HAL open science

Contribution à l'étude de la composante trigéminale dans la posture cervico-faciale

Claire Gresser

To cite this version:

Claire Gresser. Contribution à l'étude de la composante trigéminale dans la posture cervico-faciale. Sciences du Vivant [q-bio]. 2005. hal-01734113

HAL Id: hal-01734113

https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01734113v1

Submitted on 14 Mar 2018

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

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

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

DOUBLE

ACADEMIE DE NANCY-METZ

UNIVERSITE HENRI-POINCARE – NANCY I
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2005

N° 5007

BIBLIOTHÈQUE PHARMACIE ODONTOLOGIE NANCY

THESE

pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR
EN CHIRURGIE DENTAIRE

par

Claire GRESSER
Née le 22 août 1980 à Colmar (68)

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA COMPOSANTE TRIGEMINALE DANS LA POSTURE CERVICO-FACIALE

JB 31887

Présentée et soutenue publiquement le 01 JUIL. 2005

Examinateurs de la thèse :

M. LOUIS J.P.	Professeur des Universités	Président
Mlle STRAZIELLE C.	Professeur des Universités	Juge
M. SCHOUVER J.	Maître de Conférences	Juge
M. GANGLOFF P.	Praticien Hospitalier	Juge

BU PHARMA-ODONTOL
104 069860 3

PTO 09/489970

ACADEMIE DE NANCY-METZ

UNIVERSITE HENRI-POINCARE – NANCY I
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2005 N°

THESE

pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR
EN CHIRURGIE DENTAIRE

BIBLIOTHÈQUE
PHARMACIE
ODONTOLOGIE
NANCY

par

Claire GRESSER
Née le 22 août 1980 à Colmar (68)

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA COMPOSANTE TRIGEMINALE DANS LA POSTURE CERVICO-FACIALE

DB 3187

Présentée et soutenue publiquement le

Examinateurs de la thèse :

M. LOUIS J.P.	Professeur des Universités	Président
Mlle STRAZIELLE C.	Professeur des Universités	Juge
M. SCHOUVER J.	Maître de Conférences	Juge
M. GANGLOFF P.	Praticien Hospitalier	Juge

UNIVERSITE Henri Poincaré NANCY 1
Président : Professeur J.P. FINANCE

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE
Doyen : Docteur Pierre BRAVETTI

Assesseur(s) : Dr. P. AMBROSINI - Dr. J.M. MARTRETTE
Membres Honoraires : Pr. F. ABT - Dr. L. BABEL - Pr. S. DURIVAUX - Pr. G. JACQUART -Pr. D. ROZENCWEIG - Pr. M. VIVIER
Doyen Honoraire : Pr. J. VADOT

Sous-section 56-01 Pédodontie	Mme M. Mlle Mlle Mme	***D. DESPREZ-DROZ*** J. PREVOST N. MARCHETTI A. MEDERLE V. MINAUD-HELFER		Maître de Conférences Maître de Conférences Assistant Assistant Assistant
Sous-section 56-02 Orthopédie Dento-Faciale	Mme M. Mme	***M.P. FILLEUL*** O. GEORGE M. MAROT-NADEAU		Professeur des Universités* MCUPH en disponiiblité Assistant Assistant
Sous-section 56-03 Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie légale	M. Mlle M.	***M. WEISSENBACH*** C. CLEMENT O. ARTIS		Maître de Conférences* Assistant Assistant
Sous-section 57-01 Parodontologie	M. M. M. Mlle M.	***N. MILLER*** P. AMBROSINI J. PENAUD S. DAOUT D. PONGAS		Maître de Conférences Maître de Conférences Maître de Conférences Assistant Assistant
Sous-section 57-02 Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique Anesthésiologie et Réanimation	M. M. M. M. M. Mlle	***P. BRAVETTI*** J.P. ARTIS D. VIENNET C. WANG G. PERROT A. POLO		Maître de Conférences Professeur 2ème grade Maître de Conférences Maître de Conférences* Assistant Assistant
Sous-section 57-03 Sciences Biologiques (Biochimie,Immunologie, Histologie, Embryologie, Génétique, Anatomie pathologique, Bactériologie, Pharmacologie)	M. M. Mme	***A. WESTPHAL*** J.M. MARTRETTE V. STUTZMANN-MOBY		Maître de Conférences * Maître de Conférences Assistant
Sous-section 58-01 Odontologie Conservatrice, Endodontie	M. M. M. M. M. M M.	***C. AMORY*** A. FONTAINE M. PANIGHI J.J. BONNIN O. CLAUDON M. ENGELS DEUTSCH Y. SIMON		Maître de Conférences Professeur 1er grade * Professeur des Universités * Maître de Conférences Assistant Assistant Assistant
Sous-section 58-02 Prothèses (Prothèse conjointe, Prothèse adjointe partielle, Prothèse complète, Prothèse maxillo-faciale)	M. M. M. M. M. M. M. M. M.	***J.SCHOUVER*** J.P. LOUIS C. ARCHIEN C. LAUNOIS B. BAYER M. HELFER K. JHUGROO O. SEURET B. WEILER		Maître de Conférences Professeur des Universités* Maître de Conférences * Maître de Conférences Assistant Assistant Assistant Assistant Assistant
Sous-section 58-03 Sciences Anatomiques et Physiologiques Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysique, Radiologie	Mlle M. M.	***C. STRAZIELLE*** B. JACQUOT C. AREND		Professeur des Universités* Maître de Conférences Assistant

* temps plein - *italique* : *responsable de la sous-section*

Nancy, le 03.01.2005

Par délibération en date du 11 décembre 1972,
la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que
les opinions émises dans les dissertations
qui lui seront présentées
doivent être considérées comme propres à
leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner
aucune approbation ni improbation.

A notre Président de thèse

LOUIS Jean-Paul

Officier des Palmes Académiques
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur en Sciences Odontologiques
Docteur d'Etat en Odontologie
Professeur des Universités
Sous-section : Prothèses

Vous nous faites le grand honneur d'accepter la Présidence de ce jury de thèse.

Vos qualités humaines font de vous, incontestablement, un modèle pour beaucoup d'entre nous. Nous ne pouvons qu'apprécier la pédagogie à travers laquelle vous nous transmettez votre passion pour l'art dentaire. Nous sommes heureux de votre présence lors de ce moment si solennel.

Sachez trouver ici le témoignage de notre profonde admiration et de notre grand respect.

A notre Juge

GANGLOFF Pierre

Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy 1
Ancien Interne en Odontologie
Ancien Assistant Hospitalier Universitaire
Praticien Hospitalier

Nous vous remercions d'avoir accepté avec beaucoup de simplicité et de gentillesse de juger ce travail.

Le stage de Metz nous a permis d'apprécier votre professionnalisme vis-à-vis des patients et votre sympathie à notre égard. Nous espérons être à la hauteur quant à l'interprétation des études auquelles vous avez pris part.

Soyez assuré de notre reconnaissance et de nos sentiments respectueux.

A notre Juge et Directeur de Thèse

STRAZIELLE Catherine

Docteur en Chirurgie Dentaire
Professeur des Universités
Habilité à diriger des Recherches par l'Université Henri Poincaré, Nancy-I
Responsable de la sous-section : Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysique, Radiologie

Vous nous avez fait l'honneur de diriger ce travail.

Nous vous sommes particulièrement reconnaissants d'y avoir porter tant d'attention malgré votre emploi du temps surchargé. La complexité de la physiologie oro-faciale n'a de sens que si des personnes comme vous la rende passionante à travers des explications qui éclaircissent une discipline nécessitant parfois beaucoup d'imagination et d'intellect.

Sachez trouver dans ce travail, l'expression de notre profonde gratitude.

A notre Juge

SCHOUVER Jacques

Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur en Sciences Odontologiques
Maître de Conférences des Universités
Sous-section : Prothèses

Vous nous faites l'honneur de juger ce travail.

Votre bonne humeur et votre gentillesse nous ont permis de travailler dans une ambiance sereine, propice à la motivation certaine de vouloir bien faire. Votre détermination à vouloir faire de nous de bons chirurgiens-dentistes ne fait que confirmer ce que nous savions déjà : votre savoir clinique est indispensable aux étudiants.

Acceptez de trouver dans ce travail le témoignage de notre reconnaissance.

A ma famille. Merci pour votre soutien et vos encouragements. J'espère, aujourd'hui, mériter la fierté que vous me témoignez. Vous avez toujours été à mes côtés. Je suis consciente de la chance que j'ai, de vous avoir.

A Edouard, qui a toujours cru en moi. On m'a dit un jour, qu'il y avait des des vies qui s'écoulaient entre un sourire et un mot d'amour. Rien n'est plus évident que nous deux et je crois que l'on fait partie de ces gens heureux.

A tous ceux qui me sont chers et que je n'oublie pas.

A mes amis. Une vie ne peut se concevoir sans ces liens si forts et si uniques. Si pour une fois, j'arrivais à choisir les mots appropriés, je vous dirais simplement merci. Merci pour ces moments de rires, de discussions, bref pour ces moments de vie. Merci de m'avoir aider à me construire, merci d'être vous, d'être là.

« Une suite de petites volontés fait un gros résultat »

Baudelaire (1821-1862)

Pour la conception de ce travail :

Merci à Paul pour son entêtement,
Merci à Chichi pour sa patience,
Merci à la vieille Fourne et à Christophe pour leur disponibilité,
Merci à Céline de m'avoir prêter son visage et son sourire,
Merci à Aurélie pour ses conseils pour la petite touche finale,
Merci à Jeannot et à Nathalie pour leur coup de pouce.

Merci à mon père et à son engouement pour un sujet qui le passionne. Ton investissement représente beaucoup pour moi.

Merci au docteur Giuseppe Bortolin et à Edda Cozzi.

Pour mes premiers pas professionnels :

Merci au docteur Volbart pour ses conseils avisés lors de mon remplacement, au docteur Dudala pour la confiance qu'elle m'a accordée et à Brigitte pour sa bonne humeur.

Contribution à l'étude de la composante trigéminale dans la posture cervico-faciale

BIBLIOTHÈQUE PHARMACIE ODONTOLOGIE NANCY

INTRODUCTION 6

Partie 1 .....
LA SENSIBILITE PROPRIOCEPTIVE DU MASSIF CRANIO-CERVICO-FACIAL 9

1. Définition de la proprioception 10

2. Les structures anatomiques de la proprioception cervico-faciale 13

2.1. La proprioception vestibulaire 13
2.1.1. Données anatomiques 13
2.1.2. Données physiologiques 13
2.1.2.1. Canaux semi-circulaires 14
2.1.2.2. Les organes à otolithes 18
2.1.3. Données cliniques 21
2.1.3.1. Troubles de l'équilibration 21
2.1.3.2. Le nystagmus 22
2.1.4. L'exploration vestibulaire instrumentale 22
2.1.4.1. L'épreuve rotatoire 22
2.1.4.2. La méthode calorique 23

2.2. La proprioception cervicale 24
2.2.1. Les récepteurs musculo-tendineux 24
2.2.1.1. Description 24
2.2.1.2. Fonctionnement 28
2.2.2. La région cervicale 28
2.2.2.1. Classification fonctionnelle des muscles cervicaux 29
2.2.2.1.1. *Données histophysiologiques* 29
2.2.2.1.2. *Les groupes musculaires* 30
2.2.2.2. Les muscles propres de la nuque 30
2.2.2.2.1. *Rappels anatomiques* 31
2.2.2.2.2. *Physiologie des muscles propres de la nuque* 32
2.2.2.2.3. *La protection de l'artère vertébrale* 32
2.2.2.3. Les muscles de la céphalogyrie 37
2.2.3. Conclusion 38

2.3. L'appareil manducateur 39
2.3.1. Rappel sur l'anatomie et le rôle des muscles masticateurs et des A.T.M. 39
2.3.1.1. Les muscles masticateurs 39
2.3.1.1.1. *Mouvement d'élévation de la mandibule* 40
2.3.1.1.2. *Mouvement d'abaissement de la mandibule* 40
2.3.1.2. L'articulation temporo-mandibulaire 43
2.3.1.2.1. *Rappel anatomique* 43
2.3.1.2.2. *Le rôle des A.T.M.* 43
2.3.2. Physiologie neuro-musculaire 43
2.3.2.1. Les propriocepteurs de l'appareil manducateur 43
2.3.2.1.1. *Les fuseaux neuro-musculaires et organes tendineux de GOLGI* 44

2.3.2.1.2. *Les récepteurs parodontaux* 47
2.3.2.1.3. *Les récepteurs de l'A.T.M.* 51
2.3.2.2. Implications des propriocepteurs de l'appareil manducateur 54
2.3.2.2.1. *La cinétique mandibulaire* 54
2.3.2.2.2. *La position de repos de la mandibule* 54

2.4. Le système oculaire 57
2.4.1. Définition de l'oculomotricité 59
2.4.2. Asservissement proprioceptif 59
2.4.2.1. Description des muscles oculaires extrinsèques 59
2.4.2.1.1. *Les muscles droits* 60
2.4.2.1.2. *Les muscles obliques* 60
2.4.2.2. Les récepteurs proprioceptifs 62

2.5. La langue 63
2.5.1. L'épithélium lingual 63
2.5.2. Sensori-motricité linguale 63
2.5.2.1. Afférences linguales 63
2.5.2.1.1. *Sensibilité gustative* 63
2.5.2.1.2. *Sensibilité somatique* 64
2.5.2.2. Efférences linguales 64
2.5.3. La proprioception de la langue 65

2.6. Tableau récapitulatif 67

3. Organisation des centres segmentaires de la proprioception 70

3.1. Généralités 70

3.2. Les noyaux vestibulaires 72

3.3. La colonne sensitive du trijumeau 75

3.4. La proprioception cervicale 78

3.5. La proprioception des muscles oculaires extrinsèques 79

Partie 2 .....
NEUROPHYSIOLOGIE DE LA POSTURE CRANIO-CERVICO-FACIALE 80

1. Le niveau segmentaire, motricité réflexe 81

1.1. Généralités 81
1.1.1. Définitions 81
1.1.2. Réflexe myotatique simple 81
1.1.2.1. Mécanisme 82

1.1.2.2. Principe de l'innervation réciproque de SHERRINGTON 83
1.1.3. Le réflexe myotatique trigéminal inverse 84
1.1.3.1. Mise en évidence 84
1.1.3.2. Mécanisme 85
1.1.4. Réflexes de flexion 86
1.1.5. Tonus postural mandibulaire segmentaire 87

1.2. Définition de la boucle gamma 89

1.3. Réflexes posturaux associés 92
1.3.1. Réflexes posturaux associés en statique 92
1.3.1.1. Connections nucléaires vestibulaires et trigéminales 92
1.3.1.2. Modification du contrôle postural humain par anesthésie trigéminale unilatérale 95
1.3.2. Implications de la composante trigéminale dans l'oculo-céphalogyrie 99
1.3.2.1. Relation vestibulo-trigéminale 99
1.3.2.2. Relations trigémino-cervicales 100
1.3.2.3. Relations trigémino-vestibulaire et trigémino-cérébelleuse 107

1.4. Conclusion 112

2. Les influences supra-segmentaires 116

2.1. Généralités 116

2.2. Le cortex 117

2.3. Le cervelet 118
2.3.1. Généralités 118
2.3.2. Ses rôles et son fonctionnement 118
2.3.3. Sa structure 119
2.3.4. Ses afférences 121
2.3.5. Ses efférences 121
2.3.6. Conclusion 126

2.4. Les ganglions de la base 126

3. Voies motrices descendantes 127

3.1. Le système moteur latéral 127

3.2. Le système ventromédian 128

3.3. Conclusion 128

Partie 3 .....
PHYSIOPATHOLOGIE DE LA POSTURE CERVICO-FACIALE : CONSEQUENCES CLINIQUES 130

1. Répercussions de la posture cervico-faciale dans la croissance de l'enfant : intérêts en orthopédie-dento-faciale 130

1.1. Les implications du comportement neuro-musculaire 131
1.1.1. La théorie de MOSS 131
1.1.2. Posture crânio-cervicale et croissance crânio-faciale 132
1.1.2.1. L'hypothèse de l'étirement des tissus mous de SOLOW et KREIBORG 132
1.1.2.2. Conséquences cliniques 139
1.1.3. Modifications dynamiques et posturales de la langue : influence sur la croissance faciale 140
1.1.3.1. Facteurs de la croissance mandibulaire 140
1.1.3.2. La rétromandibulie fonctionnelle 142
1.1.3.2.1. Mécanisme de la succion-déglutition 142
1.1.3.2.2. Conclusion 143
1.1.3.3. La promandibulie 144

1.2. L'orthopédie dento-faciale, ses apports et ses besoins 145
1.2.1. Détermination de la normalité de la face 145
1.2.2. Les dysfonctions et leurs conséquences 145
1.2.2.1. Les dysfonctions 145
1.2.2.2. Le cercle vicieux : dysmorphose, dysfonction 147
1.2.3. Implications dans l'orthopédie dento-faciale 147

2. Incidences de l'occlusion sur l'équilibre et la posture corporelle chez l'adulte 150

2.1. Modification posturale par l'entrée proprioceptive occlusale 151

2.2. L'occlusion et les performances sportives 155
2.2.1. Introduction 155
2.2.2. Les performances athlétiques et la posture mandibulaire 155
2.2.3. La perplexité scientifique 156
2.2.4. Nouvelles perspectives 158
2.2.5. Conclusion 160

3. Troubles de l'occlusion et dysfonctions crânio-mandibulaires 162

3.1. Définition des dysfonctions crânio-mandibulaires 162
3.1.1. Etiologie des dysfonctions crânio-mandibulaires 162
3.1.2. Physiopathologie des dysfonctions crânio-mandibulaires 165
3.1.2.1. La spasticité manducatrice 165
3.1.2.2. Les parafonctions manducatrices 166

3.1.2.3. Mécanisme physiopathologique 168

3.2. Influence de facteurs posturaux chroniques sur le complexe stomatognathique. 169

3.3. La thérapeutique 172
3.3.1. Les objectifs thérapeutiques 172
3.3.1.1. La myorésolution 172
3.3.1.2. Les gouttières thérapeutiques 173
3.3.2. Reconnaître les facteurs étiologiques et savoir les traiter 179

CONCLUSION 181

BIBLIOTHÈQUE
PHARMACIE
ODONTOLOGIE
NANCY

INTRODUCTION

Dès le dix-neuvième siècle, Charles BELL, chirurgien anatomiste écossais, se posait la question fondamentale, de savoir comment un homme maintient une posture debout ou inclinée contre le vent qui souffle sur lui ? Il semblait alors évident que tout être vivant possède une aptitude à réajuster et à corriger tout écart par rapport à la verticale.
De nombreux auteurs tels que BARON pour l'importance des muscles oculo-moteurs dans l'attitude posturale, FLOURENS pour l'influence du vestibule et SHERRINGTON pour le sens musculaire, ont découvert le rôle de la plupart des capteurs participant au maintien de la position érigée et sont tous unanimes pour affirmer qu'il existe un « système » tonico-postural, un « tout structuré » à entrées multiples ayant plusieurs fonctions complémentaires qui sont :

- **la lutte contre la gravité et le maintien d'une station érigée**
- **l'opposition aux forces extérieures**
- **l'équilibre de l'homme dans le mouvement par guidage et renforcement**

Ainsi, ce système tonique postural est sollicité en permanence pour maintenir une attitude mais aussi pour effectuer tout acte moteur dynamique. Il sert à préparer le mouvement, contribue à son déclenchement, le guide, l'équilibre, lui sert de contre-appui car il va de soit que ce dernier ne peut s'effectuer sans sa mise en jeu préalable et simultanée.

L'existence de corrélations entre la position de la mandibule et la posture corporelle a été posée comme hypothèse dès les années 20. Selon DEODATO (2002), la bouche est proposée comme une zone à travers laquelle il est possible de créer des modifications dans l'équilibre postural.
Dès lors, comme le massif crânio-cervico-facial peut être assimiler à un système cybernétique à différentes entrées et sorties, on peut parler de récepteurs, « d'ordinateur central » et d'effecteurs. Il existe, par conséquent, des récepteurs proprioceptifs dans le vestibule mais aussi au niveau cervical, oculaire et mandibulaire. Ces « entrées » vont capter et transmettre les informations en messages nerveux aux centres intégrateurs qui se distribuent à différents niveaux (segmentaires et supra-segmentaires) du système nerveux central. Le traitement des informations une fois effectué, un nouveau message élaboré destiné aux effecteurs va repartir vers la périphérie. Il s'agit en fait d'une auto-régulation permanente qui dans sa globalité produit une attitude, un ajustement postural dynamique.

Le but de notre travail est de déterminer la place de la composante trigéminale dans la posture cervico-faciale.

La sensibilité proprioceptive du massif crânio-cervico-facial sera abordée dans un premier temps. Puis nous étudierons la neurophysiologie de la posture crânio-cervico-faciale. Enfin, nous nous intéresserons à la physiopathologie de la posture cervico-faciale et à ses conséquences cliniques.

Partie 1

LA SENSIBILITE PROPRIOCEPTIVE DU MASSIF CRANIO-CERVICO-FACIAL

L'information proprioceptive à l'origine de la posture et de l'organisation du mouvement, est à la source d'un système moteur extrêmement complexe capable, comme le soulignait SHERRINGTON en 1924, tant « de chuchoter une syllabe » que « d'abattre les arbres d'une forêt ».

Dans un premier temps, nous définirons avec précision le terme de proprioception. En second lieu, nous décrirons les structures anatomiques cervico-faciales jouant le rôle de capteurs et d'effecteurs ainsi que les voies afférentes menant aux centres intégrateurs. Puis, nous aborderons l'organisation des centres segmentaires.

1. Définition de la proprioception

Au niveau sensitif, il existe plusieurs types de sensibilité :

- l'extéroception en relation avec l'environnement regroupe à la fois les sensations tactiles, nociceptives et thermiques.
- la sensibilité intéroceptive participe à la régulation des liquides internes.
- la proprioception consiste en la sensation de son propre corps et en sa situation dans l'espace.

Selon DELMAS (1980), « on admet que les sensations proprioceptives sont de deux ordres, les unes conscientes, les autres inconscientes. » Sa conception qui repose à la fois sur la physiologie et l'observation clinique trouve sa confirmation dans les données anatomiques sur lesquelles il se base. **La proprioception consciente** est la sensibilité des ligaments et des tendons qui renseigne sur la position et le mouvement du corps. C'est ainsi que même en l'absence des autres sens (tactile, visuel ou auditif), avec un système vestibulaire fonctionnel, elle permet de s'orienter dans l'espace. Par exemple, un homme dans une piscine, en apesanteur complète (les pieds n'ont aucun contact avec le sol) saura évaluer sa position par rapport à la surface. **La proprioception inconsciente** est quant à elle, la voie de la tonicité musculaire par l'intermédiaire de la sensibilité profonde des muscles.

