 ; Ness A.-R.^[41] 1954 ; Kizior J. et al.^[33] 1962).

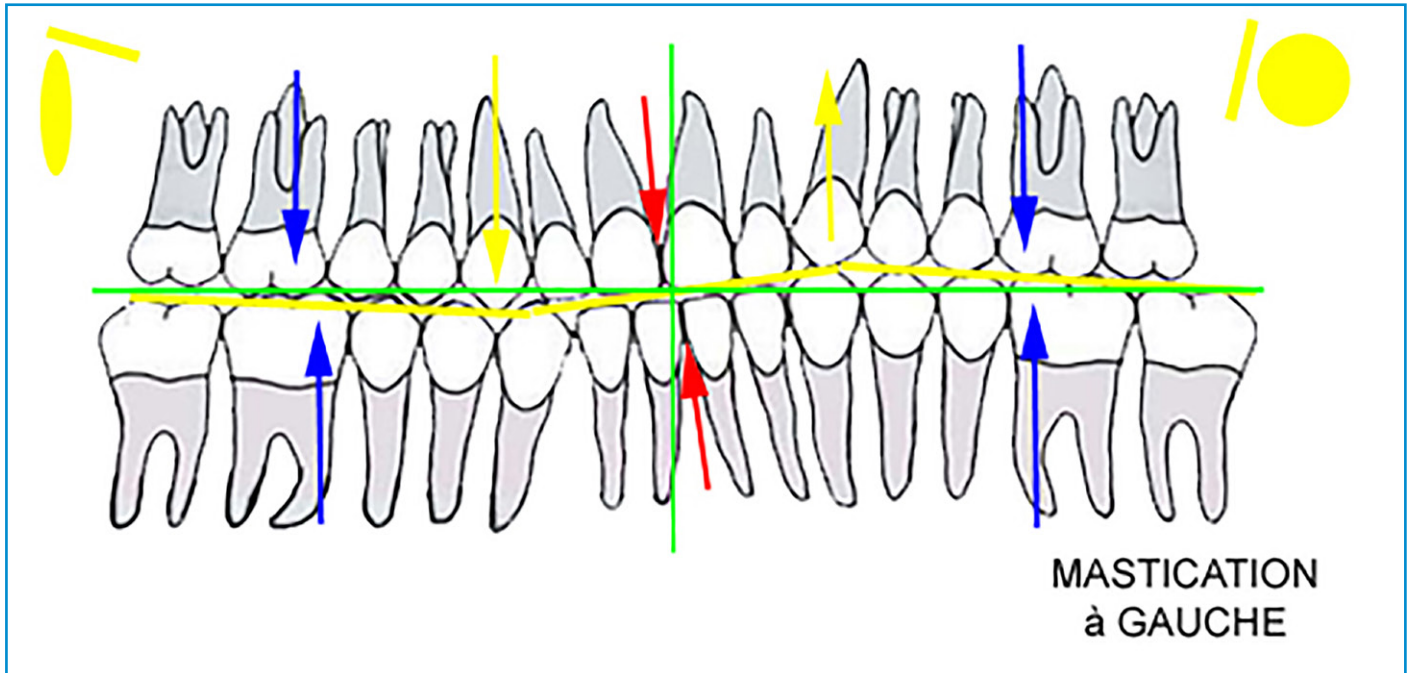
On remarquera, au passage, que l'apparition du tissu chondroïde est, comme les perceptions des mécanorécepteurs ligamentaires, soumis à des forces de même nature, c'est-à-dire en distraction, équivalentes à des forces de tension.

Buckland-Wright^[3] a étudié la transmission des forces occlusales lorsqu'une résistance est placée entre les canines puis entre les molaires. D'abord sur dix crânes secs de chat puis sur des chats vivants et anesthésiés et équipés de jauges capables d'enregistrer les contraintes.