La proprioception définit un lien inséparable entre l'homme et son environnement par l'intermédiaire de multiples stimuli informatifs destinés aux centres intégrateurs.

D'après GURFINKEL (1994) et GUIDETTI (1996), les afférences proprioceptives sont interprétées dans des tableaux de référence (référence visuelle ou référence corporelle) qui sont le résultat d'une intégration multisensorielle d'inputs provenant de la peau, des signaux visuels et vestibulaires, ajoutés à la proprioception musculaire (en l'occurrence au niveau du cou et de l'appareil manducateur pour l'étage cervico-facial). On arrive ainsi à construire un schéma corporel cohérent aussi bien pour la posture (y compris le maintien de l'équilibre) que pour le mouvement.

Ainsi, si la proprioception consciente permet de situer la position du corps en fonction de l'environnement, l'évolution du corps dans l'espace c'est-à-dire le mouvement au sens général du terme, nécessite en plus des informations supplémentaires telles que des repères tactiles, visuels et auditifs qui vont permettre l'adaptation même de la proprioception par rapport à l'acte moteur.
Le fonctionnement de chaque niveau hiérarchique de la commande motrice est alors tellement dépendant de l'information sensorielle que le système moteur doit être en fait considéré pleinement sous son aspect sensorimoteur.
En conclusion, pour une motricité adaptée, il faut que proprioception et extéroception marchent en symbiose via les mêmes structures de contrôle. On parle de **la sensorimotricité.**

Pour être tout à fait complet, il faut maintenant reprendre le terme de posture à travers les explications de quelques auteurs.

Récemment, ZAVARELLA (2002) disait : « On entend par le terme de posture la stratégie employée par le système neuro-musculaire pour rester en équilibre, en réagissant aux forces de gravité de la manière la plus économique possible ».

La posture est maintenue par une activité musculaire de base que l'on nomme tonus musculaire. En effet, ce dernier permet de lutter efficacement contre la pesanteur et ceci de façon constante comme pour un fumeur qui maintient sa pipe entre ses dents. L'activité du muscle est donc auto-régulée.

D'après NAHMANI (1990), « le principe en est le suivant : Soit un système avec une entrée E, une boite noire et une sortie S. Une partie de l'énergie sortante module l'énergie entrante et ce système est destiné à éviter que la machine ne s'emballe ou qu'elle ne s'affaiblisse ; ceci s'appelle la rétroaction plus connue sous le nom de feed-back ». En ce qui concerne l'organisme, ce mécanisme a plutôt tendance à être de composante négative et cherche à éviter l'emballement ou l'excès ; c'est ce que l'on appelle le feed-back négatif.

Par conséquent, on arrive alors à « l'immobilisation des pièces du squelette dans des positions qui composent au corps une attitude » (LAZORTHES, 1981) et à un état d'équilibre qui permet à l'organisme de se stabiliser et de se mouvoir dans l'espace tout en se jouant de la gravité qui tend à le plaquer au sol.

On peut dire alors que la proprioception participe directement à la fonction motrice et joue un rôle prépondérant dans la régulation de la posture par le biais de récepteurs sensoriels spécialisés nommés propriocepteurs.

2. Les structures anatomiques de la proprioception cervico-faciale

2.1. La proprioception vestibulaire

2.1.1. Données anatomiques

La fonction d'équilibration est la fonction qui assure la projection du centre de gravité du corps à l'intérieur du polygone de sustentation, tant dans les conditions statiques que dynamiques. Elle est assurée par un grand nombre d'appareils et de fonctions dont la sensibilité proprioceptive de l'appareil vestibulaire. Celui-ci recueille les messages qui interviennent dans le maintien de l'équilibre et appartient donc au système postural en tant que capteur de l'information externe.

Il faut tout d'abord rappeler que le huitième nerf crânien est un nerf complexe qui naît de la réunion de deux nerfs recueillant plusieurs types d'informations ; les unes auditives transitent par le nerf cochléaire et les autres proprioceptives intervenant dans l'équilibration empruntent le nerf vestibulaire qui s'apparente aux voies de la sensibilité profonde. Ainsi ces deux nerfs qui prennent naissance dans deux parties distinctes de l'oreille interne sont ensuite confondus pour aboutir ensuite à des centres tout à fait différents du névraxe.

2.1.2. Données physiologiques

Au niveau du versant vestibulaire, les renseignements recueillis concernent donc la position dans l'espace de l'extrémité céphalique et le capteur, qui se situe dans le labyrinthe membraneux comme le montre la figure 1, est extrêmement sensible aux mouvements angulaires de la tête d'une part et à son accélération linéaire d'autre part. Les récepteurs spécialisés sont situés dans les trois canaux semi-circulaires le long des crêtes ampullaires mais aussi dans l'utricule et le saccule où ils forment les macules.

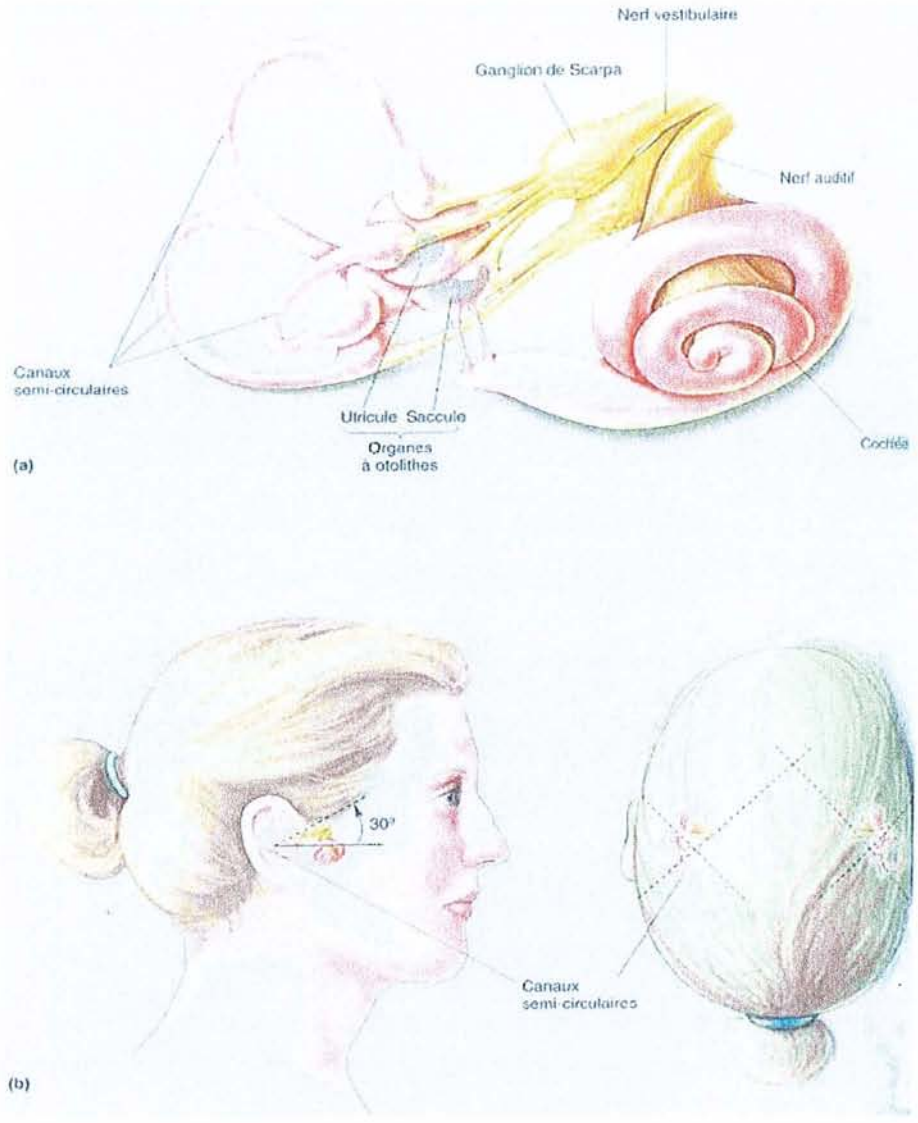


Figure 1 : *le labyrinthe vestibulaire.*
(D'après BEAR et al, 2003)

2.1.2.1. Canaux semi-circulaires

Les trois canaux semi-circulaires sont orientés suivant des plans spatiaux différents à la fois au niveau horizontal, sagittal et frontal. En effet, on distingue un canal semi-circulaire antérieur, un canal postérieur et un latéral perpendiculaires les uns aux autres. Organes de l'équilibration cinétique, ils sont sensibles aux déplacements et possèdent des récepteurs spécialisés au niveau des extrémités ampullaires.

Plus précisément, les cellules ciliées des canaux semi-circulaires sont disposées dans une lame de cellules dénommée ***crista***, située sur une protubérance du canal dénommée ***crête***

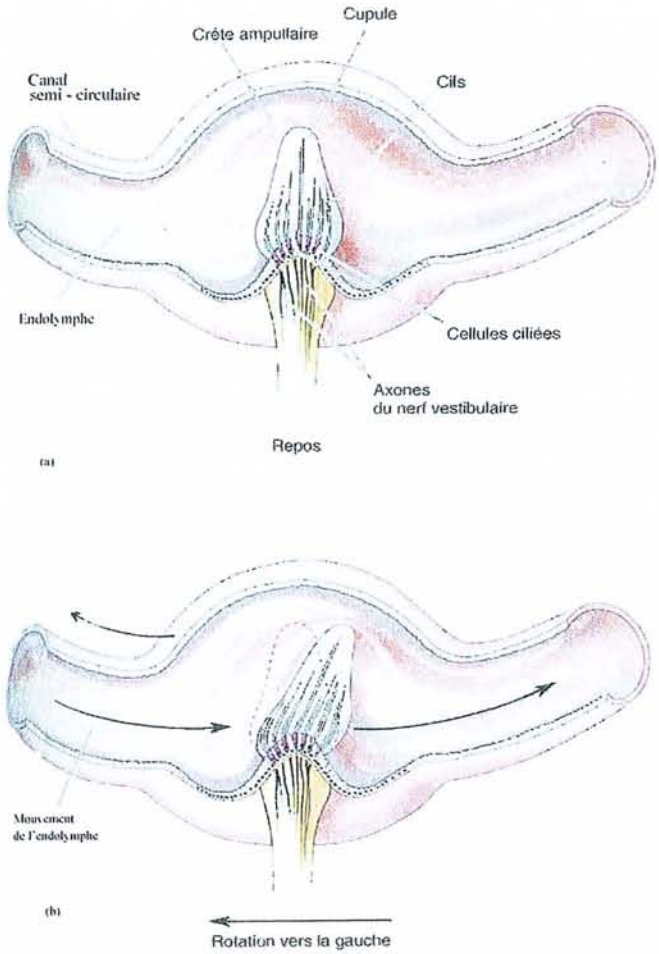
ampullaire. Les cils sont enchâssés dans une sorte de capsule formée de fibres gélatineuses, la ***cupule***, qui couple la lumière du canal avec la crête ampullaire. Toutes les cellules ciliées de cette crête ampullaire possèdent un ***kinocil*** (cil particulier de chaque cellule ciliée) orienté dans une même direction, ce qui signifie qu'ils sont tous inhibés ou excités ensemble. Ces kinocils sont stimulés par le déplacement du liquide labyrinthique nommé endolymphe situé dans les trois conduits et soumis à des mouvements d'accélération ou de décélération comme le montre la figure 2. Le déplacement des cils intervient lorsque le canal tourne autour de son axe, à la manière d'une roue. Tandis que les parois du canal et de la cupule commencent à pivoter, l'endolymphe tend au contraire à rester immobile compte tenu de son inertie. L'endolymphe exerce alors une force sur la cupule qui se courbe. Puis les cils se courbent également, ce qui en fonction de la direction du mouvement, excite ou inhibe les cellules ciliées et agit sur la libération de leur neurotransmetteur au niveau du nerf vestibulaire. Ainsi les cellules ciliées des crêtes, alertées par les modifications hydrauliques de l'endolymphe enregistrent et codent l'information physique qui leur parvient.

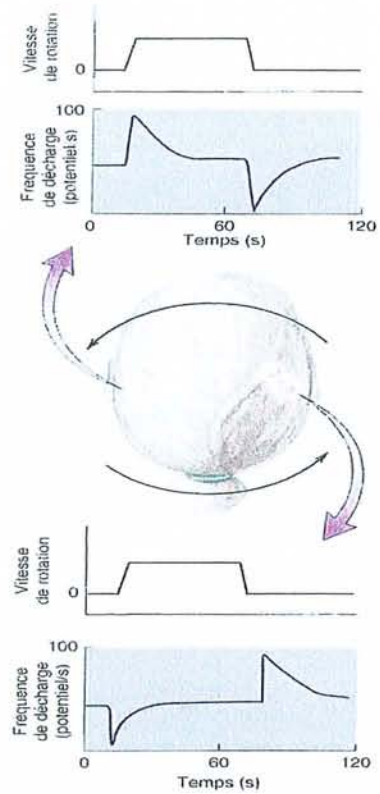
On a donc une traduction du stimulus en transférant l'information physicochimique initiale sur le support biologique. Cette opération s'effectue en un site transducteur (mécanisme de transmission) et donne naissance à un signal analogique, le potentiel de récepteur lequel va donner naissance au potentiel d'action, signal numérique. En effet, un message sensoriel sera engendré par transformation d'un signal analogique en un signal numérique au niveau du site générateur et sera codé en durée et en intensité apportant ainsi au système nerveux central l'information captée à la périphérie. Les sites transducteurs et générateurs, concernant l'appareil vestibulaire, sont contigus. Ils sont situés sur deux cellules excitables différentes et la cellule sensorielle, ayant acquis une différenciation spécifique et jouant le rôle de transducteur, est alors en relation avec les prolongements dendritiques de cellules ganglionnaires au niveau desquelles se situe le site générateur.

Si la rotation de la tête est maintenue à vitesse constante, la friction de l'endolymphe avec les parois du canal va diminuer, l'endolymphe se déplacer, et ainsi la cupule va retrouver sa position normale après environ 15 à 30 s. Puis quand la rotation de la tête et de ses canaux semi-circulaires s'arrête, l'inertie de l'endolymphe entraîne un mouvement dans la direction opposée et une sensation transitoire de contre-rotation.
Ensemble, les trois canaux semi-circulaires situés d'un côté de la tête, en synergie avec ceux de l'autre côté, sont à même de capter les rotations dans n'importe quelle direction. Chaque

canal est disposé dans le même plan que son homologue controlatéral et répond aux déplacements dans la même orientation, l'activation des cellules ciliées de l'un des canaux correspondant à l'inhibition de celles des autres. Au repos, les axones des nerfs vestibulaires déchargent à haute fréquence, de telle manière à ce que leur activité puisse être modulée à la hausse ou à la baisse en fonction de la direction de la rotation. Une telle organisation optimise la détection des mouvements de rotation par le système nerveux (figure 3).

Les canaux semi-circulaires sont ainsi, par l'intermédiaire des déplacements de l'endolymphe en leur sein tel de l'eau dans un tuyau d'arrosage replié dans les trois sens de l'espace, à la base de la proprioception concernant les mouvements angulaires de la tête.





Activation des canaux semi-circulaires. La rotation de la tête excite les cellules ciliées dans l'un des canaux semi-circulaires horizontal et inhibe les cellules de l'autre. Les diagrammes illustrent l'adaptation qui intervient au niveau des réponses des cellules ciliées et donc des nerfs vestibulaires, lorsque la rotation est maintenue. Quand la rotation est réversée et que la tête revient à sa position initiale, les cellules déchargent à nouveau, mais dans un sens opposé à celui qui avait présidé à l'amorçage de la rotation, c'est-à-dire avec des patterns opposés d'excitation et d'inhibition.

Figure 2 : *représentation en coupe au niveau de la crête ampullaire d'un canal semi-circulaire.*
(D'après BEAR, 2003)

Figure 3 : *activation des canaux semi-circulaires.*
(D'après BEAR, 2003)

2.1.2.2. Les organes à otolithes

Le saccule et ***l'utricule*** détectent les changements de la position de la tête et son accélération linéaire. Quand la tête est inclinée, l'angle formé entre les organes à otolithes et la direction de la force de la gravité change. De même, l'accélération linéaire génère également une force proportionnelle à la masse d'un objet.

Chaque organe à otolithes contient un épithélium sensoriel appelé ***macula***, orienté verticalement dans le saccule et horizontalement dans l'utricule lorsque la tête est en position normale. La macula contient des cellules ciliées disposées dans un lit de cellules de soutien, avec leurs cils orientés vers la substance gélatineuse.

Les mouvements sont captés par les cellules ciliées des deux côtés de la tête lorsque les faisceaux de cils sont déplacés (figure 4).

Les organes à otolithes sont caractérisés par la présence d'une fine couche de cristaux de carbonate de calcium dénommés otolithes, de 1à 5 microns de diamètre. Les otolithes sont incrustés au niveau de la surface de la cape gélatineuse de la macula qui enrobe les cils, et ils sont la clé de la sensibilité de la macula à l'inclinaison de la tête. En fait, les otolithes ont une densité supérieure à celle de l'endolymphe qui les entoure.

Lorsque l'inclinaison de la tête change ou quand se produit une accélération, une force est exercée sur les otolithes, ce qui a pour conséquence d'exercer secondairement une force dans la même direction sur la surface de l'otolithe, qui va donc se déplacer sensiblement et entraîner le mouvement des cils. De plus, chaque cellule ciliée présente un cil particulier, nommé ***kinocil***. Le déplacement des cils vers le kinocil va alors générer une dépolarisation représentant le potentiel de récepteur ; à l'inverse, le mouvement des cils dans la direction opposée à celle du kinocil se traduit par une hyperpolarisation, qui inhibe le récepteur. Dès lors, les cellules ciliées apparaissent bien sensibles à la direction. Un simple déplacement de très faible amplitude des cils est nécessaire pour générer un signal nerveux (un déplacement des cils de l'ordre de 0,5 micromètres, c'est-à-dire à peu près la valeur du diamètre d'un cil, est suffisant pour saturer le récepteur.).

Le mécanisme de transduction des informations mécaniques au niveau des cellules ciliées vestibulaires est sensiblement le même qu'au niveau des cellules ciliées du système auditif comme le montre la figure n°5.

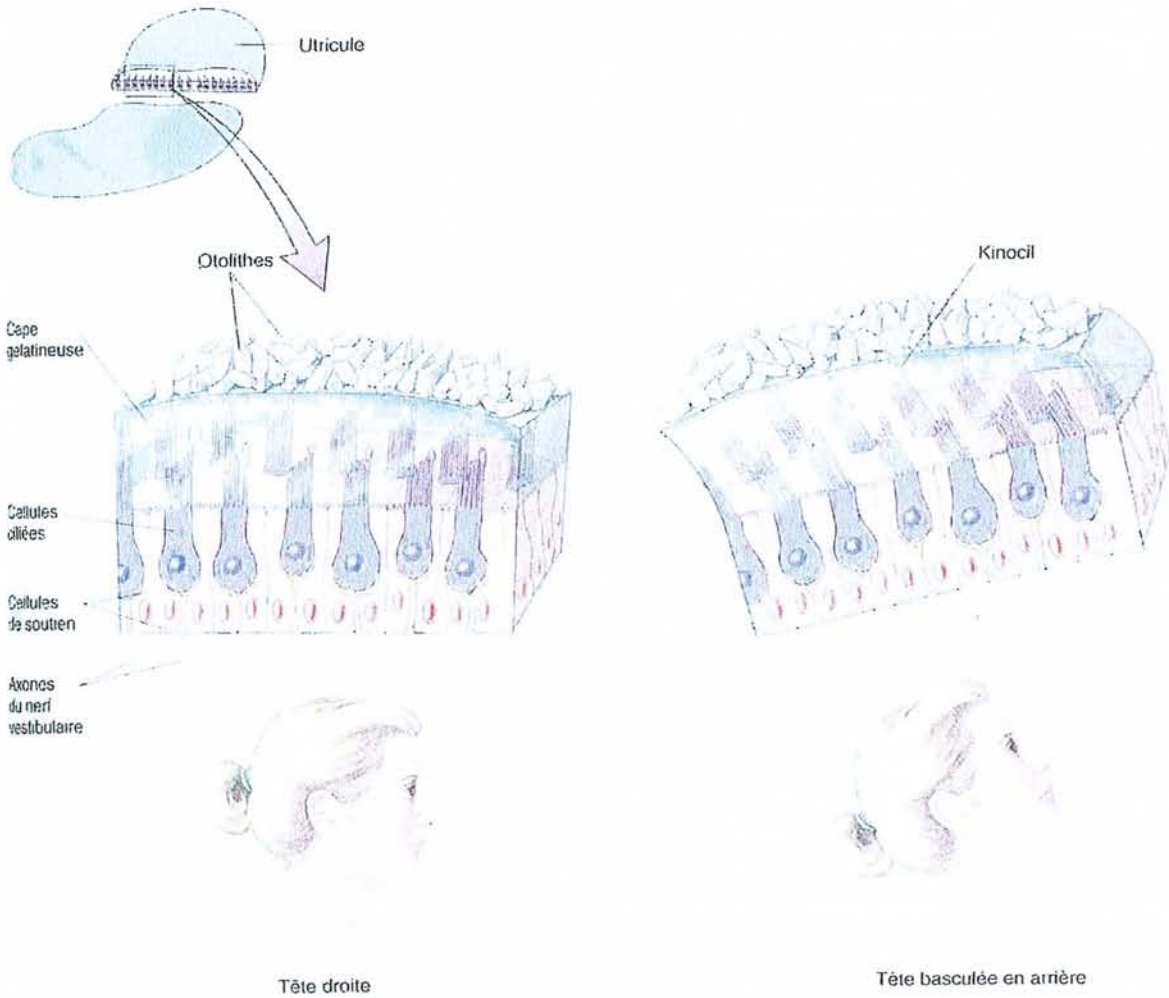


Figure 4 : *réponse des cellules ciliées de la macula au basculement de la tête en arrière.* (D'après BEAR et al, 2003)

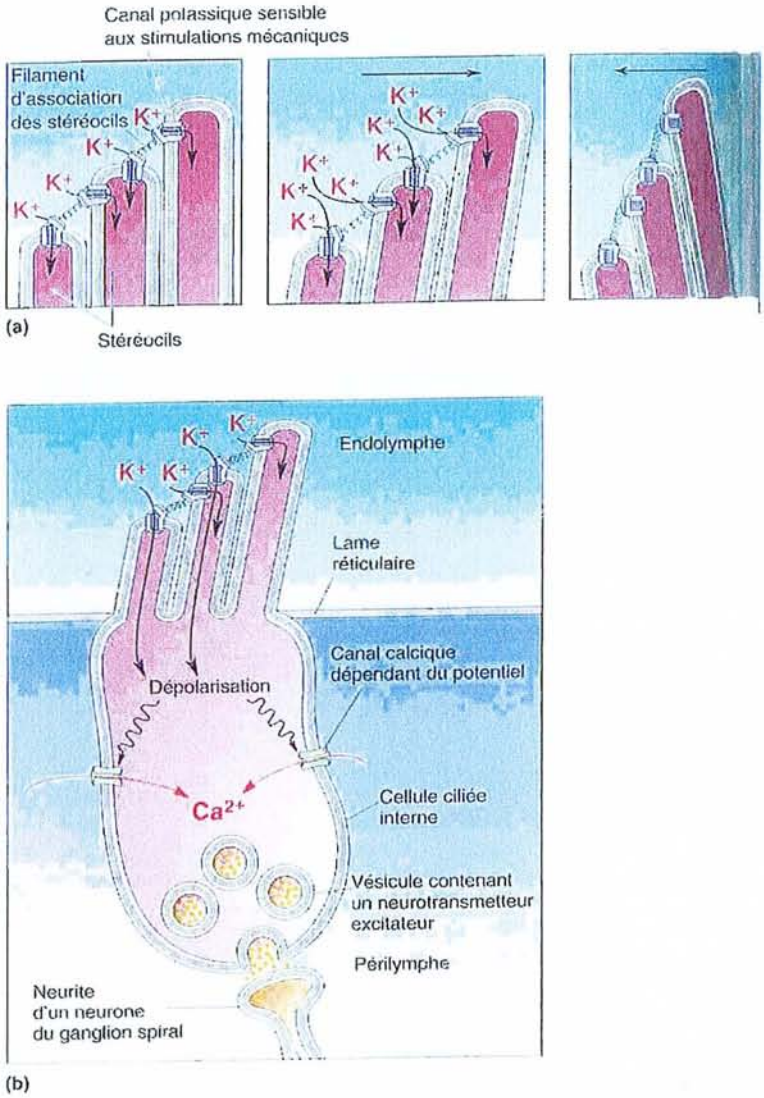


Figure 5 : *dépolarisation des cellules ciliées.*

(D'après BEAR et al, 2003)

La tête peut ainsi s'incliner et bouger dans toutes les directions. Les cellules ciliées des saccules et des utricules sont orientées pour pouvoir capter tous ces mouvements. La macula des saccules est orientée plus ou moins verticalement, alors que celle des utricules est globalement horizontale. Dans chacune de ces maculae, les cellules ciliées sont orientées pour répondre à une direction préférentielle particulière, et il y a suffisamment de cellules ciliées dans chaque macula pour couvrir la plupart des directions.

L'orientation en miroir de l'ensemble des saccules et des utricules de chaque oreille suppose alors que lorsqu'un mouvement donné de la tête excite les cellules ciliées d'un côté, il tend à les inhiber de l'autre, dans l'organe à otolithes correspondant. Ainsi, toute inclinaison ou accélération de la tête excite quelques cellules ciliées, en inhibe d'autres, et n'a pas d'effet sur le reste. Dès lors, le système nerveux central, en utilisant simultanément l'information ainsi fournie par l'ensemble de la population des cellules ciliées des organes à otolithes, peut interpréter parfaitement ces mouvements linéaires.

2.1.3. Données cliniques

2.1.3.1. Troubles de l'équilibration

Les affections de l'appareil vestibulaire s'accompagnent presque toujours de manifestations fonctionnelles dont la principale est le vertige. Celui-ci est une impression de déplacement du sol, des parois de la pièce ou des objets environnants. Sa conséquence est une réaction d'équilibration plus ou moins prononcée et inappropriée à la situation réelle pouvant entraîner la chute du sujet.

Les troubles de l'équilibration constituent alors l'élément principal de la sémiologie vestibulaire. Si l'atteinte est bilatérale, les déviations de la position d'équilibre peuvent se faire en tous sens, à la station debout et à la marche qui devient ébrieuse. Si l'atteinte est unilatérale, la déviation de l'attitude et de la marche se fait du côté de la lésion où l'on trouve également une diminution du tonus statique.

2.1.3.2. Le nystagmus

On le définit comme un mouvement alternatif des deux globes oculaires qui peut être linéaire (horizontal ou vertical) ou rotatoire et dont la spécificité est de comporter une secousse lente indiquant le sens de la déviation et une secousse rapide correctrice qui par définition sert à désigner le sens vers lequel le nystagmus « bat ». Il s'agit d'une des modifications toniques provoquées, à partir des excitations transmises aux centres du tonus musculaire pour rétablir l'équilibre sans quoi celui-ci serait interrompu à tout bout de champ par tout mouvement ou position nouvelle. La déviation lente généralisée à tous les groupes musculaires de l'organisme est essentielle ; au contraire la déviation rapide, propre aux muscles oculaires, n'est qu'une réaction à la contraction lente.
Ainsi, par exemple, si l'excitation d'un canal entraîne une déviation tonique de tout le corps vers la droite, son expression nystagmique sera qualifiée de gauche.

Pour être concret, on peut comprendre tout à fait ce qu'est un nystagmus en imaginant les passagers d'un véhicule en marche qui regardent les éléments d'un paysage défiler par la fenêtre.

2.1.4. L'exploration vestibulaire instrumentale

Ce sont des méthodes qui consistent à explorer les réflexes vestibulaires et à mieux les comprendre. Parmi elles, on distinguera la méthode rotatoire et la méthode calorique.

2.1.4.1. L'épreuve rotatoire

Elle consiste à placer le sujet dans un fauteuil tournant et à exciter ses récepteurs canalaires permettant d'étudier les effets oculomoteurs et posturaux qui résultent du déplacement du liquide endolymphatique.

Lorsque l'on fait tourner le fauteuil à raison d'un tour en deux secondes, en premier lieu on note un nystagmus pratiquement non observable dû à l'inertie de l'endolymphe, puis au bout de quelques tours, la première excitation devient nulle étant donné que le liquide est entraîné à la même vitesse que les parois.

Enfin si l'on stoppe brusquement la rotation du fauteuil, il est facile de comprendre que le liquide encore mobile par inertie dans des canaux, eux, au contraire complètement immobiles du fait de l'arrêt du mouvement, provoque un nystagmus horizontal constitué d'une contraction lente dans le sens de la rotation et d'une secousse rapide dans le sens inverse. De plus, la modification tonique alors engendrée au niveau vestibulaire à ce moment là est responsable d'un mouvement d'enroulement du corps et de sa chute dans le sens du mouvement qui vient d'être arrêté. Cette épreuve giratoire permet surtout l'exploration des canaux semi-circulaires horizontaux.

2.1.4.2. La méthode calorique

Contrairement à l'épreuve rotatoire, elle permet d'explorer isolément chacun des deux côtés.

Elle consiste à injecter de l'eau chaude ou froide dans le conduit auditif externe ce qui va provoquer des modifications thermiques responsables de mouvements du liquide endolabyrinthique ce qui à pour conséquence d'exciter les récepteurs vestibulaires.

2.2. La proprioception cervicale

Il faut d'abord rappeler que la colonne cervicale est une région constituée de sept vertèbres comprenant la charnière occiput-atlas-axis, zone stratégique protégeant le système nerveux, autorisant le passage des artères vertébrales (irrigation du cerveau) et responsable de la liberté du regard. Tout ce secteur est sous la haute surveillance de propriocepteurs « bombardant » d'informations les centres intégrateurs.

2.2.1. Les récepteurs musculo-tendineux

2.2.1.1. Description

Au niveau musculaire, il existe deux unités fonctionnelles directement concernées par le contrôle nerveux comme le montre la figure 6 :

- ***Les unités motrices innervées par les motoneurones alpha*** qui constituent l'essentiel de la masse charnue et qui sont responsables des propriétés contractiles du muscle.
- ***Les fuseaux neuro-musculaires (F.N.M)*** qui sont des organes récepteurs.

Ces derniers sont des récepteurs sensitifs hautement spécialisés dans la proprioception.
Le fuseau neuro-musculaire possède une dizaine de fibres musculaires rassemblées au sein d'une capsule fibreuse et innervées par l'intermédiaire d'un motoneurone de petit diamètre, le motoneurone gamma.
Certaines fibres musculaires du F.N.M ont les corps cellulaires rassemblés dans la partie équatoriale de la fibre, ce sont les **fibres à sac nucléaire** ; d'autres ont leurs corps cellulaires plus ou moins disséminés sur toute la longueur de la cellule, ce sont les **fibres à chaîne nucléaire**.

Trois types principaux de terminaisons nerveuses réceptrices existent dans les muscles :

- **les formations annulo-spiralées** s'enroulent autour des sacs nucléaires, elles se prolongent par une fibre de type Ia
- **les formations en bouquet** issues des fibres à chaînes nucléaires font suite à une fibre II
- au sein des tendons qui réunissent la masse musculaire à la base osseuse et dans les aponévroses, existent des formations réceptrices spéciales, **les récepteurs de GOLGI** qui représentent la terminaison des fibres de type Ib

Les fibres Ia et Ib sont toutes deux des fibres faisant partie du groupe I.
Les fibres du groupe I, de façon générale sont myélinisées, c'est-à-dire que la fibre n'est en contact avec le milieu extérieur qu'au niveau des nœuds de Ranvier et que la conduction est saltatoire. Leur vitesse de conduction est extrêmement rapide (80-120 m/s) du fait de leur gros diamètre (13-20 microns) et de la myélinisation. Les fibres du groupe II sont également myélinisées mais sont de diamètre moins important (6-12 microns). Par conséquent, leur vitesse de conduction est moins rapide (35-75 m /s). Ces données sont récapitulées dans la figure 7.

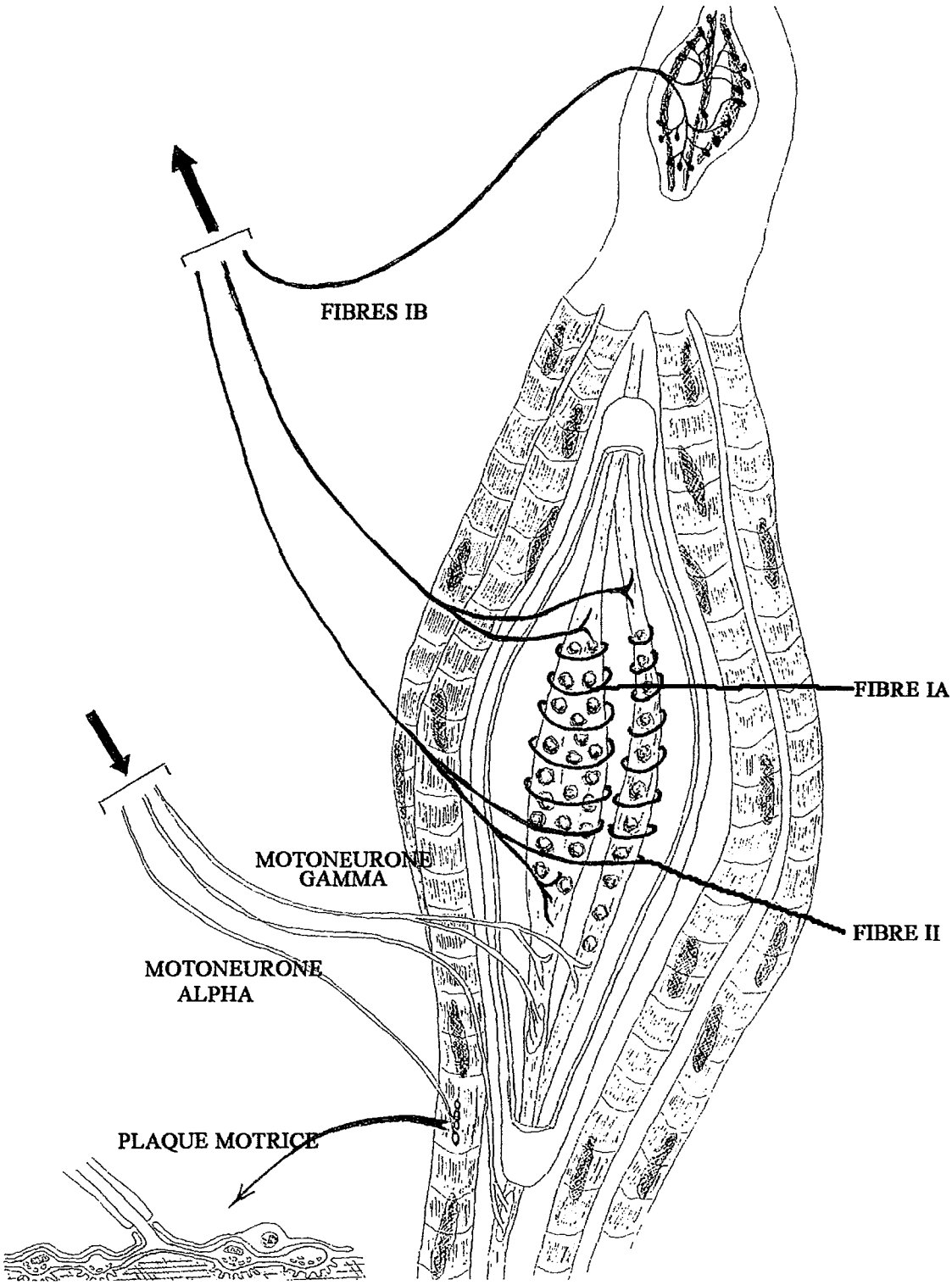


Figure 6 : *Schéma des deux unités fonctionnelles directement concernées par le contrôle nerveux : plaque motrice et fuseau neuro-musculaire.*

(D'après un dessin de STRAZIELLE J.)

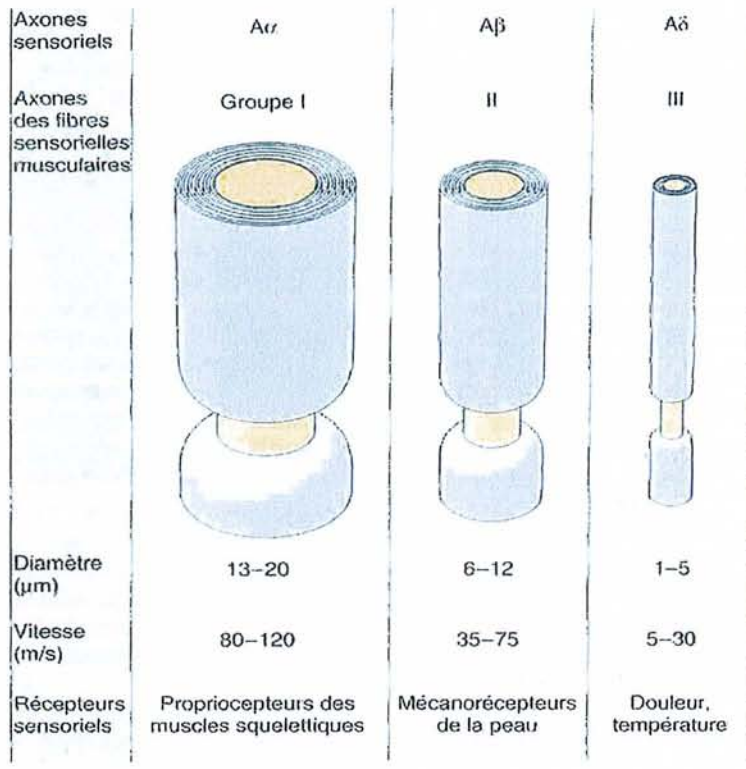


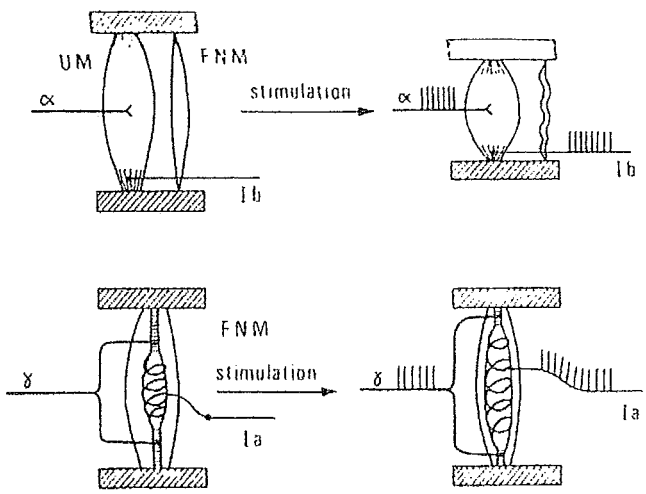
Figure 7 : *Différentes tailles des axones des afférences primaires.*
(D'après BEAR et al, 2003)

2.2.1.2. Fonctionnement

Pour être excités, les trois types de récepteurs doivent être étirés ou mis sous tension, mais l'étirement peut survenir dans trois conditions différentes :

- **l'étirement passif**, provoqué par une force extérieure à l'organisme comme par exemple la pesanteur
- **l'activation des motoneurones alpha** qui provoque une contraction musculaire
- **l'activation des motoneurones gamma** qui provoque la contraction des extrémités contractiles des fibres musculaires du F.N.M

L'activation des motoneurones alpha et gamma est illustrée par la figure 8.



U.M. : unité motrice ;
F.N.M. : fuseau neuro-musculaire.

Figure 8 : *Mécanisme de l'étirement par activation alpha (en haut) et par activation gamma (en bas).*
(D'après WODA, 1983)

2.2.2. La région cervicale

Ces récepteurs proprioceptifs répondant aux mécanismes physiologiques précédemment cités sont présents dans les muscles cervicaux qui cherchent à s'approcher de l'harmonie tant

dans le mouvement que dans une posture. En effet, l'organisme doit assurer deux types d'activités motrices notamment au niveau de la région cervicale : phasique et tonique.

2.2.2.1. Classification fonctionnelle des muscles cervicaux

2.2.2.1.1. *Données histophysiologiques*

Il existe des « ***muscles pâles*** ». Leur couleur plus claire, vient de l'accumulation des myofibrilles dans l'unité cellulaire. Celle-ci possède, de ce fait, moins de sarcoplasme et de mitochondries. C'est dire que les muscles de ce type ont peu de réserves enzymatiques, mais possèdent une potentialité contractile remarquable par abondance d'actine et de myosine. Ce sont donc des muscles rapides, puissants mais à activité nécessairement brève car fatiguables.

« ***Le muscle rouge*** » tire sa couleur du fait de son abondance en sarcoplasme et en mitochondries riches en myoglobine et en cytochromes. Il possède donc d'importantes réserves enzymatiques nécessaires à son métabolisme et peut donc avoir une activité longtemps soutenue. Par contre, il renferme moins de myofibrilles mais, comme l'a montré WINCKLER cité par BOURDIOL (1992), davantage de capteurs spécialisés (F.N.M. et organes de GOLGI). La variation tensionnelle isométrique des myofibrilles mettra en action le récepteur proprioceptif qui donnera naissance à un influx modulant ainsi l'unité fonctionnelle musculaire. Les muscles de ce type auront donc une activité inscrite dans la durée, leur fatigabilité est plus faible, leurs unités motrices se contractent et se relâchent plus lentement et leur fréquence de fusion est plus faible.

L'aspect macroscopique permet donc de distinguer les muscles rouges à fonction tonique des muscles pâles à fonction phasique. Bien entendu, chaque muscle est composé d'un mélange des deux types de fibres et c'est le pourcentage de ces deux constituants qui induit un certain déterminisme physiologique.
Les motoneurones alpha sont eux aussi spécialisés dans une fonction tonique ou phasique. Le diamètre des fibres et le corps cellulaire des motoneurones toniques sont plus petits que ceux des motoneurones phasiques qui innervent des unités motrices beaucoup plus vastes.

2.2.2.1.2. *Les groupes musculaires*

Comme nous l'avons mentionné, les muscles **phasiques** sont définis histologiquement par la prédominance de fibres musculaires pâles. L'entité fonctionnelle ainsi constituée possède un dynamisme remarquable avec rapidité des réponses, vélocité d'excitation, intensité et puissance de la contraction. Ces muscles ont cette double particularité d'être commandé volontairement d'une part, et, d'autre part, d'avoir un fonctionnement ressenti consciemment. Dans ce groupe, on trouve les muscles des couches superficielles et moyennes du cou, à savoir, de haut en bas :

- le sterno-cléïdo-mastoïdien et le trapèze, grands muscles de la céphalogyrie
- les scalènes
- le muscle élévateur de la scapula
- les splénius

Il faut remarquer que presque tous les muscles peuvent, en certaines circonstances, entrer dans ce type phasique. Seuls semblent en faire exception les muscles propres de la nuque.

Les muscles **toniques** quant à eux, possèdent un arsenal enzymatique particulier, ce qui leur permet une activité longtemps soutenue. Cette musculature staturale qui est de type réflexe regroupe les muscles de l'orthostatisme, et en particulier pour ce qui est de la région cervicale, les muscles propres de la nuque.

2.2.2.2. Les muscles propres de la nuque

Ce sont des muscles profonds qui échappent au contrôle volontaire et dont la contraction s'inscrit dans un contexte global synergique qui répond au tonus anti-gravitationnel. En effet, on comprend bien que par le simple fait d'être soumise à la gravité, l'extrémité céphalique aurait tendance à basculer vers l'avant sans leur intervention.

2.2.2.2.1. *Rappels anatomiques*

Au nombre de quatre, ils forment le triangle sous-occipital de TILLAUX repris par GREEN et SILVER (1986) constitué par :

- le petit oblique de la tête
- le grand oblique de la tête
- le grand droit postérieur de la tête
- le petit droit postérieur de la tête

Les muscles **petits obliques** unissent la face externe de l'occipital aux masses latérales de l'atlas, première vertèbre cervicale, et les muscles **grands obliques** relient ensuite l'apophyse transverse de l'atlas à l'apophyse épineuse de l'axis, seconde vertèbre cervicale. Le muscle **grand droit postérieur**, en passant en pont au-dessus de l'atlas permet l'union directe entre l'occiput et l'axis et le **petit droit postérieur** celle entre l'occiput et l'atlas (figure 9).

Ainsi ces différents liens spécifiques entre l'os occipital et l'atlas, entre l'os occipital et l'axis et entre l'atlas et l'axis permettent à la tête d'adopter différentes positions dans l'espace.

Il est bon de signaler qu'à la différence de l'animal, l'atlas humain est dans l'incapacité d'effectuer la moindre rotation et ceci par la nature même de l'anatomie de la diarthrose articulaire occipito-atloïdienne qui ne permet pas de tourner. De plus, les apophyses transverses d'atlas ont la caractéristique d'être assujetties à l'occiput par des ligaments épais et denses qui partent du ligament commun vertébral antérieur en avant et du ligament cervical postérieur et des formations ligamentaires annexes occipito-atloidiennes postérieures en arrière. De surcroît, latéralement, un muscle vertical, **le droit latéral de la tête**, est tendu de l'apophyse jugulaire de l'occipital à l'apophyse transverse. Il est suffisamment puissant pour maintenir la position physiologique de l'atlas dans le plan frontal.