Il a comparé l'organisation structurale des os crânio-faciaux aux schémas de répartition des forces pendant la mastication du chat et trouve que *l'organisation structurale coïncide en tous points avec la distribution des forces masticatrices*. Mais, de plus, il trouve que les forces appliquées aux molaires sont distribuées parallèlement aux procès alvéolaires puis, secondairement, en direction du milieu du palais osseux. Quant aux forces appliquées à la canine, elles sont distribuées en tension (distraction) à travers les fibres de la suture maxillo-palatine et non pas le long de la suture médiane inter-palatine ce qui semble montrer que les contraintes canines ont un impact sur la croissance sagittale du maxillaire.

Mastication et morphologie maxillo-mandibulaire

L'impact de la mastication sur la morphologie maxillo-mandibulaire a été décrit par Planas en 1960 dans ses « *Lois du Développement* », par Eschler J.^[19], dans son syndrome intitulé « *Côté mastiquant, Milieu mandibulaire* » et enfin en 1983 par Lagaida et White^[34] à partir d'une « *Étude*



statistique sur le retentissement de la mastication unilatérale dominante chez l'enfant ».

Les conclusions de ces auteurs, éloignés dans le temps et géographiquement et de langues différentes, sont tellement concordantes qu'elles valident cet impact.

- Planas^[46] (fig. 2).
- Les symptômes décrits par Eschler J.^[19] sont les suivants :
 - Déviation constante de la médiane inter-incisive du côté masticateur
 - Plan occlusal oblique et ascensionné du côté de la déviation mandibulaire
 - Asymétrie des ATM : condyle plus plat et pente plus douce du côté orbitant
 - Asymétrie des arcades.

Eschler de son côté avait, aussi et déjà, attiré l'attention sur la relation existante entre la fonction de mastication, la crois-

sance de la mandibule et le développement vertical du maxillaire.

- Enfin, Lagaida et White^[34] trouvent :
 - Une déviation de la médiane inter-incisive du côté masticateur
 - Un plan occlusal oblique, ascensionné du côté masticateur
 - Une différence morphologique des ATM : le condyle du côté orbitant est plus plat.

Ils constatent aussi que l'orbite du côté masticateur est plus élevée, ce qui signe le retentissement de la dysfonction masticatrice sur le développement vertical de l'os maxillaire.

Ces trois études mettent en évidence une élévation du plan occlusal du côté habituellement masticateur, à partir de laquelle Planas a établi la séméiologie de la fonction de mastication.

Figure 2 : interprétation schématique et synthétique^[50] des lois du développement de Planas^[46] :
 - Rapports molaires (flèches bleues) : le côté masticateur (gauche) est en classe II et le côté non-masticateur (droite) est en classe I molaire.
 - Rapports incisifs (flèches rouges) : le milieu inter-incisif inférieur est dévié du côté masticateur (gauche) et le milieu inter-incisif supérieur est dévié du côté non-masticateur (droite)
 Orientation du plan occlusal (flèches jaunes) : le plan d'occlusion remonte au niveau canin du côté masticateur et il descend au niveau canin du côté non-masticateur.

Mastication et croissance verticale des procès alvéolaires

Les forces que subissent les dents pendant l'acte masticateur s'exercent entre dents antagonistes ou par l'intermédiaire des aliments s'ils sont durs, et nécessitent l'emploi de tous les muscles du système. Cet acte excite les ATM (quand c'est leur tour) et les parodontes (grâce à leurs propriocepteurs).

« Il se produit de la sorte un léger enfoncement, une luxation imperceptible et une abrasion des faces occlusales des dents qui mastiquent, c'est-à-dire du côté travaillant. Ce microtraumatisme physiologique suscite une réponse physiologique génératrice d'une croissance également minime et qui se produit pendant les 23 heures où la denture est au repos. » P. Planas^[46] ajoute : « ce phénomène maintient en équilibre l'occlusion centrique et la dimension verticale » dès lors que la mastication est alternée.

En 1991, Proffit W.-R. et al.^[48] publient la conclusion d'un travail intitulé « *vidéomicroscope observations of human premolars eruption* ». Ces auteurs examinent avec une précision de l'ordre du micromètre (μm) l'éruption d'une prémolaire humaine depuis son émergence gingivale jusqu'à son arrivée sur le plan occlusal et ce au moyen d'un vidéomicroscope qui suit la position d'une règle optique de référence se trouvant sur les dents adjacentes en occlusion.

Ils ont observé que :

- Lorsque la prémolaire observée est bien en deçà de l'occlusion, la moyenne d'éruption journalière varie de 25 à 75 μm .
- L'éruption est accélérée la nuit ; elle se fait sur un rythme circadien, elle est interrompue par un repas et même elle

subit une légère ingression (comme constatée par P. Planas) et, fait remarquable, cette ingression existe même si la dent est en inoclusion.

Autre fait remarquable : l'éruption de la dent ralentit énormément quand elle arrive au niveau du plan d'occlusion avant même d'entrer en contact avec les dents antagonistes.

MASTICATION ET RECHERCHE FONDAMENTALE

Les travaux les plus fournis et les plus intéressants ont été effectués par deux équipes : l'une que l'on peut qualifier de gréco-scandinave avec Kiliaridis, Bresin, Markopoulos, Katsaros et Engstrom, l'autre japonaise avec Yamamoto, Ueda, Kawamura et Yamada. La première a surtout utilisé l'expérimentation animale et la seconde a également étendu ses recherches à l'homme.

Expérimentation animale

L'expérimentation animale fait appel essentiellement à de petits mammifères tel le rat, mais s'est révélée tout aussi valable chez les primates, comme l'ont montré Beecher et Corruccini^[7] chez le macaque.

L'avantage de ce modèle est qu'il permet d'observer l'effet d'une altération de la fonction masticatrice sur un appareil masticateur intact. Il suffit en effet de diviser les animaux en deux groupes, le premier étant nourri avec des aliments ne nécessitant aucune mastication (bouillies, farines), le deuxième au contraire avec un régime nécessitant une mastication vigoureuse comme des granulés durs par exemple.

De plus, il est facile d'obtenir des animaux génétiquement semblables, ce qui élimine une source d'erreur très importante et, de plus leur croissance est rapide.

Les mesures sont effectuées quand les molaires sont en occlusion, à l'exception de la troisième molaire.

Nous ne donnerons pas le détail de toutes ces expérimentations qui ont été conduites, outre l'examen morphologique global, à l'aide de moyens techniques très élaborés : microscope réflexe, système automatique d'analyse d'images, micro-radiographie de coupes représentatives, histomorphométrie, scanner avec la technique DXA, etc.

D'emblée on remarque une convergence remarquable des résultats.

Au niveau du développement crânio-facial

Pour Katsaros C. et al.^[29] : la distance entre les crêtes temporales et la largeur du prémaxillaire sont plus petites chez le rat hypofonctionnel

Pour Yamamoto S.^[62], le palais osseux est plus étroit, le périmètre de la suture prémaxillaire plus court.

Au niveau des sutures

Katsaros C. et al.^[30] ont étudié les sutures inter-nasales, naso-prémaxillaire et inter-prémaxillaires

Ils trouvent que toutes les sutures sont significativement plus étroites.

De plus, l'étude de l'apposition osseuse au niveau de ces mêmes sutures par Katsaros C. et al.^[30,31] montre que, même si cette apposition est différente selon

les sutures, elle est toujours significativement moins importante dans le groupe hypofonctionnel, cette baisse d'apposition osseuse atteignant 25 % dans la suture naso-prémaxillaire.

Kiliaridis S. et al.^[32] ont réitéré ces expériences en introduisant, de plus, un régime carencé en calcium et en vitamine D.

Ils ont observé, dans les régimes carencés, une diminution importante de la masse osseuse et une altération de la qualité de l'os mais sans diminution de la largeur suturale. Alors que, fait remarquable, quand le régime carencé est associé à une nourriture molle, c'est-à-dire à une hypofonction :

- l'espace sutural inter-nasal est plus étroit.
- la largeur de la suture inter-prémaxillaire est également plus petite et, de plus, on note *une oblitération de la suture inter-nasale*.

Engstrom C. et al.^[18] Behrents R.-G.^[2] ont signalé une diminution de la largeur suturale chez les rats hypofonctionnels et Engstrom a signalé des synostoses au niveau de la suture nasale, témoignant, selon Behrents, d'une diminution des forces de tension à leur niveau.