D'après ROUVIERE (1974), la physiologie de ces muscles est la suivante :

- La contraction en bloc de tous ces muscles renforce l'immobilisation axiale de l'atlas.

- Leur contraction unilatérale détermine une inclinaison latérale homonyme de la tête que la participation du droit latéral ne fait qu'accentuer.
- La contraction du petit droit postérieur détermine l'extension céphalique et celle du petit oblique étend la tête, l'incline de son côté et lui imprime un mouvement de rotation qui tourne la face de l'autre côté. Mais le mouvement ne possède, somme toute, qu'une amplitude assez limitée.

2.2.2.2.2. *Physiologie des muscles propres de la nuque*

Comme nous l'avons vu précédemment, ces différents muscles sont toniques, ce qui permet une activité soutenue sans fatigue. Cette musculature statique va alors permettre au terme posture céphalique de prendre tout son sens par opposition à l'oculo-céphalogyrie qui, elle, implique une composante dynamique. La commande de cette musculature est automatique et échappe au contrôle volontaire. En effet, nul ne peut contracter par simple effet de conscience et de manière isolée le grand oblique de la nuque ou le petit droit postérieur !

2.2.2.2.3. *La protection de l'artère vertébrale*

BOURDIOL (1992) parle de « contractions réflexes qui stoppent, détournent ou même inversent un mouvement soumettant le rachis à des contraintes excessives ». Il pense que ces muscles doivent être considérés comme des vecteurs d'inhibition pouvant interférer avec ceux de la céphalogyrie dans le but de créer un mouvement céphalique moins nocif pour l'artère vertébrale.

L'artère vertébrale décrit deux courbes physiologiques qui, de juxta-rachidienne la transforment en intracrânienne et effectue une véritable torsion en arrière et en dedans pour contourner l'articulation occipito-atloïdienne au niveau du segment atloïdien (figure 10). Dans cette partie, l'artère répond en avant et en dehors au muscle droit latéral de la tête qui est son réel protecteur de toute traction antéro-postérieure. En arrière, comme l'illustre la figure 11, elle est protégée par le triangle de TILLAUX formé par le grand oblique, le grand droit postérieur (qui recouvre même l'artère) et le petit oblique.

Il existe ainsi toute une série de protections pour l'artère vertébrale, non seulement par le biais du droit latéral, par la formation des « caissons » veineux à l'origine des veines vertébrales mais aussi par les plans musculaires postérieurs eux-mêmes.

LAZORTHES, GOUAZE et SALAMON cités par BOURDIOL (1992) soulignent l'importance lésionnelle du segment occipito-atloïdien et de la courbe qu'effectue l'artère vertébrale à son niveau, courbe qui se voit comprimée par la flexion-rotation homonyme et violemment élonguée et distendue par la rotation-extension hétéronyme.

On peut en conclure qu'un des buts de l'équilibre postural est de maintenir la vascularisation cérébrale par un bon équilibre atlas-axis sous peine d'une insuffisance vertébro-basilaire qui peut être responsable de céphalées, de vertiges, de cervicalgies de troubles visuels et cochléaires... symptômes d'études cliniques menées dans le cadre du syndrome cervico-céphalique post-traumatique très souvent controversé.

Pour BOURDIOL, on possède un dispositif mécanique exceptionnel qui maintient à bout de bras l'artère vertébrale le plus loin possible de l'axe de torsion rachidien afin d'empêcher toute striction accidentelle lors des mouvements de la tête, en autorisant le plus grand rayon de courbure possible.

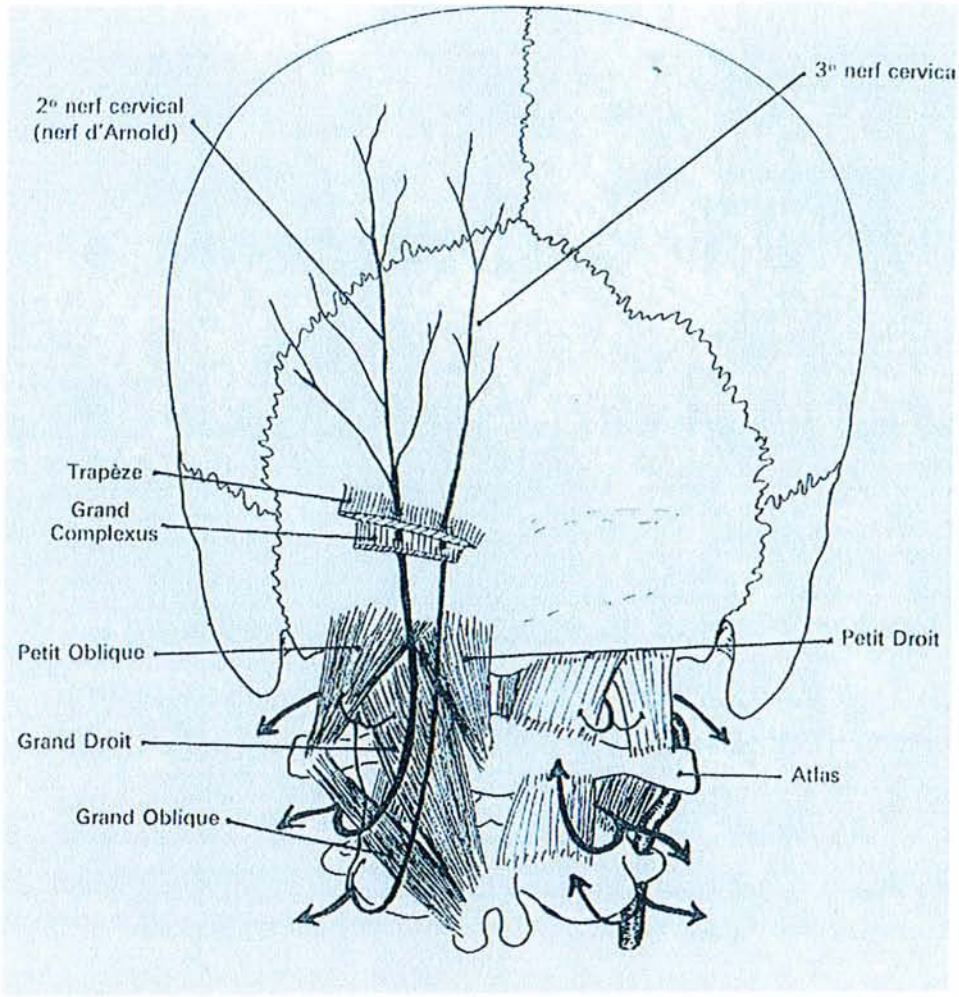


Figure 9 : *muscles propres de la nuque.*

(D'après LAZORTHES, 1981)

Figure 10 : *les courbes de l'artère vertébrale à l'étage nucal.*
(D'après BATEMAN, 1972)

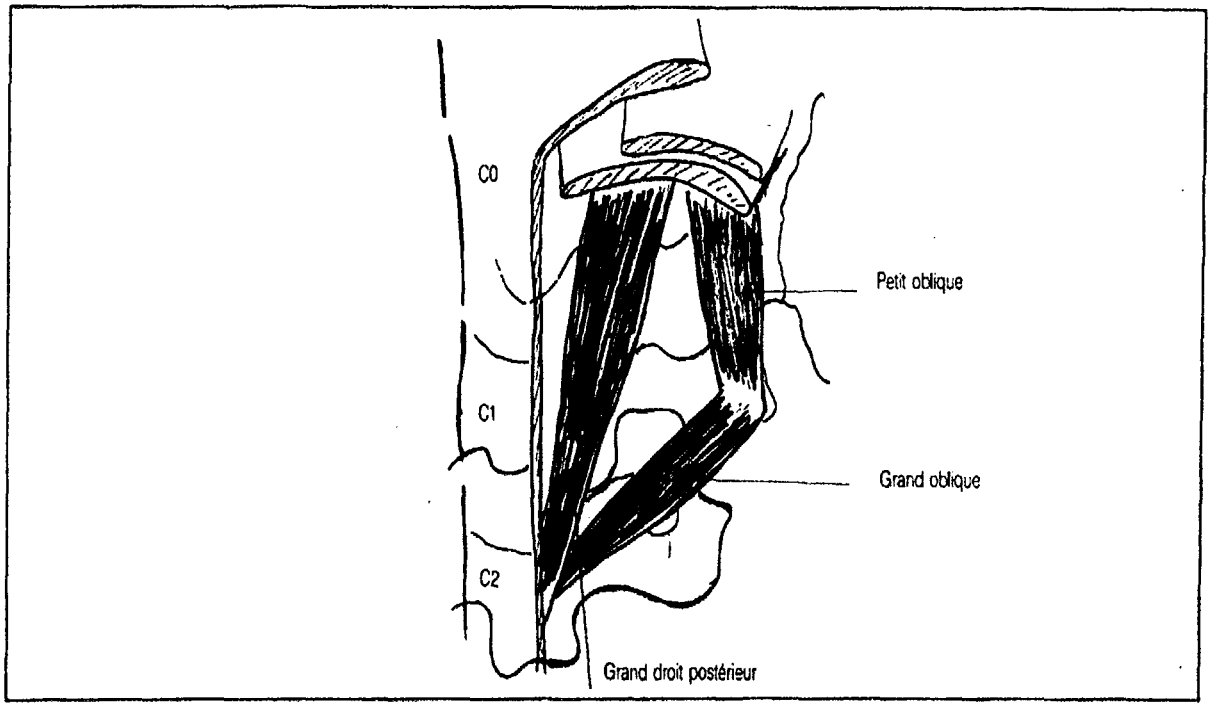


Figure 11 : *le triangle de TILLAUX.*
(D'après PERLEMUTER, cité dans l'ouvrage
de CLAUZADE et DARRAILLANS, 1989)

2.2.2.3. Les muscles de la céphalogyrie

Tout d'abord, on se doit de définir ce qu'est la céphalogyrie pour mieux appréhender l'action des muscles qui entrent en compte. La céphalogyrie assure la rotation de la tête et du cou associée aux mouvements des yeux. Cette fonction passe par le nerf spinal médullaire, onzième paire de nerfs crâniens, qui innerve les deux muscles trapèze et sterno-cléido-mastoïdien. Ce nerf est le nerf principal de la rotation de la tête autour de son axe vertical.
Il faut aussi signaler que ces deux muscles ont une innervation accessoire, issue des branches antérieures des deuxième, troisième et quatrième nerfs cervicaux.

- *Le sterno-cléido-mastoïdien :*

Il est tendu de l'articulation sterno-claviculaire à l'apophyse mastoïde. Lorsque le point fixe est sterno-claviculaire, ce muscle agit sur la tête qui réalise un triple mouvement lors d'une contraction unilatérale. Ainsi celle-ci réalise une flexion et une inclinaison latérale vers le côté homonyme et une rotation vers le côté opposé. La contraction bilatérale provoque la flexion directe de la tête sur le cou et du cou sur le thorax ; mais si comme le dit LAZORTHES (1981), « la tête est préalablement renversée en arrière (en extension), le sterno-cléido-mastoïdien exagère ce mouvement et devient extenseur de la tête, par le fait que l'axe de traction des muscles est situé sur un plan postérieur à l'axe de flexion-extension de la tête (articulation occipito-atloïdienne) ».

- *Le trapèze :*

Chaque faisceau possède son action propre. Ceux qui nous intéressent sont bien sûr les faisceaux supérieurs claviculaires qui lorsque le point fixe est céphalique, sont élévateurs de l'épaule. En revanche, lorsque le point fixe est claviculaire, ils inclinent la tête du côté correspondant et la tournent vers le côté opposé. L'action combinée de deux trapèzes produit une extension de la tête.

2.2.3. Conclusion

Il faut faire le distinguo entre la posture cervicale qui par définition, représente une position constante et fixe, une attitude céphalique à un moment donné et l'oculo-céphalogyrie qui implique un changement de la tête dans l'espace.

Selon LAZORTHES (1981), « oculogyre » est le nom sous lequel sont désignés les centres, nerfs et muscles rotateurs des yeux et « céphalogyre » le nom sous lequel sont désignés les centres, les nerfs et les muscles rotateurs de la tête.

Ainsi la posture cervicale est gérée par le jeu musculaire tonique des muscles profonds de la nuque qui en se contractant en bloc réalise la stabilité latérale et sagittale de la tête tout en fixant la charnière occiput-atlas-axis dans son ensemble. N'oublions pas qu'Atlas a été condamné dans la mythologie grecque à porter le globe terrestre sur ses épaules !

Il faut également signaler qu'ils ont chacun des corps musculaires riches en fuseaux neuro-musculaires et neuro-tendineux, récepteurs proprioceptifs dont le but à tout moment est d'assurer un équilibre cranio-cervico-facial tant dans la posture que dans le mouvement. Pour ce dernier, ils contrôlent la rotation de la tête possédant une fonction d'asservissement dans la régulation du tonus des grands muscles céphalogyres et peuvent inhiber directement et sans délai toute action céphalogyre dangereuse pour l'intégrité artérielle vertébro-basilaire.

Les muscles comme le sterno-cléido-mastoïdien et le trapèze entrent bien entendu en compte en tant que muscles périphériques si l'on se place d'un point de vue anatomique. Ces deux muscles possèdent une fonction cinétique qui peut être volontaire et consciente mais aussi réflexe dans le cadre de l'oculo-céphalogyrie. Les fuseaux neuro-musculaires détectent l'étirement voulu ou non d'un muscle, déclenchant ainsi une réaction en chaîne vers les centres intégrateurs et produisant un ordre auquel va aussitôt obéir le muscle effecteur.

Les organes de GOLGI siégeant dans les formations tendino-périostées d'amarrage évitent toute traction excessive qui risquerait de léser le muscle, en inversant l'effet cinétique avec d'autant plus de détermination que l'excitation crée a été forte.

2.3. L'appareil manducateur

Il nous faut considérer tous les éléments qui concourent à la manducation, regroupant l'ensemble des fonctions oro-faciales.

Nous décrirons successivement les différentes structures impliquées dans la posture mandibulaire.

2.3.1. Rappel sur l'anatomie et le rôle des muscles masticateurs et des A.T.M.

2.3.1.1. Les muscles masticateurs

Il est classique de rappeler que les muscles élévateurs et les muscles abaisseurs de la mandibule sont des muscles antagonistes, les uns étant en inhibition, alors que les autres sont en état de contraction. Diverses méthodes de recherche dont l'électromyographie, ont permis de préciser que les différents muscles du complexe stomatognathique travaillent en synergie pour que s'accomplisse la fonction de l'ensemble, jouant à tel moment un rôle principal propre, à tel autre un rôle complémentaire indispensable.
L'ensemble des muscles masticateurs et leur situation sont regroupés dans les figures 12 et 13.

2.3.1.1.1. *Mouvement d'élévation de la mandibule*

Le masséter est un muscle élévateur puissant ; il s'insère à la fois sur l'arcade zygomatique et au niveau de l'angle externe de la mandibule.

Le temporal est également puissant de par sa nature en éventail ; il s'insère en bas sur l'apophyse coronoïde et au niveau du bord antérieur de la branche montante de la mandibule. L'insertion supérieure se fait sur la partie latérale du crâne dans la fosse temporale.

Le ptérygoïdien médial est le troisième muscle impliqué dans l'élévation de la mandibule et présente son insertion supérieure dans la fosse ptérygoïde, quelques fibres s'attachant à la partie postérieure de la tubérosité du maxillaire. Son insertion inférieure s'étale à la face interne de l'angle de la mandibule.

2.3.1.1.2. *Mouvement d'abaissement de la mandibule*

Le ptérygoïdien latéral est un muscle constitué de deux chefs bien distincts ; l'un supérieur s'insère sur la grande aile du sphénoïde, l'autre inférieur sur la face externe de l'aile externe de l'apophyse ptérygoïde. Puis ils s'accolent l'un à l'autre pour mourir au niveau de la capsule articulaire (chef supérieur) ainsi que sur le bord antérieur du ménisque et au niveau de la partie antérieure du col du condyle, certaines des fibres étant attachées à la capsule articulaire (chef inférieur).

Les muscles sus-hyoïdiens sont fixés, d'une part à la mandibule et, d'autre part, à l'os hyoïde. Parmi eux, on peut nommer le digastrique, le mylo-hyoïdien et le géno-hyoïdien. Leur action dépend de l'état de contraction ou d'inhibition d'autres muscles. Par là, on entend une élévation de l'os hyoïde et du larynx par contraction de ces muscles si la mandibule est immobilisée par l'activité de ses muscles élévateurs. En revanche, si les muscles sous-hyoïdiens sont en état de contraction, immobilisant par la même occasion l'os hyoïde, la contraction des sus-hyoïdiens abaissera la mandibule.

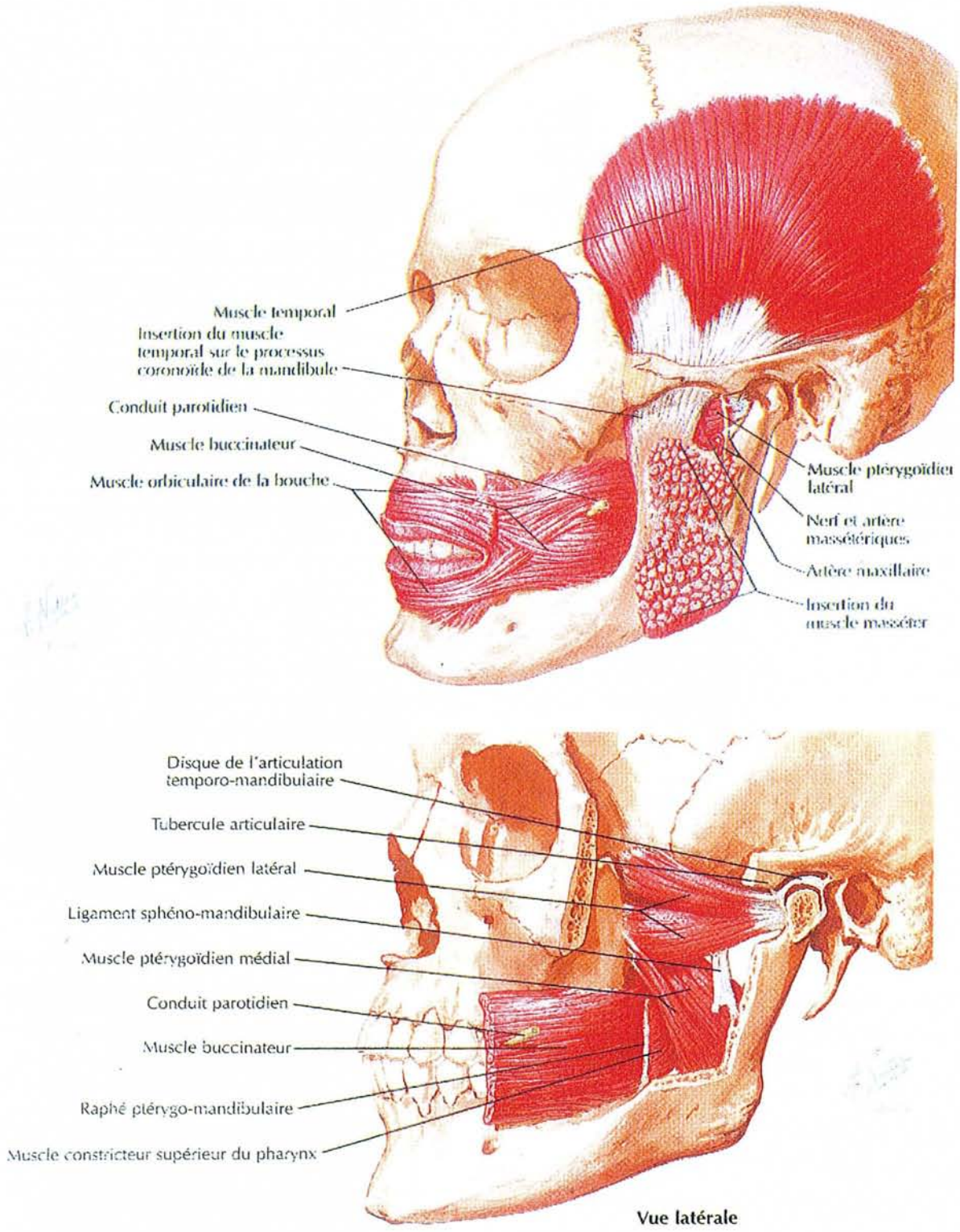


Figure 12 : *les muscles de la mastication.*

(D'après NETTER, 1997)

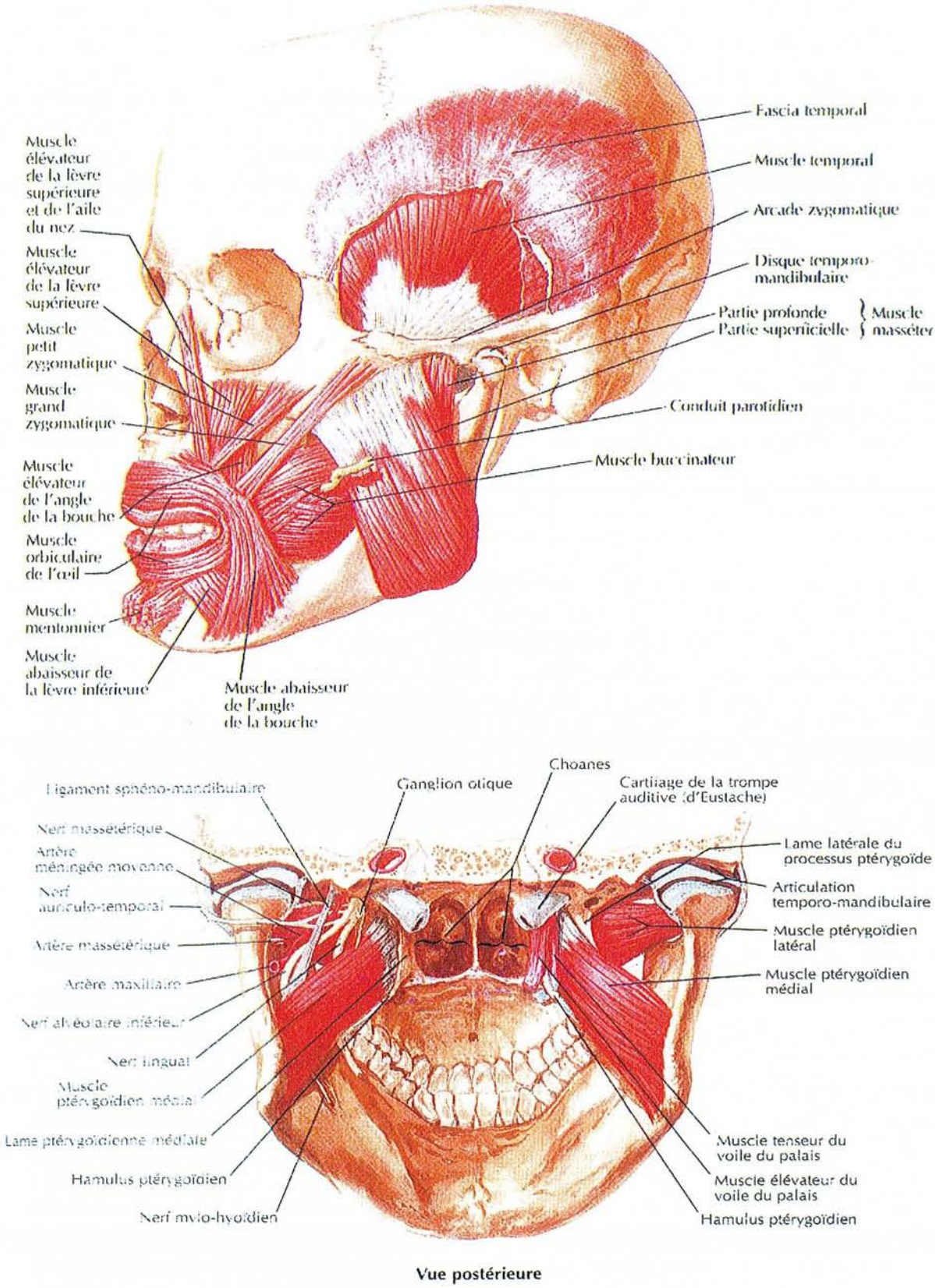


Figure 13 : *les muscles de la mastication.*
(D'après NETTER, 1997)

2.3.1.2. L'articulation temporo-mandibulaire

2.3.1.2.1. *Rappel anatomique*

L'articulation temporo-mandibulaire est une diarthrose bicondylienne. Le condyle du temporal et le condyle mandibulaire, qui constituent deux surfaces articulaires convexes, sont séparés par un ménisque fibro-cartilagineux biconcave. Ils sont reliés par une capsule que renforcent les ligaments latéraux et par des muscles et des ligaments dits accessoires.