En conclusion de ces études, on peut affirmer que la fonction de mastication est un facteur significativement important :

- du remodelage osseux
- de la croissance suturale, même lorsque le métabolisme osseux est perturbé.

Yamamoto S.^[62] a étudié l'impact de la consistance du régime sur l'apposition osseuse au niveau des sites de croissance du complexe maxillaire et en particulier de la région palatine.



Il a été observé, dans les régimes carencés, une diminution importante de la masse osseuse et une altération de la qualité de l'os mais sans diminution de la largeur suturale.

Il a observé une *croissance plus protrusive de la partie inférieure du maxillaire et du prémaxillaire, c'est-à-dire une rotation maxillaire antérieure, chez le rat hypofonctionnel.*

En étudiant les relations entre fonction masticatrice et structure interne de la mandibule, établies au moyen de toмоgraphies numérisées, Sato H. et al.^[54] fait une constatation à rapprocher de celle de Yamamoto : il trouve, chez l'homme cette fois, une diminution de l'angle goniale et une diminution de l'angle FMA, en d'autres termes, une diminution de la hauteur faciale antérieure.



Il existe une corrélation significative entre les durées d'activité des muscles masséter et digastrique et la morphologie faciale verticale, tant chez l'enfant que chez l'adulte.

Dans cette même étude, mais chez l'animal hypofonctionnel cette fois, les auteurs observent :

- une diminution de la densité osseuse qui débute quatre semaines après le début de l'expérience.

Pour l'os spongieux, la chute est de :

- 11,6 % du côté vestibulaire
- 16,7 % du côté lingual
- 12,3 % à la bifurcation des racines
- 38,1 % aux apex.

Pour l'os cortical :

- La densité chute de 3 à 12 % du côté lingual,
- Pas de modification du côté vestibulaire.

Ces résultats confirment l'hypothèse des auteurs pour qui une réponse d'adaptation tissulaire de la mandibule aux charges mécaniques résultant de la fonction de mastication survient non seulement au niveau du site d'insertion des muscles mais aussi au niveau de l'os alvéolaire dans les régions molaires.

Mavropoulos S. et al.^[38] font des constats identiques. L'hypofonction :

- diminue les dimensions du procès alvéolaire et son volume
- diminue l'indice densitométrique
- entraîne donc une *perte importante de quantité et de qualité de l'os du procès alvéolaire.*

Ces mêmes auteurs trouvent aussi que les rats hypofonctionnels présentent le taux de minéralisation le plus bas, quelle que soit la région mandibulaire étudiée. Les conclusions sont les mêmes chez Yamada K. et al.^[61].

Recherche en clinique humaine

Ueda H. et al.^[58], dans le but d'examiner la relation entre l'activité des muscles masticateurs et la morphologie crânio-faciale verticale chez l'enfant et l'adulte présentant des types faciaux différents, ont pratiqué des enregistrements électromyographiques de l'activité spontanée des muscles masticateurs 3 heures sur 24.

Après étalonnage préalable sur une échelle comprenant 4 niveaux ($1/8$, $1/6$, $1/4$ et $1/2$ du voltage maximum), ils trouvent que, chez les enfants et chez les adultes, la durée d'activité du masséter est significativement plus importante dans les groupes présentant un angle SN/PM plus petit.

Il existe une corrélation significative entre les durées d'activité des muscles masséter et digastrique et la morphologie faciale verticale, tant chez l'enfant que chez l'adulte.

Par contre, il n'existe aucune corrélation significative entre l'activité du muscle temporal et cette morphologie.

D'autres études (Takada K. et al.^[57], Ahlgren J.^[1], Ingervall B. et al.^[27, 28]) avaient

déjà montré une corrélation négative entre l'angle F.M.A. (ou l'angle goniale) et l'activité du muscle masséter étudiée au moment du serrage maximum des mâchoires.

L'épaisseur du masséter mesuré par échographie présente une corrélation négative avec la hauteur faciale.

La force d'ouverture maximale, mesurée avec un dynamomètre, présente une corrélation négative avec l'angle Francfort/mandibule (FMA).

CONCLUSION

Tous ces résultats montrent que la *fonction masticatrice est bien un acteur important du développement* de l'appareil manducateur, mais pas seulement.