2.3.1.2.2. *Le rôle des A.T.M.*

C'est le jeu neuro-musculaire qui mobilise la mandibule au cours des mouvements fonctionnels. De celui-ci dépend donc le fonctionnement des A.T.M. qui est orienté et orchestré par les propriocepteurs situés au niveau des muscles élévateurs de la mandibule mais aussi au cœur même des muqueuses. Viennent s'ajouter les récepteurs que contiennent la capsule et les ligaments articulaires des A.T.M.

Une notion essentielle apparaît clairement, à savoir que dans des conditions fonctionnelles, c'est le jeu articulaire qui est entièrement sous la dépendance du jeu neuro-musculaire et non l'inverse ; seules des conditions pathologiques atteignant directement une A.T.M. ou les deux peuvent contrecarrer cette relation et amener à voir le jeu musculaire influencé par les articulations.

2.3.2. Physiologie neuro-musculaire

2.3.2.1. Les propriocepteurs de l'appareil manducateur

Ce sont, comme nous les avons définit des récepteurs sensibles aux changements qui interviennent au sein même de l'organe qui les contient, modifications qui concernent à la fois

la position ou le mouvement. On les trouve dans les muscles, dans le parodonte et au niveau de l'articulation temporo-mandibulaire.

2.3.2.1.1. *Les fuseaux neuro-musculaires et organes tendineux de GOLGI*

On décrit ainsi **les fuseaux neuro-musculaires** (F.N.M.) (figure 14) situés entre les fibres musculaires et **les corpuscules de GOLGI** (figure 15) présents dans les tendons et les fibres tendineuses qui attachent ceux-ci aux muscles.

Les F.N.M. des muscles masticateurs ont une distribution qui n'est pas aussi régulière que dans les muscles des membres supérieurs et inférieurs.
Chez l'homme et l'animal, c'est la partie profonde du masséter qui est la plus riche en F.N.M. tandis que pour le ptérygoïdien médial chez l'animal c'est la partie médiale. Au sein du ptérygoïdien latéral humain, ils sont habituellement présents dans la couche musculaire moyenne. Pour le temporal, ce sont les faisceaux verticaux et horizontaux qui en abritent une grande partie.
Les F.N.M. des différentes portions musculaires fournissent des réponses variables en fonction du stimulus donné. Le système nerveux utilise alors préférentiellement les informations qui naissent dans les zones des muscles élévateurs où la concentration apparente des F.N.M. est importante.

On peut aussi ajouter que les muscles élévateurs renferment peu de F.N.M. en règle générale et qu'ils seront par conséquent à classer entre les muscles larges des membres où il y a une faible proportion de F.N.M. et les muscles responsables de mouvements fins tels que les muscles extrinsèques de l'œil ou même les muscles de la nuque responsables de la posture céphalique où la concentration de F.N.M. est importante. Même si chez le chat, les muscles masticateurs sont incontestablement de type phasique, chez l'homme ils présentent des caractéristiques intermédiaires. Le temporal semble plus tonique que le masséter. Et comme nous l'avons vu précédemment, des différences de densité de F.N.M. existent entre les faisceaux. Ce qui signifie, en reprenant l'exemple du masséter, que les faisceaux profonds du masséter sont plus toniques que les faisceaux superficiels puisqu'ils renferment davantage de F.N.M.

Comme pour la région cervicale, chaque F.N.M. répond à une architecture bien précise: Chaque fuseau contient quelques fibres très fines que l'on nomme intrafusales ; et certaines (les fibres à sac nucléaire ou terminaisons annulo-spiralées) possèdent davantage de noyaux dans la partie équatoriale du fuseau que les autres (les fibres à chaîne nucléaire). Les fibres intrafusales sont séparées des fibres extrafusales par la capsule musculaire comme le montre la figure 16.

On a également une réduction du nombre des myofibrilles et des myofilaments dans la région équatoriale ou, par ailleurs, le diamètre des fibres à chaîne nucléaire est plus petit que dans les régions polaires. Ceci indique que l'élasticité est maximale au niveau de la région centrale, là où les terminaisons sensorielles sont présentes et la réponse dynamique émane précisément de cet endroit.

Le paquet de fibres intrafusales est emprisonné dans une capsule interne (où les capillaires sont présents) et l'espace extracellulaire contient des fibres élastiques qui ont un rôle significativement important dans la fonction fusoriale. Les deux régions périphériques des fibres intrafusales sont légèrement plus larges, contiennent peu de noyaux, mais beaucoup plus de myofibrilles et de myofilaments que dans la région centrale.

Les organes de GOLGI encerclent les paquets de collagène qui sont couplés en série avec les fibres extrafusales de la terminaison du muscle. Il existe une capsule similaire à celle du F.N.M. de 0.1mm de diamètre et généralement sur 1 mm de long. Les terminaisons nerveuses investissent la membrane et les fibres afférentes sont de type Ib. Les récepteurs répondent classiquement à une augmentation de tension dans le tendon pendant la contraction du muscle.

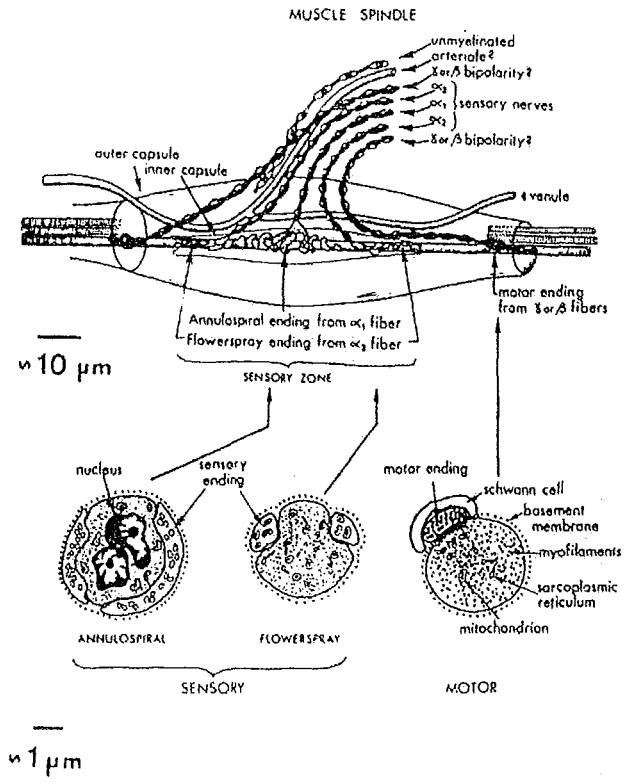


Figure 14 : *schéma d'un fuseau neuro-musculaire.*
(*D'après KARLSSON,* 1976)

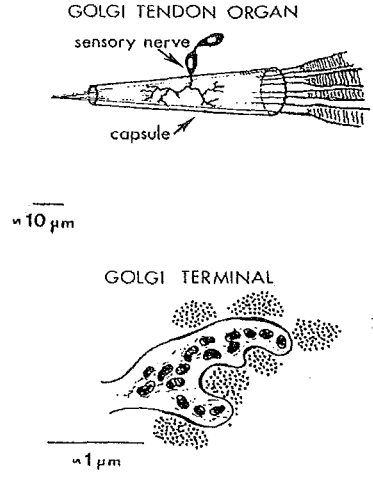


Figure 15 : *schéma d'un organe neuro-tendineux de GOLGI.*
(D'après MERRILLEES, 1962 et BRIDGMAN, 1968 cités par KARLSSON, 1976)

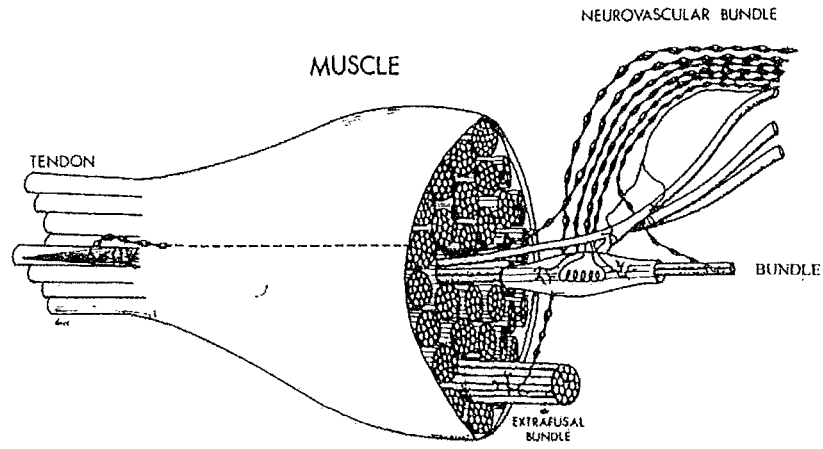


Figure 16 : *relation entre faisceau musculaire, fibres extrafusales, fibres intrafusales et système neurovasculaire.*
(D'après KARLSSON, 1976)

2.3.2.1.2. *Les récepteurs parodontaux*

Les fibres à destination parodontale sont issues soit de nerfs interdentaires ou interradiculaires, elles pénètrent alors dans l'espace desmodontale à travers les multiples foramina de la lame cribliforme de l'os alvéolaire, soit du tronc apical où elles se séparent des fibres pulpaires avant que ces dernières ne pénètrent dans le canal radiculaire. Contrairement aux fibres pulpaires, le groupe de fibres parodontales réunit tous les calibres rencontrés dans les nerfs sensitifs extéroceptifs. Les fibres A alpha du tronc apical dont le diamètre peut atteindre 14 micromètres se dirigent donc toutes vers le desmodonte.

Les récepteurs parodontaux existent dans le desmodonte, la gencive et le périoste. Actuellement, on considère que ces récepteurs sont de type RUFFINI plus ou moins complexes tels qu'ils sont illustrés dans la figure 17.

Il s'agirait soit d'un ensemble discret constitué d'une fibre myélinisée encapsulée qui en suivant un trajet sinueux perdrait sa gaine de myéline et se diviserait en petites unités terminales amyéliniques, soit d'un récepteur plus complexe, constitué de trois ou plusieurs fibres nerveuses qui perdent leur gaine de myéline elles aussi et encerclent une autre fibre avec leurs branches terminales.

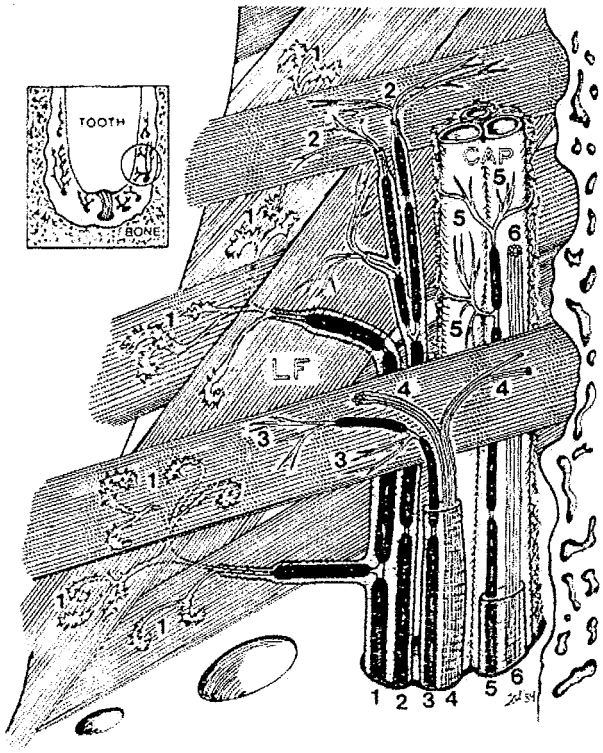


Figure 17 : *1 : Terminaisons de type RUFFINI complexes entourant l'axone pré-terminal. 2 : Terminaisons de type RUFFINI simples formant de petites unités paires terminales. 3 : Terminaisons de type RUFFINI simples issues d'axones petits, libres et myélinisées. 4 : Paquet d'axones amyéliniques. Il existe aussi des récepteurs encerclant les capillaires : 5 : Terminaisons de type RUFFINI simples. 6 : Paquet d'axones non myélinisés. Le médaillon indique la localisation du schéma dans le ligament périodontal.*
(D'après BYERS M.R., 1985, cité par BRADLEY, 1995)

Le fonctionnement des récepteurs parodontaux a été étudié grâce aux enregistrements unitaires extracellulaires effectués au niveau du prolongement périphérique ou du corps cellulaire du protoneurone.

Les principales propriétés de ces récepteurs sont les suivantes :

- **l'adaptabilité** : les récepteurs parodontaux peuvent l'être ou non.
- **la sensibilité à la vitesse d'application de la stimulation** : les récepteurs adaptables présentent une réponse maximale lorsque la stimulation est

appliquée brusquement alors que les récepteurs à activité spontanée y sont relativement indifférents.

- **le seuil** : il est très faible puisqu'une force de 1g peut être suffisante pour faire apparaître une activité. Les récepteurs non adaptables ont un seuil plus élevé que ceux à activité spontanée et plus faible que ceux adaptables.
- **la sensibilité à l'intensité de la force appliquée** : ils sont capables de détecter de très faibles variations de l'amplitude de la stimulation, en particulier les récepteurs non adaptables.
- **la sensibilité directionnelle** : ils sont sensibles à la direction et au sens de la force de stimulation.
- **le champ périphérique** : un protoneurone innerve le parodonte d'une seule dent ou de plusieurs dents adjacentes. Dans ce cas, les propriétés des réponses sont les mêmes quelle que soit la dent stimulée.

Ces propriétés constituent ***un codage*** des diverses caractéristiques de la stimulation, le système nerveux central est dont très précisément renseigné sur les forces appliquées aux dents.

Une stimulation mécanique du parodonte évoque selon son intensité une sensation de tact, de pression ou de douleur. Il s'agit de sensations de type extéroceptif. Mais il ne faut pas omettre l'autre fonction fondamentale de tels récepteurs, à savoir que les dents participent avec d'autres organes comme par exemple l'A.T.M. à l'élaboration des sensations de positions mandibulaires qui sont proprioceptives.

En effet, il ne faut pas oublier que l'extéroception permet à la proprioception de s'adapter à toute situation et à tout instant, en terme d'informations intégrées au niveau du système nerveux central pour assurer le contrôle de la posture et du mouvement.

La sensibilité des propriocepteurs est telle que même une feuille de papier très mince placée entre les dents antagonistes les font réagir, fournissant l'information adéquate au système neveux central pour que soit établit un « plan d'attaque » destiné aux effecteurs dont le rôle consiste à s'adapter le mieux possible à toute situation quelle soit statique ou dynamique.

Cette approche traduit l'appréciation par les récepteurs parodontaux et pendant la mastication de la texture du bol alimentaire. Le seuil absolu, identique au niveau des incisives et des molaires, est compris entre 10 et 30 micromètres mais si l'expérimentation est conduite pendant la mastication, il est très fortement augmenté. Lorsque l'épaisseur du corps étranger est voisine du seuil absolu, l'anesthésie du parodonte augmente considérablement le seuil, ce qui indique que les récepteurs parodontaux ont un rôle prédominant dans cette sensation. Par contre, lorsque l'objet est plus volumineux, l'anesthésie parodontale ne modifie qu'assez peu l'appréciation de l'épaisseur. De même et toujours dans le cas de la détermination de l'épaisseur d'un objet volumineux (2 à 5 mm) le seuil différentiel est voisin qu'il soit apprécié par des sujets dentés ou édentés, ce qui montre bien que d'autres récepteurs situés dans les muscles masticateurs et surtout dans l'A.T.M. sont dans cette situation prédominants.

Le corps cellulaire des fibres afférentes du ligament desmodontal se situe dans le ganglion trigéminal (TG) ou dans le noyau mésencéphalique du trijumeau (MS). Comme le montre la figure 18, la proportion des corps cellulaires se trouvant dans le noyau mésencéphalique est croissante de la périphérie à l'apex où elle atteint un nombre très important. La proportion des corps cellulaires se trouvant dans le ganglion trigéminal est faible à l'apex et maximale à mi-hauteur de la racine. La localisation des récepteurs au sein du ligament desmodontal détermine les caractéristiques de la réponse. Avec ce type de répartition, la sensibilité aux forces appliquées verticalement est beaucoup plus importante que des forces plus transversales.

Donc le degré de stimulation et la réponse des mécanorécepteurs dépendent non seulement des propriétés intrinsèques des récepteurs, mais aussi de la direction de la force appliquée sur la dent, de par la répartition spécifiques des récepteurs.

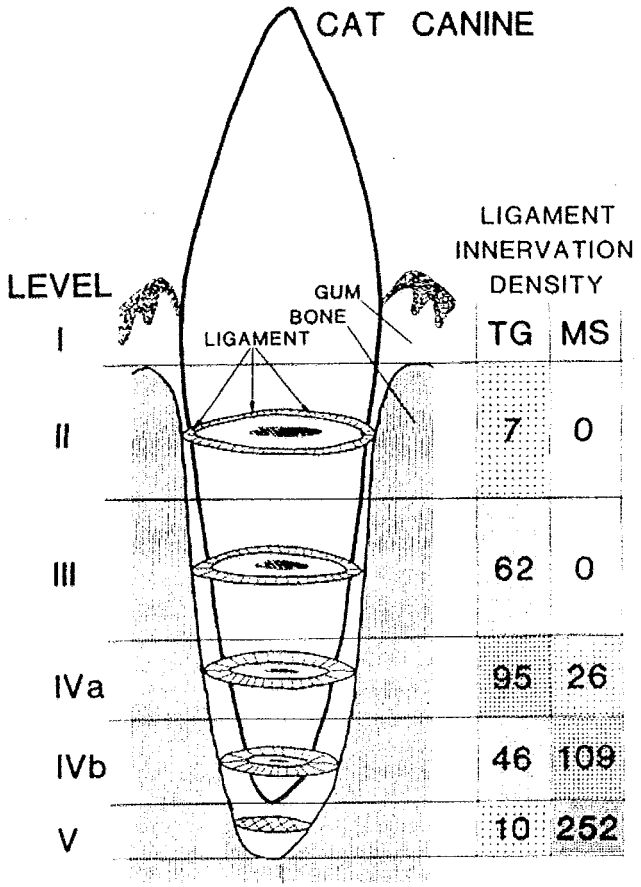


Figure 18 : *répartition des corps cellulaires des afférences parodontales dans le ganglion trigéminal et le noyau mésencéphalique du trijumeau.*
(D'après BYERS, 1989, cité par BRADLEY, 1995)

2.3.2.1.3. *Les récepteurs de l'A.T.M.*

Les parties postérieures et latérales de la capsule et le ligament latéral externe reçoivent leur innervation par le nerf auriculo-temporal ; les nerfs temporaux profonds postérieurs et massétérins innervent la partie antérieure de la capsule ; la partie antérieure, proprement articulaire, du ménisque ainsi que de la membrane synoviale ne contiennent que peu ou pas de récepteurs.

4 types de récepteurs sont généralement décrits (figure 19).

Les terminaisons libres, très abondantes, sont présentes dans toutes les zones innervées, viennent ensuite par ordre de fréquence : **les récepteurs de RUFFINI, de GOLGI** et **de PACINI**.

Les corpuscules de GOLGI sont issus de fibres de gros diamètre (12 à 17 microns).

Ceux de RUFFINI et de PACINI font suite à des fibres de 5 à 11 microns.

Les terminaisons libres font suite à des fibres amyéliniques ou de petites fibres myélinisées de diamètre inférieur à 5 microns.

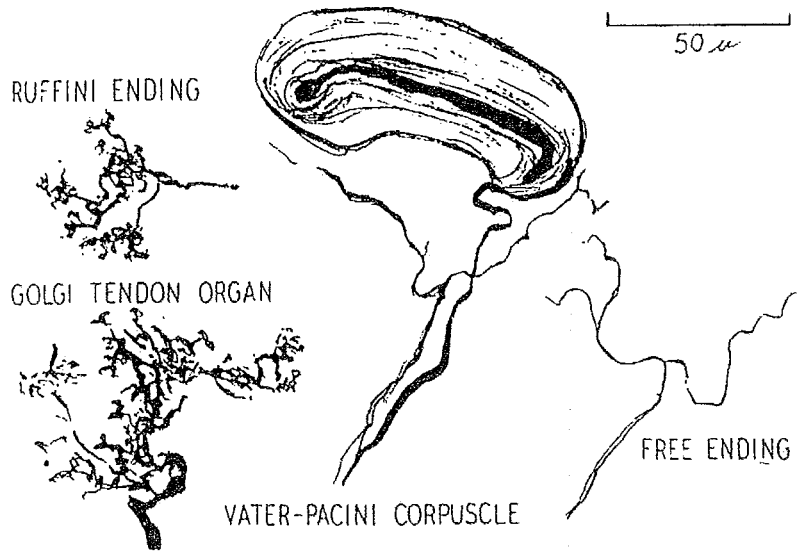


Figure 19 : *les quatre types de récepteurs présents dans l'A.T.M. chez l'homme.*
(D'après THILANDER, 1961 cité par STOREY, 1976)

L'observation des récepteurs de l'A.T.M. a été effectuée en disséquant le nerf auriculo-temporal et en enregistrant par micro-électrode l'activité d'une seule fibre nerveuse lors d'un déplacement de la mandibule par rapport au crâne.

Quatre formes de réponses ont été observées, chacune correspondant à un type morphologique de récepteur ce qui permet la description suivante :

- ***les récepteurs de Ruffini :*** Les réponses sont non adaptables, le récepteur est actif pour un angle d'ouverture buccale donné, mais l'angle d'ouverture

efficace varie pour chaque récepteur. Il existe donc toujours, quelque soit l'angle d'ouverture, un échantillon de récepteurs de RUFFINI en activité, la composition de cet échantillon variant avec la position de la mandibule. Ces récepteurs transmettent donc des informations concernant la position.

- ***les récepteurs de Pacini :*** Les réponses sont adaptables, tous les récepteurs sont activés ensemble et transitoirement à l'occasion de chaque mobilisation de la mandibule quelle que soit la direction du mouvement ou la position initiale de la mandibule. Ils signalent donc le début ou la fin d'un mouvement.

- ***les récepteurs de Golgi :*** ils sont peu adaptables, ils sont actifs lors de pressions importantes appliquées sur les tissus articulaires et jouent donc un rôle de protection.

- ***les terminaisons libres :*** Elles répondent aux stimulations nociceptives et sont responsables des sensations douloureuses.

De même que les récepteurs du parodonte, les messages issus de l'A.T.M. exercent une influence sur les motoneurones commandant les muscles masticateurs. Ainsi, les récepteurs de RUFFINI ont un rôle essentiel dans le maintien de la posture mandibulaire et les récepteurs de PACINI dans le contrôle du mouvement. Outre la douleur, les récepteurs de l'A.T.M. participent à l'élaboration des sensations proprioceptives.

La sensation de position de la mandibule est très précise puisqu'un sujet est capable de retrouver une position d'ouverture donnée à environ 1mm près. Cette précision est considérablement diminuée lorsque l'A.T.M. est anesthésiée ce qui montre bien que les récepteurs articulaires sont très importants dans ce type de sensations.

Des expériences récentes on toutefois montré que les récepteurs intra-musculaires participent également à l'élaboration des sensations proprioceptives. En effet, si une vibration d'origine mécanique est appliquée à un muscle d'un membre immobilisé chez un sujet éveillé, ce dernier perçoit une illusion de mouvement, ce qui montre qu'une telle sensation peut aussi naître en l'absence de sollicitation des récepteurs articulaires.

2.3.2.2. Implications des propriocepteurs de l'appareil manducateur

2.3.2.2.1. *La cinétique mandibulaire*

Les propriocepteurs issus des différentes structures envoient des informations aux centres nerveux pour préciser la position de la mandibule (RUFFINI au niveau de l'A.T.M., récepteurs parodontaux, F.N.M. au niveau des muscles masticateurs), des informations concernant le début et la fin du mouvement (PACINI), des informations d'alerte si le mouvement va au-delà de la limite physiologique (GOLGI) complétées par les informations des terminaisons libres non encapsulées d'ordre nociceptives, participant ainsi au développement et à l'harmonisation des mouvements mandibulaires.

2.3.2.2.2. *La position de repos de la mandibule*

La position de repos physiologique de la mandibule est validée lorsque tous les éléments du complexe stomatognathique sont dans une situation d'équilibre réciproque. On arrive alors à une position où les dents antagonistes sont séparées par un espace libre et où les lèvres sont légèrement en contact.

C'est sous l'effet du tonus postural que les muscles élévateurs compensent la pesanteur.

Ainsi ils permettent de maintenir la mandibule dans une situation que l'on pourrait penser fixe. En fait, il n'en ai rien : le poids de la mandibule induit en permanence une légère contraction des muscles élévateurs.

On réalise alors que le terme de position de repos n'est pas tout à fait exact, étant donné les oscillations continues de la mandibule afin de lutter contre la gravité.

Les propriocepteurs de l'appareil manducateur sont alors en constant travail afin d'assurer l'homéostasie posturale de l'ensemble crânio-cervico-facial.

Il existe des impulsions en provenance :

- **des fuseaux neuro-musculaires et les organes de GOLGI :**

C'est la gravité qui, en provoquant l'étirement des fibres musculaires des muscles élévateurs, sollicite leur réaction. Les corpuscules de Golgi réagissent à la tension produite par la contraction du muscle. Ces récepteurs envoient des stimuli aux centres intégrateurs qui élaborent un message destiné aux effecteurs musculaires dans le cadre du réflexe myotatique simple et inverse abordés dans la seconde partie.

- **des propriocepteurs des A.T.M. :**

Les récepteurs de RUFFINI renseignent sur la position alors que ceux de PACINI concernent la régulation du mouvement. Les organes tendineux de GOLGI sont quant à eux des mécanorécepteurs statiques qui assurent la protection du ligament et les terminaisons libres sont des récepteurs nociceptifs responsables de la protection du joint. Ces différents types de récepteurs se complètent donc pour arriver à un résultat sensorimoteur qui découle d'une intégration d'une foule d'informations au niveau central.

- **des propriocepteurs parodontaux :**

Très sensibles, ils réagissent à l'interposition entre les dents d'une feuille de 0,01 à 0,035 mm d'épaisseur suivant les individus. La règle de l'alternance du travail et du repos, en physiologie, est respectée au niveau du parodonte, grâce à l'intervention des propriocepteurs desmodontaux qui réagissent au contact dento-dentaire antagoniste.

En clinique, il est important de se rappeler **l'observation de SICHER** qui apparaît dans l'ouvrage de HARTMANN et CUCCHI (1993) : la mandibule ne peut se trouver en position de repos physiologique que si le sujet est debout ou assis, avec le corps et la tête bien à la verticale, « le regard dirigé vers l'horizon ». La position de repos est la position dans laquelle le sujet se place la plupart du temps, c'est-à-dire lorsque les dents sont séparées par un espace libre d'inocclusion. Aussi, pour tout enregistrement des rapports inter-maxillaires et pour tout examen de la musculature, la tête doit être dans le prolongement du tronc. En anticipant un peu les démonstrations expérimentales des études cliniques sur lesquelles nous nous appuierons par la suite, on peut en conclure que SICHER pensait avant tout que l'équilibre et le déséquilibre orthostatique de la tête, du cou et de tout le corps ont une influence sur le comportement de la musculature, et sur la posture mandibulaire de repos.

2.4. Le système oculaire

De très nombreux travaux montrent l'importance du capteur oculaire dans l'équilibre tonique postural. Plus précisément, ceux de ROLL et ROLL (1987) impliquent, et ceci de façon irréfutable, l'œil dans la régulation de la posture en montrant que la plus petite asymétrie de tension droite/gauche a des répercussions au niveau de l'équilibre.

Dans un premier temps, il applique des vibrations de faible amplitude dans les régions para-orbitaires correspondant aux différents muscles extra-oculaires. Les résultats obtenus qui sont illustrés dans la figure 20 sont étonnants et dépendent des muscles intéressés et du contexte postural dans lequel se trouve le sujet.

Ainsi, on remarque que :

- la vibration des muscles droits inférieurs des deux yeux provoque un déplacement du centre de gravité du corps vers l'arrière ;
- celle des droits supérieurs a un effet inverse ;
- les vibrations du droit latéral de l'œil droit et du droit médial de l'œil gauche induisent un déplacement du centre de gravité vers la gauche ;
- les mêmes vibrations sur l'œil gauche provoquent un déplacement vers la droite.

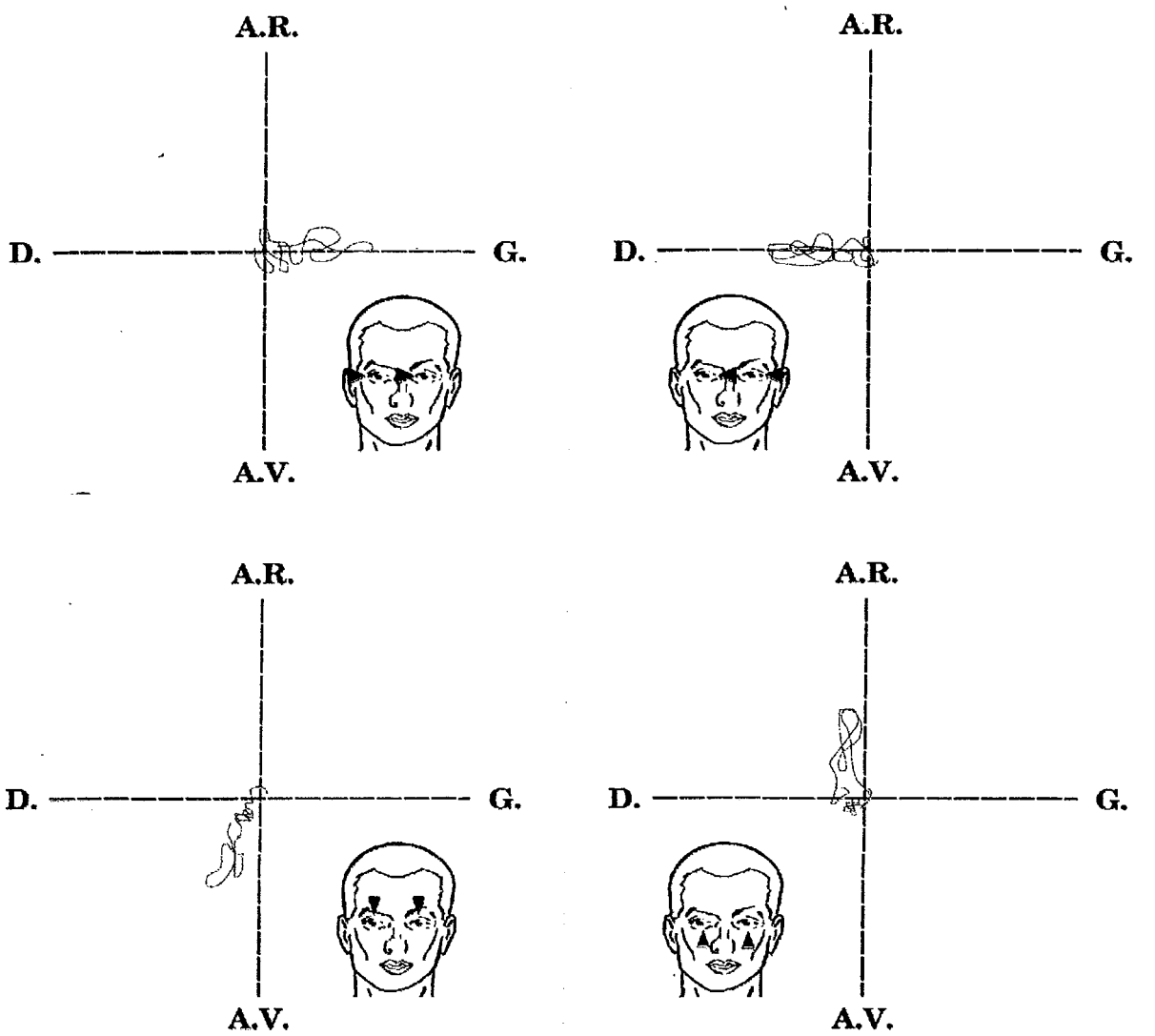


Figure 20 : *exemples d'effets posturaux directionnels induits par l'application de vibrations mécaniques sur les muscles oculomoteurs : les posturogrammes montrent clairement l'orientation spatiale des déplacements posturaux correspondant aux quatre sites de stimulation.*
(D'après ROLL et ROLL, 1987)

2.4.1. Définition de l'oculomotricité

Une vision normale est associée à une proprioception extra-oculaire résultant de mouvements normaux. Le maintien de l'intégration binoculaire est le résultat d'une vision binoculaire cohérente et d'afférences extra-oculaires bilatérales et équilibrées.

En fait, la fonction oculomotrice est extrêmement complexe car elle a pour but une synchronisation, une synergie parfaite entre les mouvements des deux globes afin d'assurer la fusion des deux images rétiniennes à tout instant.

L'œil est alors, à la fois un **endocapteur** et un **exocapteur** du système tonique postural. L'extéroception est essentiellement sous la dépendance des bâtonnets de la vision périphérique. La proprioception est, pour sa part, liée à l'activité musculaire extra-oculaire et aux voies de l'oculo-céphalogyrie qui asservissent les muscles cervicaux à ceux de l'œil.

2.4.2. Asservissement proprioceptif

Les nerfs oculomoteurs sont des nerfs moteurs mais également par certaines de leurs fibres afférentes, des nerfs spécialisés dans la proprioception. En effet, ils transmettent la sensibilité proprioceptive d'origine musculaire qui intervient dans le maintien de l'attitude de l'œil.

2.4.2.1. Description des muscles oculaires extrinsèques

Les muscles oculaires extrinsèques sont au nombre de six par œil, quatre muscles droits et deux muscles obliques (figure 21).
L'innervation et l'action des muscles oculaires extrinsèques sont illustrées dans la figure 22.

2.4.2.1.1. *Les muscles droits*

Ils forment une pyramide creuse dont la base est le globe oculaire et le sommet, l'anneau tendineux commun. Quatre languettes tendineuses disposées à angle droit constituent le point de départ proximal de ces muscles qui se fixent sur la partie antérieure de la sclérotique (scléra) par quatre tendons terminaux. On a donc :

- le muscle droit supérieur
- le muscle droit inférieur
- le muscle droit médial
- le muscle droit latéral

2.4.2.1.2. *Les muscles obliques*

Ils sont au nombre de deux et croisent « obliquement » l'axe antéro-postérieur :

- **le muscle oblique supérieur** naît en dedans et au-dessus du trou optique, donne un tendon qui se réfléchit à angle aigu dans une poulie de réflexion fibro-cartilagineuse et se termine sur la partie postéro-latérale de l'hémisphère postérieur du globe.
- **le muscle oblique inférieur** est le seul qui ne s'attache pas au fond de l'orbite mais près de l'orifice orbitaire du canal lacrymal. Il se dirige en dehors et en avant, passe sous le droit inférieur et se fixe sur la partie inférieure et latérale de l'hémisphère postérieur du globe.

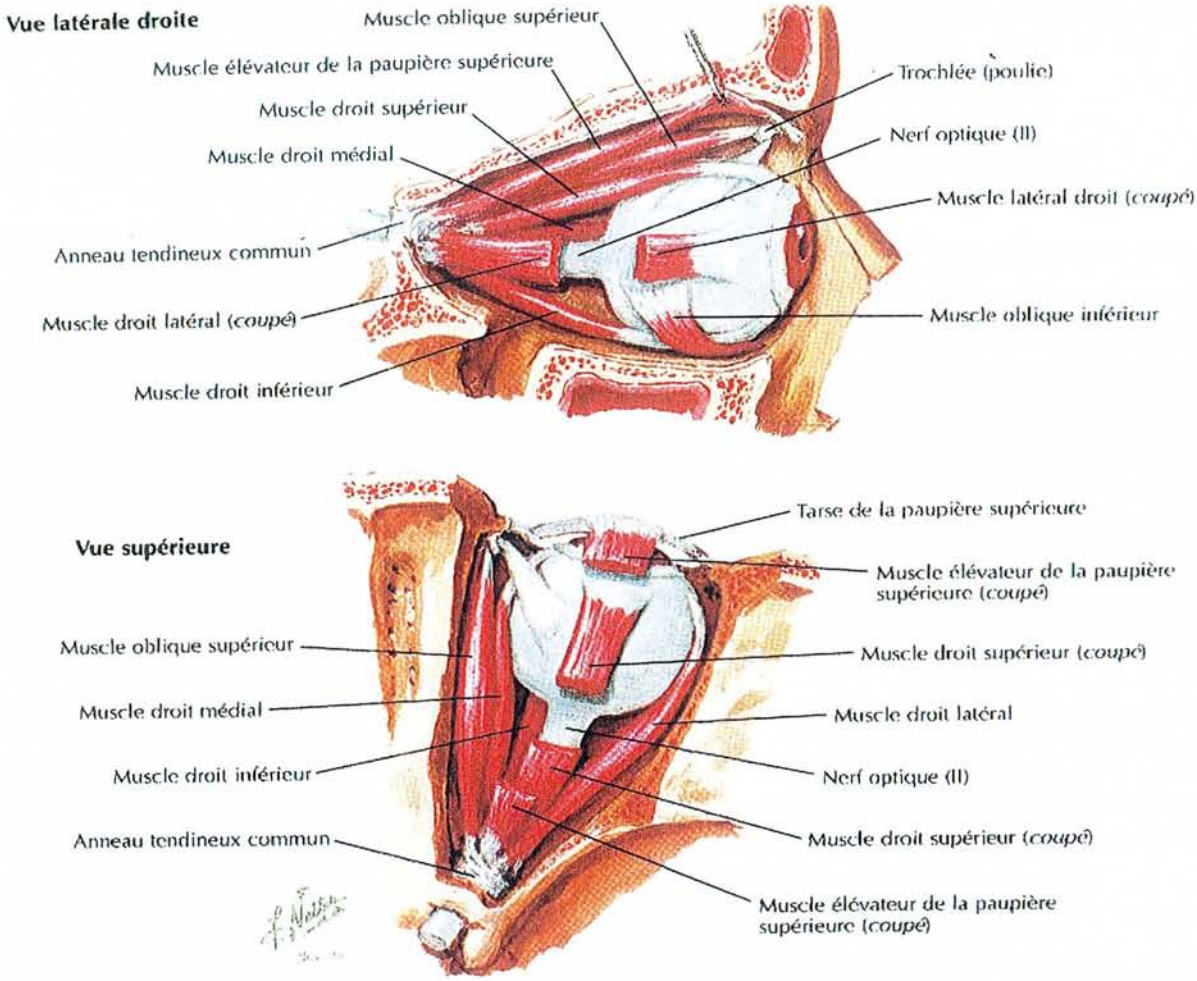


Figure 21 : *muscles extrinsèques de l'œil.*

(D'après NETTER, 1997)

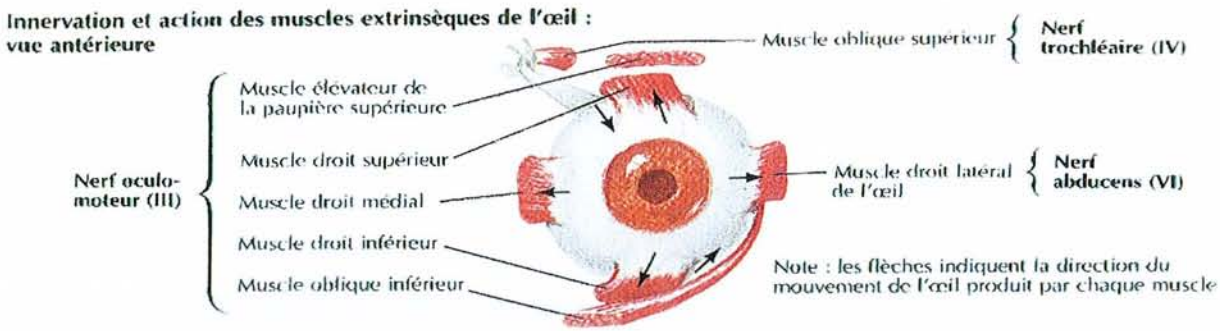


Figure 22 : *innervation et action des muscles extrinsèques de l'œil : vue antérieure.*

(D'après NETTER, 1997)

2.4.2.2. Les récepteurs proprioceptifs

Les muscles droit médial, droit supérieur, droit inférieur et oblique inférieur sont commandés par le nerf oculomoteur III, le muscle oblique supérieur par le nerf trochléaire IV, enfin le muscle droit latéral par le nerf abducens VI (figure 22). Ces nerfs oculomoteurs sont mixtes, c'est-à-dire qu'ils sont à la fois sensitifs et moteurs. On parle donc d'une double fonction à la fois proprioceptive mais aussi visuelle.

Concernant le versant proprioceptif, les muscles oculaires extrinsèques possèdent eux aussi, des fuseaux neuro-musculaires, ainsi que des terminaisons nerveuses sensitives dites en « palissade » situées à la jonction musculo-tendineuse, et fonctionnant comme des organes neuro-tendineux.

Les récepteurs proprioceptifs se prolongent par des filets afférents qui passent dans les nerfs oculomoteurs (III, IV, VI), puis dans le nerf ophtalmique de Willis (V1) gagnant ainsi le tronc cérébral.

Ainsi, par l'intermédiaire de voies centripètes qui se dirigent vers « l'ordinateur central », la proprioception musculaire oculomotrice donne sa part d'informations et complète alors le message généré qui va être intégré à différents niveaux centraux étudiés par la suite. Ceci est minutieusement mis en place afin d'assurer les mouvements conjugués de la tête, des yeux et du cou dans un système d'équilibration parfait. D'ores et déjà par sa branche ophtalmique, le nerf trijumeau se trouve donc impliqué dans l'oculomotricité et plus largement dans la régulation du système oculo-céphalogyre.

2.5. La langue

2.5.1. L'épithélium lingual

L'origine de l'épithélium de la langue est ectodermique et dépendante du premier arc branchial pour sa partie antérieure mobile, innervée par le trijumeau (les trois tubercules qui ont une couverture d'ectoderme dont l'origine est le premier arc). Elle est également endodermique car pour la région basale linguale dépendante de l'innervation sensorielle et sensitive du glosso-pharyngien, elle se forme à partir de l'endoderme pharyngien des deuxième et troisième arcs.

La langue a donc une double origine.

La couverture épithéliale de la cavité stomodéale (bouche et nez) « s'internalise » en quelque sorte. Le passage de l'ectoblaste à l'entoblaste se situe sur la langue au niveau des futures papilles caliciformes (frontière entre la couverture ectodermique et endodermique), au niveau du voile du palais et des choanes.

Dès le deuxième mois embryonnaire, au niveau de cette couverture épithéliale linguale, se différencient les papilles qui comportent de nombreux récepteurs : sensitifs épicritiques, nociceptifs, thermiques et gustatifs.

2.5.2. Sensori-motricité linguale

2.5.2.1. Afférences linguales

2.5.2.1.1. *Sensibilité gustative*

Les fibres nerveuses conduisant les influx gustatifs cheminent le long des collatérales de trois nerfs branchiaux.

Le nerf facial assure l'innervation gustative des 2/3 antérieurs de la langue, en avant du V lingual, ses fibres empruntent successivement, la racine sensitive du nerf facial, le nerf facial, la corde du tympan et le nerf lingual qui assure également la sensibilité somatique de la muqueuse linguale.

Le nerf glosso-pharyngien (IX) innerve les papilles caliciformes du V lingual et le 1/3 postérieur de la langue.