Les travaux de Kiliaridis en décelant non seulement une diminution de largeur mais aussi une oblitération de la suture inter-nasale, déjà signalée par Engström^[17], montrent qu'elle est également un acteur important du développement de l'étage respiratoire et, comme le signalait

Planas P.^[46] : « *qu'il existe une interdépendance physiologique entre les deux appareils* » (R.N.O. p. 83).

Les conclusions de ces recherches montrent l'importance du rôle de la mastication sur le développement crânio-facial, avec ses retombées sur l'encombrement dentaire, la qualité du parodonte, la ventilation et l'équilibre vertical de la face.

Ces connaissances permettent une application pratique en clinique : l'œil exercé du clinicien peut lire l'influence de la mastication sur les arcades dentaires lors de l'exploration des mouvements de diduction de ses patients : les mouvements de latéralité révèlent les distorsions anatomiques causées par la mastication pathologique autrement dit, le déséquilibre fonctionnel peut être diagnostiqué.

Dès lors, le traitement, orthopédique ou orthodontique, peut devenir systémique c'est-à-dire que les corrections morphologiques viseront à réhabiliter la fonction masticatrice qui contribuera à leur pérennité.

CONFLIT D'INTÉRÊT :

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

BIBLIOGRAPHIE

1. Ahlgren J., *Mechanism of mastication. Acta Odontol Scand* 1966;24:Suppl:1-105
2. Behrents R.-G., Carlson D.-S., Abdelnour T., *In vivo analysis of bone strain about the sagittal suture in macacca mulata during masticatory movements. J. DENT.RES* 1978 – 57; 904-908
3. Buckland-Wright J.-C. : *Bone structure and the pattern of force transmission in the cat skull (felis catus) J.of morphology* 1978 – 155; 35-62
4. Cash R.-M., Linden R.W.A : *The distribution of mechanoreceptor in the periodontal ligament of the mandibular canine tooth of the cat. J.Physiol* 330, 439-447, 1982
5. Chateau M., *Etude critique des travaux scientifiques sur la croissance faciale.Orthod .Fr* 1951 : 22 : 309-314
6. Chateau M., *De la possibilité de modifier les bases osseuses. Orthod.Fr,* 1956 : 27 ; 257-265
7. Corrucini R.-S., Beecher R.-M. : *Occlusal variation related to soft diet in no human primate. Science* 218 (4567) 1982; 74-76
8. Couly G. : *la croissance anté-occlusale des condyles mandibulaires humains. Le treillis sensoriel palatin. Applications : Rev.stomatol* 82, N° 2 : 87-92. 1981

9. Deffez J.-P., Fellus P., Gerard C. : Rééducation de la déglutition salivaire. Paris Edit CDP 1995
10. Delaire J., Bruneau Y., Gaillard A., Billet J., Landais H., Renaud Y., Le squelette crânio-facial dans les hydrocéphalies. Quelques déductions intéressant l'orthodontiste. Rev. stomatol. 1963 ; 64, 62-68
11. Delaire J., Gaillard A., Billet J., Landais H., Renaud Y. : Considérations sur les synostoses prématurées et leurs conséquences au crâne et à la face. Rev.Stomatol. 1963, 64 : 97-106.
12. Delaire J. : Considérations sur l'accroissement du prémaxillaire chez l'homme.Rev.Stomatol 1974 ; 75 ; 951-970
13. Delaire J. : Considérations sur la croissance faciale (en particulier du maxillaire supérieur). Déductions thérapeutiques. Rev Stomatol 1971 ; 72 n° 1 : 57-76
14. Delaire J., Billet J. : Considérations sur les déformations crâniennes intentionnelles. Rev.Stomatol 1964 ; 65 : 535-541.
15. Delaire J., Billet J. : Considérations sur la croissance zygomato-malaire et ses anomalies morphologiques.Rev.Stomatol. 1965 ; 66 ; 205-216
16. Dhem A., Goret-Nicaise M., Lengele B. : Contribution to the study of skeletal growth in : Dixon. A, Sarnat. B, Hoyte. D.A.N : Fundamentals of bone growth: Methodology and application , CRS Press, Boca Raton ANN Arbor, Boston, London pp3-19- 1991
17. Engström C. et Al. : The relationship between masticatory muscle function and craniofacial morphology. A histological study in the growing rat fed a soft diet. Eur.J. Orthod 1986; 8: 271-279
18. Engström C., Thilander B. : Premature facial synostosis. The influence of biomechanical factors in normal and hypocalcemic rats. Eur.J. Orthod 1985; 7; 273-83
19. Eschler J. : Electrophysiologische und pathologische untersuchungen des kausystems. Die funktionelle seitenwertigkeit der einzelnenkaumuskeln und ihr einfluss auf die bewegungsbahn des unterkiefers. Deutsch Zahnärztl. Zeitschrift 1959;14;39-49.
20. Firu in Delaire J. : La croissance des os de la voute du crâne. Principes généraux. Introduction à l'étude de la croissance des maxillaires. Rev.Stomatol. 1961 ; 62. 518-526
21. Fougeront N. : neurophysiologie de l'occlusion : des sciences fondamentales à la pratique clinique.EDP Scienses/AOS-2018/<https://doi.org/10.1051/aos/2018043>
22. Gaspard M. : Acquisition et exercice de la fonction masticatrice chez l'enfant et l'adolescent. Revue Orthop Dento-faciale 35 :349-403. 2001
23. Gaspard M. : Influence de la mastication sur la croissance . Communication au Forum de l'Association Pedro PLANAS aux Journées de l'Orthodontie -Paris 1995
24. Gaspard M. : Exploration structurale et fonctionnelle du complexe temporo-massetérin par la tomo-échographie. CAH.Proth. 1993 ; 81 : 36-73
25. Goret-Nicaise M. : Identifications of collagen type I and II in chondroïd tissue. Calcif Tissue in,36: 682-689 (1994)
26. Goret-Nicaise M., Dhem A. : Presence of chondroïd tissue in the symphyseal region of the growing human mandible. Acta.anat, 113: 189-195. 1982
27. Ingervall B., Elkimo E. : Masticatory muscle force and facial morphology in man. Archives of oral biology 1978 Vol 23 n° 3 HS 203-206
28. Ingervall B., Minder C. : Correlation between maximum bite force and facial morphology. Angle Orthodontist 1997, 67- 6; 415-424
29. Katsaros C., collectivité d'auteurs, Masticatory muscle function transverse dento-facial growth. Sup Swedish Dental Journal - supplement 2001; n° 151 HS: p 1-47
30. Katsaros C., Berg R., Kiliaridis S. , Influence of masticatory muscle function on transverse skull dimensions in the growing rat - J Orofac Orthop 2002 Jan 63 (1):5-3
31. Katsaros.c, Zissis. A, Bressin. A, Kiliaridis S. : .Functional influence on sutural bone apposition in the growing rat. Am. J. of Orthodontics & Dentofacial Othopedics Mars 2006. 352-357.
32. Kiliaridis S., Engström C., Lindskog, Stokland B., Katsaros C. : craniofacial bone remodeling in growing rats fed a low calcium and vitamin D deficient diet and the influence of mastication function. Acta Odontologica Scandinavia 1996. Vol 54 N° 5 HS 320-326
33. Kizior J. and al. : Functional and histological assessment of sensory innervation of the periodontal ligament of the cat. Arch. Oral.Biol 1971; 16; 1463-1479.