Le nerf vague (X) innerve les récepteurs gustatifs au niveau de la racine de langue qui n'existent plus chez l'homme mais qui sont présents chez le poisson.

2.5.2.1.2. *Sensibilité somatique*

L'ensemble des messages transite dans les noyaux du tronc cérébral du nerf trijumeau via le nerf lingual.

2.5.2.2. Efférences linguales

La langue est l'unique organe du corps composé exclusivement de muscles squelettiques. L'ensemble de ces muscles est innervé par le nerf hypoglosse (XII).

On divise généralement ces muscles en muscles intrinsèques qui n'ont pas d'attachements osseux et qui sont responsables de la forme de la langue et en muscles extrinsèques qui eux, ont une insertion osseuse et qui contribuent aux mouvements de protrusion, de rétrusion, et aux mouvements latéraux de la langue ce qui correspond à sa position.

Le nerf hypoglosse se divise en **une branche latérale** qui innerve le génohyoïdien, l'hypoglosse et le styloglosse et en **une branche médiale** qui innerve le génioglosse et les muscles intrinsèques. Les muscles qui interviennent dans la rétraction de la langue sont donc innervés par la branche latérale alors que ceux qui participent à la protrusion et à la forme de la langue dépendent de la branche médiale du nerf hypoglosse.

2.5.3. La proprioception de la langue

Le nerf hypoglosse ne possède pas de racine sensitive postérieure avec ganglion nerveux comme tous les nerfs rachidiens et il ne véhicule que des influx centrifuges moteurs.

On peut se demander comment se déterminent la proprioception de la langue et le contrôle de sa position temporo-spatiale. Comme le nerf hypoglosse contracte de nombreuses anastomoses avec le plexus cervical profond, on pourrait penser que les influx du contrôle fusorial de certains muscles sustentateurs de l'os hyoïde transitent par les quatre premières racines cervicales postérieures, ce que la clinique pourrait confirmer puisque certains troubles de la statique musculaire cervicale s'accompagnent de troubles statiques de la langue.

Mais l'architecture musculaire de la langue n'est pas conçue sur le mode « agoniste-antagoniste » comme les muscles des membres. De plus, les muscles propres de la langue tel l'hyoglosse, le styloglosse, le génioglosse ne possèdent pas de contrôle fusorial neuro-musculaire mais sont asservis directement par le système nerveux central. Enfin ces trois muscles ne possèdent qu'une insertion squelettique, la deuxième étant virtuelle car correspondant à l'objet ou à l'aliment que la langue est sensée contacter et contrôler.

Force donc est de constater que le contrôle proprioceptif de la musculature linguale n'est pas classique. Il serait assuré par les afférences nociceptives et tactiles trigéminales ; d'après COULY (1989), « **la langue serait ainsi une proie pour les dents et elle ne devrait son salut qu'au tapis sensitif la recouvrant, assurant ainsi une puissante action de protection dont l'origine est protopathique ».**

La langue défend son espace en rentrant en conflit avec la face linguale des dents ce qui maintient un volume buccal endodentaire adapté. Elle est incapable, faute de fuseaux neuro-musculaires, de différencier des poids de valeurs inégales lorsqu'on les pose sur la région apicale ; par contre, elle est capable de reconnaître la forme des objets : cube, sphère, arête ainsi que la qualité de leur surface, lui conférant un second sens : **le tact lingual.**

La langue serait donc une « forme informe » prenant une infinité de positions, de déformations.

Sa pauvreté ou son absence en fuseaux neuro-musculaires (suivant les espèces animales) lui permet contrairement aux muscles squelettiques de se tordre, de se mouvoir en s'adaptant aux dents par le biais du système nerveux central, c'est-à-dire par les relations entre les noyaux sensitifs du trijumeau et les noyaux moteurs de l'hypoglosse.

2.6. Tableau récapitulatif

L'information proprioceptive va être captée par les récepteurs proprioceptifs spécifiques des différents systèmes et chemine dans les nerfs concernés jusqu'aux centres segmentaires impliqués, premier relais du traitement des données (figure 23). Le tableau suivant est une synthèse de la sensibilité proprioceptive de la sphère crânio-cervico-faciale depuis les récepteurs jusqu'aux centres segmentaires.

Nom du système	Récepteurs proprioceptifs spécifiques	Nerf impliqué	Centre segmentaire
Proprioception vestibulaire	Cellules ciliées des canaux semi-circulaires Cellules ciliées des organes à otolithes	Vestibulaire	Noyaux vestibulaires
Proprioception trigéminale	***MUSCLES MASTICATEURS*** FNM, organes de GOLGI ***ARTICULATION-TEMPORO-MANDIBULAIRE*** Terminaisons libres Récepteurs de GOLGI, RUFFINI, PACINI ***DENTS, PARODONTE*** Mécano-récepteurs, terminaisons libres Récepteurs encapsulés ou non	Trijumeau	Colonne sensitive du trijumeau
Proprioception cervicale	Fuseaux Neuro-Musculaires, Organes de GOLGI	***MUSCLES CEPHALOGYRES*** Spinal Innervation accessoire C2 C3 C4 ***MUSCLES PROPRES DE LA NUQUE*** C2 C3	Noyaux gracile et cunéiforme
Proprioception des muscles oculaires extrinsèques	Fuseaux neuro-musculaires, terminaisons en palissade	Nerfs oculo-moteurs III, IV, VI puis le nerf ophtalmique de WILLIS V1	Colliculus supérieur, Colonne sensitive du trijumeau

Tableau 1

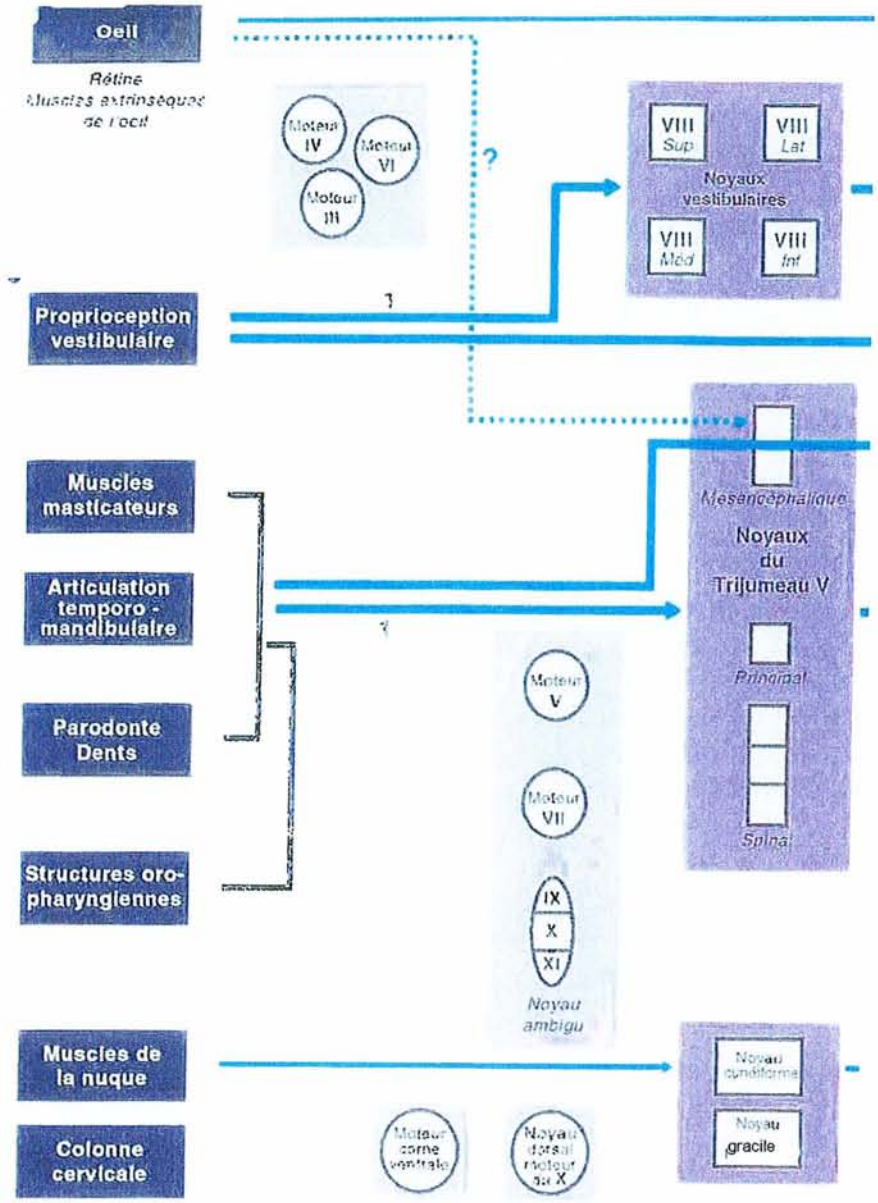


Figure 23 : *organisation segmentaire des afférences proprioceptives crânio-faciales.*
(D'après STRAZIELLE, 1995, modifié)

3. Organisation des centres segmentaires de la proprioception

3.1. Généralités

La proprioception crânio-cervico-faciale comprend différents éléments clés qui sont les suivants :

- les capteurs, qui vont coder différents stimuli.
- l'ordinateur central, qui intègre les messages.
- les effecteurs, qui élaborent les mouvements et les modifications souhaitées pour répondre à l'environnement d'une façon optimale.

Après avoir étudié les structures anatomiques de la proprioception que sont les récepteurs de la sensori-motricité cervico-faciale, nous nous attardons maintenant sur les voies par lesquelles transitent les informations venues de la périphérie.

On distingue des voies afférentes où les fibres sont ascendantes, du système nerveux périphérique au système nerveux central et des voies efférentes où les fibres sont descendantes (du SNC au SNP). Ces deux types de voies qui transportent les messages d'abord sensitifs puis moteurs ensuite, sont ponctués par de nombreux relais dont la fonction première est le traitement de l'information. On a affaire à un système très complexe où l'intervention de multiples centres segmentaires et supra-segmentaires régit cet ensemble avec une précision incroyable.

On peut distinguer plusieurs niveaux :

- **les centres segmentaires** constituent le premier relais des voies sensorielles ascendantes et le dernier relais des voies descendantes. Ils se situent dans le tronc cérébral et sont les noyaux sensitifs et moteurs des nerfs crâniens qui prolongent la substance grise de la moelle épinière. il s'agit du niveau le plus bas dans l'organisation hiérarchique du système sensori-moteur.
- le niveau intermédiaire comprend le **cortex moteur et le cervelet** qui contribuent à préciser les paramètres du mouvement.

- il existe également des **centres automatiques** tels que les centres rythmiques de la respiration et de la mastication.
- le niveau le plus élevé est représenté par **les aires associatives du néocortex et les ganglions de la base**, impliqués dans les stratégies motrices.

3.2. Les noyaux vestibulaires

Les stimuli captés par les récepteurs vestibulaires vont cheminer le long du nerf vestibulaire (protoneurone) qui fait relais dans le tronc cérébral au niveau des noyaux vestibulaires. Ils sont situés sur le plancher du IV° ventricule :

- le noyau **supérieur**
- le noyau **inférieur**
- le noyau **latéral**
- le noyau **médial**

Puis l'information, une fois la première synapse franchie, va aboutir **au cervelet**.

Les axones vestibulaires primaires se projettent directement sur le noyau vestibulaire homolatéral.

Les noyaux vestibulaires reçoivent par ailleurs des informations d'autres régions du cerveau, notamment du cervelet, et des systèmes sensoriels somatique et visuel, ce qui leur confère la possibilité d'intégrer ces informations avec les informations vestibulaires.

Au niveau **segmentaire**, les noyaux vestibulaires projettent sur de nombreuses régions, d'une part sur le tronc cérébral, et d'autre part sur la moelle épinière (figure 24).
C'est ainsi que les axones issus des organes à otolithes projettent vers le noyau vestibulaire latéral qui, à son tour, projette via le faisceau **vestibulo-spinal** sur les motoneurones des muscles qui maintiennent la posture corporelle.
Les axones issus des canaux semi-circulaires projettent quant à eux sur le noyau vestibulaire médian, à l'origine du faisceau longitudinal médian, qui excite les motoneurones du cou impliqués dans l'orientation de la tête. Ce système contribue à maintenir la tête droite, y compris lorsque le corps s'agite dans tous les sens.

Le faisceau vestibulo-spinal projette bilatéralement au niveau de la moelle épinière et active les circuits neuronaux impliqués dans la compensation posturale des mouvements de la tête comme le montre la figure 25. La stabilité de la tête est fondamentale par rapport au système

visuel : conserver une stabilité du regard lorsque le corps se déplace contribue à fixer notre perception de l'environnement.

Ce faisceau vestibulo-spinal fait parti du système ventro-médian qui est constitué de quatre faisceaux dont l'origine se situe au niveau du tronc cérébral, et qui influencent les interneurones spinaux contrôlant la musculature non seulement proximale mais aussi axiale. Les voies du système ventro-médian reçoivent prioritairement des informations proprioceptives et visuelles. Elles contribuent ainsi au maintien de l'équilibre et de la posture de façon réflexe.

On entrevoit alors qu'au niveau segmentaire et sans aucune influence supérieure, c'est-à-dire de façon réflexe, il existe des interconnections permettant, par l'intermédiaire de faisceaux directs, une adaptation posturale crânio-cervicale en fonction des informations vestibulaires.

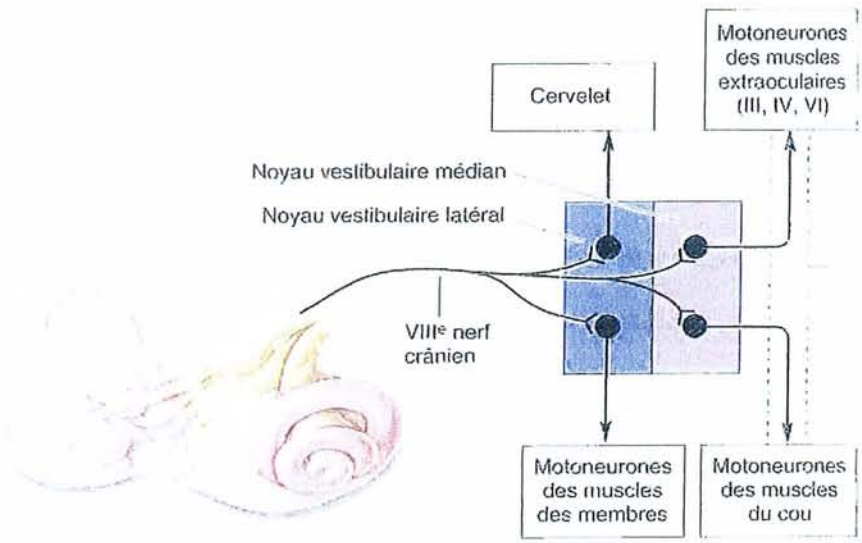


Figure 24 : *représentation des connexions vestibulaires centrales à partir d'un appareil labyrinthique.*

(D'après BEAR et al, 2003)

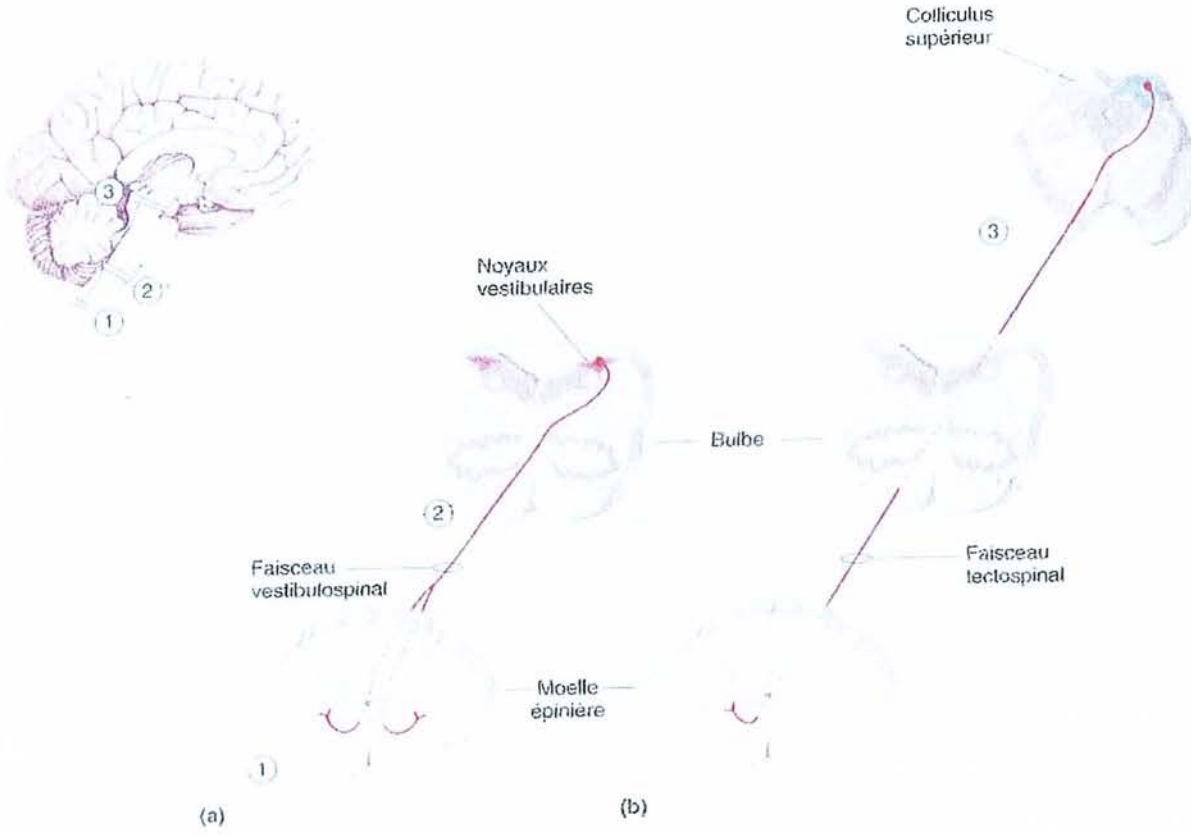


Figure 25 : *organisation anatomique des voies (a) vestibulospinale et (b) tectospinale.*
(D'après BEAR et al, 2003)

3.3. La colonne sensitive du trijumeau

Celle-ci se scinde en trois noyaux :

- le noyau mésencéphalique.
- le noyau principal.
- le noyau spinal ou complexe nucléaire spinal du trijumeau lui-même constitué par trois sous noyaux : les sous noyaux oral, interpolaire et caudal.

La proprioception trigéminale est double et emprunte deux voies :

- **la voie mésencéphalique** où font relais les informations provenant des fuseaux neuro-musculaires et de certains mécano-récepteurs périodontaux.
- **la voie du complexe nucléaire spinal** avec passage par le ganglion trigéminal intéressant les récepteurs tendineux de Golgi, les récepteurs de l'articulation temporo-mandibulaire et certains mécano-récepteurs périodontaux.

Les systèmes semblent tous deux, véhiculer les fibres proprioceptives pour les voies conscientes et inconscientes. En effet, PEARSON et al (1983) ont mis en évidence une projection trigéminale mésencéphalo-thalamique chez le singe.

Il semblerait toutefois que le noyau mésencéphalique soit responsable de l'acquisition d'une proprioception fine pour les mouvements précis dans l'ajustement postural mandibulaire, qu'il soit statique ou effectué lors d'un travail dynamique. Du fait de la proximité avec les centres moteurs, il se caractérise par une grande rapidité dans les réponses motrices résultantes.

La voie du noyau spinal récupérerait des informations proprioceptives moins fines caractérisant plutôt des mouvements de grande amplitude. Les relais prémoteurs étant plus nombreux, l'élaboration de la réponse motrice serait plus tardive que précédemment.

Le noyau mésencéphalique peut être considéré comme un relais majeur dans la sensori-motricité de la face. Son organisation présente des caractéristiques fonctionnelles qui l'excluent du rôle de simple ganglion.

HINRICHSEN et al (1969) ont mis en évidence des contacts jointifs de type « zona adherens » entre les cellules adjacentes en microscopie électronique. Des couplages de type électronique existent pour ces cellules. Lorsqu'une cellule se dépolarise, du fait de ces jonctions, il suffit d'un influx minime pour que les cellules voisines s'activent elles aussi. Ces cellules ont un **seuil infraliminaire**.

Le noyau mésencéphalique ne présente pas d'organisation somatotopique précise. Il existe des regroupements cellulaires qui établissent des contacts soma-somatiques particuliers. La particularité de ce noyau repose sur le fait que ces cellules sont hétérogènes, tant au niveau de la nature du récepteur que de la structure périphérique innervée.

BAKER et al (1971) accordent à ces contacts intercellulaires une activité électrique. Ce couplage entre cellules du même groupe jouerait un rôle important d'amplification ou d'intégration des activités musculaires dans les réflexes de la mâchoire.

ROKX et al (1988) ont montré dans leur étude en double fluorescence que les fibres proprioceptives issues des muscles temporal et masséter pouvaient intégrer le même groupe cellulaire.

Le noyau mésencéphalique est un système important d'intégration au niveau de la proprioception inconsciente trigéminale. En raison de sa position stratégique, il joue un rôle important de modulateur des informations sensitives et des réflexes de la mâchoire. Les interconnections cellulaires entre cellules d'origines différentes peuvent jouer un rôle dans l'intégration globale des informations proprioceptives dans la sensori-motricité.

ELIAS et TAYLOR (1984) ont travaillé sur les afférences trigémino-cérebelleuses de premier ordre schématisées dans la figure 26. Ils pensent que les rapports directs avec le cervelet seraient nécessaires pour apporter des valeurs de références.

- ***le contact occlusal***, déterminé par l'enregistrement d'une stimulation proprioceptive périodontale donne la valeur « zéro de référence », par projection directe sur le cervelet sans synapse qui serait susceptible de légèrement modifier l'information.

- ***la position de repos mandibulaire***, tributaire de l'activité tonique des muscles de fermeture mandibulaire, aurait également une valeur de référence dépendante de la précédente et variable suivant l'individu.

Le cervelet utiliserait les informations parodontales pour avoir le point 0 d'ouverture buccale.

Ainsi ces afférences trigémino-cérébelleuses de premier ordre jouent un rôle fonctionnel double :

- ***dans le contrôle de l'ajustement mandibulaire durant la mastication***

Il doit être précis et parfaitement adapté aux variations de volume et de consistance du bol alimentaire.

- ***dans le contrôle de la posture céphalique.***

Ces afférences permettent une détection précise de l'orientation mandibulaire.