34. Lagaida M., White G.-E. : Unilateral mastication and facial formation. *J. of Pedodontics* 1983; 7: 127-134
35. Lengele B. : Cartilages primaire, secondaire et tissu chondroïde : Origine, déterminants et rôle fonctionnel des tissus de la lignée chondrocytaire dans la morphogenèse crânio-faciale. Conférence donnée devant le Club International de Morphologie Faciale. Versailles 11 / 11/ 2005.
36. Lengele B., Schowing J., Dhem A. : Evidence that the primitive desmocranienne is of chondroïd nature. *Acta.Anat* 135: 102- 1989
37. Linden R.W.A. Periodontal mecanoreceptors and their function in *Neurophysiology of the jaws and teeth* . Ed.by A. TAYLOR – Sherrington school of physiology M.Mac MILAN Press 1990: 53-95
38. Mavropoulos S., Kiliaridis S., Bresin A., Ammaw P. : Effect of different masticatory fonctionnal and mechanical demands on the structural adaptation of the mandibular alveolar bone in young growing rats: in *Bone* 2004, vol 35, sup; 191-197
39. Mei N., Hartmann F., Aubert M. : Caractéristiques fonctionnelles des mécanorécepteurs des ligaments dentaires. *J. Biol. Buccale*, 3, 29-39. 1975
40. Moss M.-L. The functional matrix. In Kraus, B S and Riedel, RA. *Vistas in Orthodontics*; Philadelphia, Lea et Febiger, 1962
41. Ness A.-R. : The mecanoreceptors of the rabbit mandibular incisor. *J. Physiol.* 1954, 126; 475-493
42. Petrovic. A., Stutzmann. J. : Analyse biologique de la croissance post-natale du squelette facial . In CHATEAU Orthopédie Dentofaciale tome 1 Bases scientifiques Ed. CDP 1993, 43-83
43. Peyron M.-A., Woda. A. : Adaptation de la mastication aux propriétés mécaniques des aliments . *Rev. Orthop Dento-faciale* 35 : 405-420, 2001
44. Pfaffmann. C. : afferent impulses from the teeth bue to pressure and noxious stimulation.*J. Physiol.* 1939, 97: 217-219
45. Pico P.-G. : L'articulation temporo-mandibulaire des hominidés. *Biomécanique, allométrie, anatomie comparée et évolution.* Ed.CNRS : Paris 1990
46. Planas P. : Réhabilitation Neuro-Occlusale (RNO) Ed. SALVAT Barcelona (España) 1987
47. Planas P. : La loi de la dimension verticale minimale. *Orthod . Fr* 1968 ; 39 : 53-73
48. Proffit W.R, Prewitt. J.-R., Baik.H.-S., Lee.C.-F. : video-microscope observations of human premolar eruption. *J.Dent.res* 70 (1) 15-18 January 1991
49. Raymond. J.-L. : Approche fonctionnelle de l'allaitement et malocclusion : *Revue Orthop Dento-faciale* 34 : 379-402. 2000.
50. Raymond J.-L. et Kolf J. Complexité du système masticateur ; Manifeste pour un nouveau paradigme de l'occlusion dentaire. *Empresa* 2014
51. Raymond J.-L. : Orthodontie systémique - Diagnostic et traitement - *Empresa* -2021 à paraître
52. Rizet : Cours de génétique ; CES de Botanique et de biologie générale. Paris (Sorbone) / ASS.Corp.Etude. Scie.Univ. 1956
53. Roux W. : *Traité historique sur le mécanisme du développement.* 1885.
54. Sato H., Kawamura A., Yamaguchi M. : Relationship between masticatoty function and internal structure of the mandible based on computed tomography findings Copyright 2005, AM.ASS of Orthod p 766-773
55. Scott. J. H: *Etudes approfondies sur la croissance de la face humaine. Proc of the royal soc. of med*, 52, 1959
56. Scott. J.-H : *The doctrine of functionals matrices. Am. J. Orthodontics* 56 :39-44, 1969
57. Takada K et al. : Canonical correlations between masticatory muscle orientation and dentoskeletal morphology in children. *AM J Orthod* 1984; 86:331-41
58. Ueda H, Miyamoto K. and al. : Masticatory muscles activity in children and adults with different facial type. Article original copyright AM. ASS. of Orthod 2000.
59. Van der Laan Th: A Função oclusal do Homen - A evidencia lanomami DVD 1992
60. Weinmann J.-P., SICHER. H : *Bone and Bones, fundamentals of bone biology.* Ed. MOSBY Ed St Louis 1955.
61. Yamada K., Kimmel D.B. : The effect of dietary consistency on bone mass and turnover in the growing rat mandible : *Archives of oral biology* 1991: 36-2- HS, P 129-138
62. Yamamoto. S: *Effects food consistency maxillary growth in rats: Eur. J. of Orthod* 1996-18; 601-615