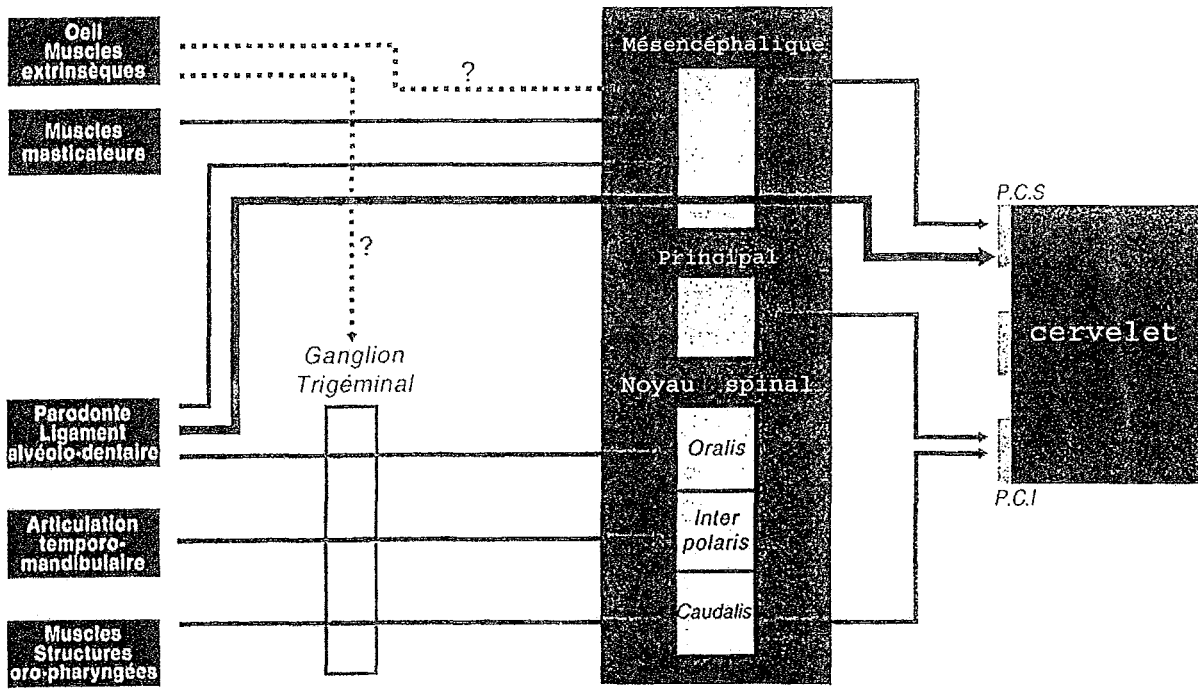


Figure 26 : *schéma synthétique des afférences trigémino-cérebelleuses.*
(D'après STRAZIELLE, 1995)

3.4. La proprioception cervicale

Les muscles de la nuque génèrent des messages proprioceptifs qui vont transiter par le noyau cunéiforme et le noyau gracile situés à la partie inférieure du bulbe.

ABRAHAMS et al (1992) ont prouvé que les systèmes proprioceptifs oculo-moteurs et cervicaux sont tous deux impliqués dans les réflexes oculo-céphalogyres en montrant la convergence, au niveau du colliculus supérieur, de leurs fibres afférentes, issues des muscles nucaux et des muscles extraoculaires avec celles de la rétine.

MANNI et al (1975), et plus récemment ALTERSMARK et al (1992) ont prouvé l'existence d'un réflexe trigémino-cervical : des stimulations tactiles de la face ou de certaines zones intrabuccales sont aptes à déclencher des potentiels postsynaptiques excitateurs des motoneurones innervant les muscles de la nuque. Ce réflexe semble disynaptique en passant par des neurones de la formation réticulée.

3.5. La proprioception des muscles oculaires extrinsèques

Le mécanisme de la proprioception issue de l'œil étant un peu plus flou, il s'avère que si les afférences convergent sans aucun doute vers le colliculus supérieur situé dans le tectum ou toit mésencéphalique qui est le centre réflexe optique et qui constitue déjà un centre supra-segmentaire, il n'en demeure pas moins que l'origine trigéminale de la proprioception oculaire reste très probable.

ALVARADO-MALLART et al (1975) ont prouvé qu'après injection d'HRP dans les muscles masticateurs et les muscles extra-oculaires du chat, on obtient des marquages fibrillaires dans les nerfs crâniens oculo-moteurs et trijumeau. Les corps cellulaires de ces afférences de premier ordre sont situés dans le noyau mésencéphalique du trijumeau. Ces auteurs suggèrent l'existence d'un réflexe myotatique oculaire identique au réflexe massétérin.

PORTER (1986) a montré que chez le singe, après injection d'HRP-WGA dans les muscles extra-oculaires, il existe un marquage du noyau spinal du trijumeau. Ainsi un marqueur est retrouvé au niveau de la colonne sensitive du V démontrant qu'il existe certainement des fibres proprioceptives qui même si elles ont l'œil comme origine, empruntent la voie du complexe trigéminal.

Partie 2

NEUROPHYSIOLOGIE DE LA POSTURE CRANIO-CERVICO-FACIALE

La réalisation des comportements dans un environnement en constant changement nécessite notamment au niveau cranio-cervico-facial l'action coordonnée de nombreux muscles.

Par conséquent, le contrôle moteur peut schématiquement être divisé en deux parties :

- la commande motrice coordonnée de la musculature au niveau segmentaire.
- la commande centrale descendante et le contrôle des programmes moteurs segmentaires.

Aujourd'hui il apparaît clairement que le tronc cérébral pour la partie crânio-cervico-faciale est à même d'exprimer par lui-même une série de programmes moteurs à la base des postures et de mouvements coordonnés, programmes moteurs dont l'exécution est normalement sous la dépendance des influences descendantes issues de la commande centrale.

Il existe donc **une motricité réflexe** dite segmentaire regroupant un ensemble de mécanismes programmés génétiquement qui concourent à l'élaboration d'un acte stéréotypé, obligatoire, indépendant de la volonté, en réponse à un stimulus donné. Il existe au niveau du tronc cérébral de très nombreux circuits locaux mettant en jeu les noyaux des nerfs cranio-cervico-faciaux qui s'interconnectent entre eux pour aboutir à des réflexes posturaux associés. Cette motricité réflexe sera étudiée en premier lieu.

Les centres supra-segmentaires constituent la commande centrale descendante du **mouvement volontaire**. En terme de dynamique, il ne faut pas oublier que des ajustements posturaux appropriés sont essentiels pour optimiser le mouvement et pour maintenir l'équilibre du sujet. Nous verrons que de nombreuses influences supra-segmentaires interviendront à travers des structures spécialisées comme le cervelet via la formation réticulée.

1. Le niveau segmentaire, motricité réflexe

1.1. Généralités

1.1.1. Définitions

L'abaissement de la mandibule provoqué par la pesanteur est répertorié comme un mouvement de **flexion** bien qu'il ouvre l'angle de l'articulation temporo-mandibulaire : au contraire son élévation représente une **extension**.

Les élévateurs de la mandibule que sont le masséter, le temporal, le ptérygoïdien médial sont des muscles **extenseurs** et forment un groupe de muscles **agonistes**.
Les abaisseurs de la mandibule que sont le digastrique antérieur, le mylohyoïdien et, partiellement, le ptérygoïdien latéral constituent des muscles **fléchisseurs** et sont **antagonistes** des précédents.

1.1.2. Réflexe myotatique simple

Au même titre que la percussion du tendon rotulien avec un marteau qui provoque un étirement mécanique passif du quadriceps, la percussion du menton de haut en bas abaisse mécaniquement la mandibule et étire les élévateurs.

L'étirement des élévateurs met en jeu le réflexe myotatique trigéminal, ce qui résulte en une élévation réflexe, en retour, de la mandibule.

1.1.2.1. Mécanisme

La percussion du menton provoque l'étirement passif du muscle masséter et par conséquent de ses fuseaux neuro-musculaires qui possèdent, comme nous l'avons vu précédemment, des formations annulo-spiralées qui vont alors se trouver excitées. Depuis ces formations, les fibres sensitives Ia, dont le corps cellulaire se situe dans le noyau mésencéphalique de la colonne sensitive trigéminale, transportent l'influx sensitif sous forme d'un train de potentiels d'action et se dirigent vers le noyau moteur du V où elles contractent une liaison monosynaptique avec un motoneurone alpha du muscle élévateur. **Un influx moteur facilitateur** parvient à la plaque motrice et provoque la contraction des fibres musculaires avec pour résultat un effet élévateur sur la mandibule. Le mécanisme du réflexe trigéminal simple est schématisé par la figure 27 et 28.

Certaines particularités peuvent être notées : le protoneurone emprunte la racine motrice et non sensitive, ce qui est en fait est loin d'être une anomalie puisque c'est l'ensemble de la racine sensitive et motrice des nerfs branchiaux qui est l'homologue d'une racine dorsale de la moelle épinière. La localisation du corps cellulaire du protoneurone dans le noyau mésencéphalique est également à souligner.

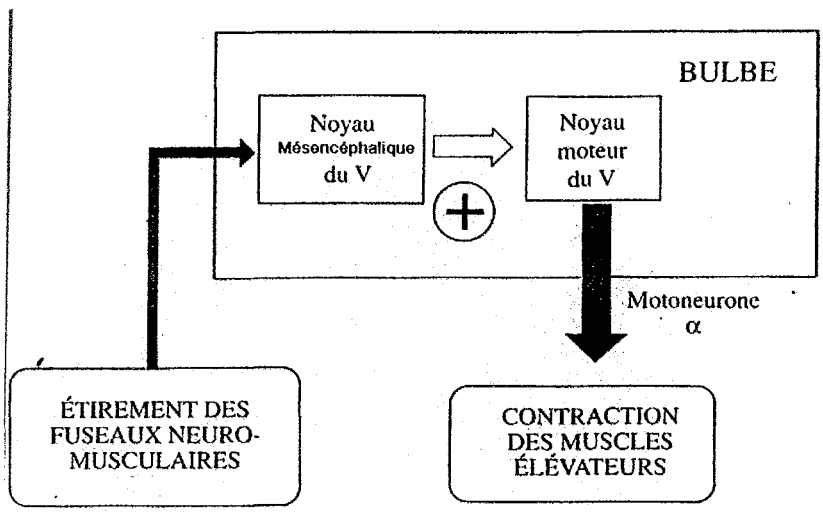


Figure 27 : *le réflexe myotatique simple.*
(D'après HARTMANN, 1993)

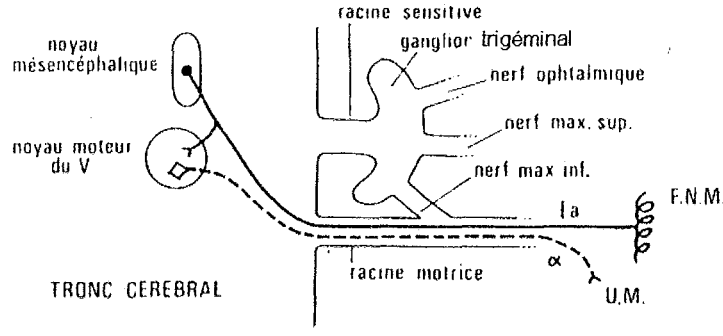


Figure 28 : *schéma des voies du réflexe myotatique trigéminal.*

(D'après WODA, 1983)

1.1.2.2. Principe de l'innervation réciproque de SHERRINGTON

Les propriétés et les rôles du réflexe myotatique :

C'est un réflexe musculo-musculaire localisé et peut ne concerner, tant par son origine que par sa destination, qu'un seul faisceau musculaire. De plus, il est purement ipsilatéral.

Il représente la régulation essentielle de la longueur du muscle en fonction de la traction qu'il subit. Cette régulation intervient par ailleurs dans le maintien de la posture et permet également l'ajustement en cours de mouvement de la contraction nécessaire à l'accomplissement d'un mouvement programmé par les centres supérieurs.

L'innervation réciproque de SHERRINGTON :

La contraction d'un muscle s'accompagne de la facilitation de ses agonistes et de l'inhibition de ses antagonistes. Comme nous l'avons vu, le réflexe myotatique est localisé, toutefois les terminaisons centrales des fibres Ia se collatéralisent pour répondre à ce principe.

Une deuxième collatérale va donc faire synapse dans le noyau moteur du V avec les corps cellulaires des muscles abaisseurs provoquant ainsi l'inhibition de leur contraction. C'est le réflexe d'inhibition des antagonistes.

L'excitation des fibres Ia du masséter n'excite pas les motoneurones du temporal, autre muscle élévateur de la mandibule, mais elle les facilite comme le montre l'expérience suivante :

La stimulation du muscle masséter provoque la contraction de celui-ci. Elle ne provoque pas de contraction au niveau du muscle temporal.
La stimulation sous liminaire des fibres Ia du muscle temporal ne provoque pas de contraction de celui-ci.
La stimulation du muscle masséter et la stimulation sous liminaire des fibres Ia du muscle temporal provoquent à la fois, la contraction du muscle masséter et du muscle temporal.

C'est la frange de facilitation.

1.1.3. Le réflexe myotatique trigéminal inverse

1.1.3.1. Mise en évidence

Comme le montre la figure 29, on observe après stimulation des fibres Ia du muscle masséter, le réflexe myotatique puis une phase de totale inactivité électrique qui classiquement se nomme **période silencieuse**.
Elle correspond à l'inhibition des motoneurones massétérins et constitue l'effet du réflexe myotatique inverse qui a été mis en jeu par la contraction musculaire due au réflexe myotatique.

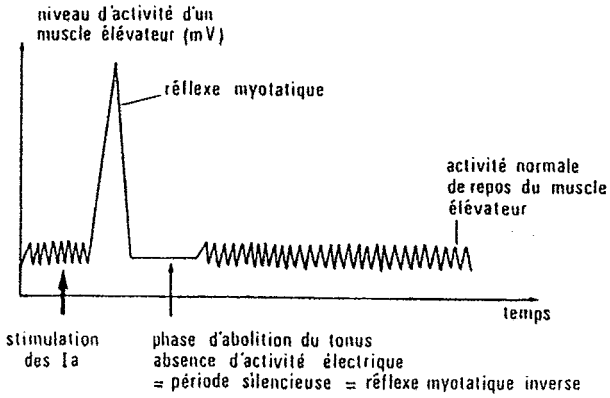


Figure 29 : *enregistrement d'un réflexe myotatique inverse.*

La période silencieuse correspond au réflexe myotatique inverse, lequel est, ici, déclenché par l'apparition de la contraction due au réflexe myotatique du même muscle.

(D'après WODA, 1983)

1.1.3.2. Mécanisme

Le muscle élévateur en se contractant, tire sur ses insertions et déclenche l'activité des organes neuro-tendineux de GOLGI. Un influx se propage dans les fibres Ib dont le corps cellulaire se trouve dans le ganglion trigéminal, pour arriver dans le noyau spinal du V (sous-noyau interpolaire) ; de là, part un interneurone qui fait synapse avec le motoneurone alpha dans le noyau moteur créant ainsi une inhibition de la contraction musculaire. Les voies de ce réflexe sont donc **disynaptiques**.

On décrit également (figure 30) une voie qui passe par le noyau supra-trigéminal, excitant alors l'interneurone contenu dans ce noyau lequel inhibe le motoneurone alpha.

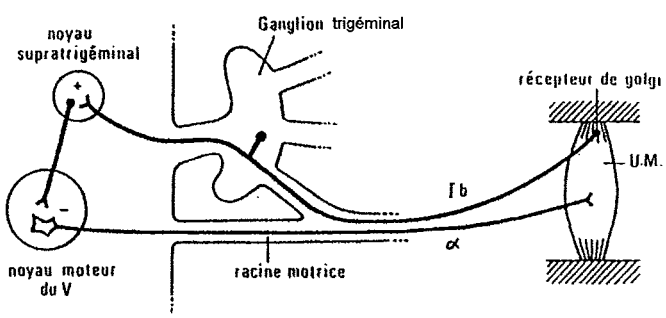


Figure 30 : *schéma des voies du réflexe myotatique inverse trigéminal.*

U.M. : unité motrice. (D'après WODA, 1983)

1.1.4. Réflexes de flexion

Comme pour une stimulation nociceptive de la main, dans le cas d'une brûlure par exemple, qui provoque un retrait brutal et réflexe du membre supérieur, une pression ou une stimulation nociceptive appliquée sur les dents ou sur certaines muqueuses buccales du chat provoque une ouverture de la gueule.

C'est le réflexe d'ouverture de la gueule (R.O.G.), forme trigéminale du réflexe de flexion.

Ce réflexe qui fait partie des réflexes de flexion, s'il est non nociceptif, est considéré comme un acte élémentaire de nature proprioceptive.

La stimulation mécanique des dents (activation des récepteurs parodontaux), des muqueuses linguales, gingivales ou palatines et, dans certaines conditions, la mobilisation de l'A.T.M. provoque un mouvement réflexe d'abaissement de la mandibule.

Il existe une composante excitatrice qui sont les muscles abaisseurs et une composante inhibitrice qui sont les muscles élévateurs. En raison de la différence de puissance considérable entre les deux groupes de muscles en présence, la composante inhibitrice prend dans le cas du R.O.G. une très grande importance à tel point qu'il existe une collection d'interneurones au niveau du noyau supratrigéminal dont la fonction est entièrement dévolue à l'inhibition des muscles élévateurs.

Ce noyau reçoit des afférences des muqueuses buccales, du parodonte, de l' A.T.M ainsi que des projections des fibres musculaires du groupe II, des fibres Ib et des collatérales des fibres Ia issues des muscles élévateurs contralatéraux.

La stimulation de tous ces récepteurs provoquent donc l'inhibition des élévateurs et l'excitation des abaisseurs. Les voies des deux composantes sont disynaptiques. Le réflexe d'ouverture de la gueule est illustré par la figure 31.

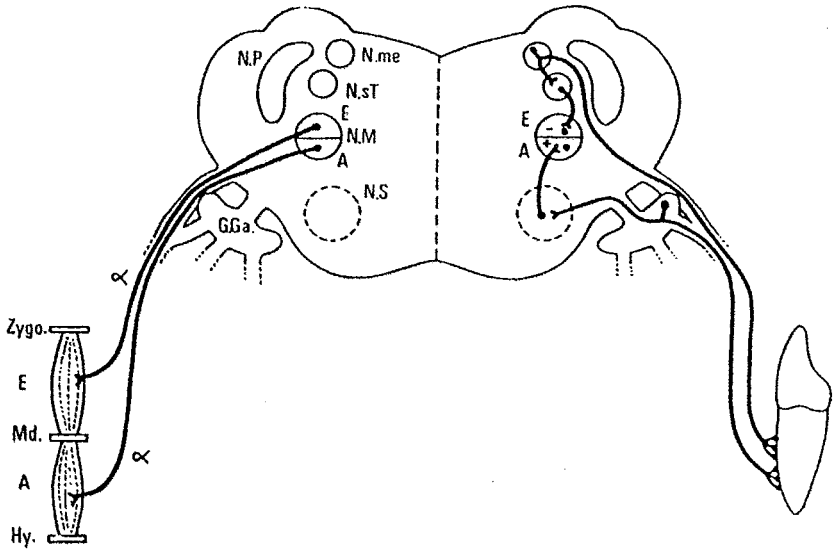


Figure 31 : *schéma semi-anatomique sur coupe transversale passant par la protubérance annulaire des voies du réflexe d'ouverture de la gueule à point de départ parodontal (composantes inhibitrice et excitatrice). Pour la clarté du schéma, les protoneurones et les interneurones du réflexe ont été portés à droite et les motoneurones à gauche. Le noyau moteur du V (N.M.) a été coupé en deux. La partie supérieure représente les motoneurones des élévateurs (E) et la partie inférieure, les motoneurones des abaisseurs (A) ; N.P. : noyau principal ; N.me. : noyau mésencéphalique ; N.s.T. : noyau supratrigéminal ; Zygo : apophyse zygomatique ; Md. : mandibule ; Hy. : os hyoïde ; E. : muscles élévateurs et motoneurones correspondants ; A. : muscles abaisseurs et motoneurones correspondants.* (D'après WODA, 1983)

1.1.5. Tonus postural mandibulaire segmentaire

Le réflexe myotatique trigéminal qui est déclenché par un étirement brutal des muscles élévateurs en réponse à la percussion du menton débouche sur un mouvement. Il s'agit donc d'un réflexe **phasique**.

Par ailleurs, la section transversale du tronc cérébral au niveau du mésencéphale qui entraîne une rigidité de décérébration permet de mettre en évidence un réflexe myotatique de nature **tonique**.

Le maintien de la posture mandibulaire de repos requiert une contraction des muscles masticateurs de telle sorte que la cavité buccale soit maintenue fermée. A toute tentative

d'abaissement mandibulaire s'oppose un accroissement de la contraction des élévateurs qui dure aussi longtemps que la stimulation.
Les réflexes myotatiques tonique et phasique sont tout à fait identiques quant au trajet neuro-anatomique emprunté mais différents dans le sens ou l'on note qu'en plus des formations annulo-spiralées mises en jeu, il semble que les formations en bouquet interviennent en plus dans le déclenchement du réflexe à fonction purement tonique.

Le réflexe myotatique tonique est actif en permanence puisque la mandibule est sans cesse soumise à la pesanteur, c'est-à-dire à une force qui tend à chaque instant à étirer les muscles extenseurs. ***La position de repos de la mandibule est donc la résultante de la contraction tonique des élévateurs en réponse à l'action de la pesanteur qui l'entraîne vers le bas.***

Il s'agit avant tout d'un servomécanisme puisque inversement le réflexe myotatique trigéminal tonique entraînant la mandibule en direction occlusale, va cesser en raison de la cessation du stimulus. En effet, les formations annulo-spiralées sont dans ce cas de moins en moins étirées à mesure que la mandibule se rapproche de l'occlusion. De plus, la contraction des extenseurs va activer les récepteurs de GOLGI, ce qui va déclencher le réflexe myotatique inverse et inhiber ces mêmes muscles possédant des fuseaux neuro-musculaires qui seront à nouveau excités par la gravitation.

Ce circuit marche alors en boucle fermée : c'est un système qui s'auto-entretient. L'auto-régulation permanente produit un ajustement postural dynamique mandibulaire.

1.2. Définition de la boucle gamma

Il existe un système moteur particulier ayant pour support le motoneurone gamma dont le rôle est d'assurer la mise en tension de la formation annulo-spiralée, afin de régler son seuil d'activité, régulant ainsi la sensibilité du réflexe myotatique (figure 32).

En effet, la pesanteur n'est pas l'unique facteur intervenant dans la régulation de la posture mandibulaire à travers le réflexe myotatique tonique. Par là, on entend que la notion de tonus est toujours existante pour un individu qui se trouve en position de décubitus. C'est là qu'intervient le motoneurone gamma qui provoque l'excitation des formations annulo-spiralées par l'intermédiaire d'influx nerveux. Ceux-ci partent du tronc cérébral au niveau du corps cellulaire du motoneurone et provoquent successivement l'activation des formations annulo-spiralées et de celles en bouquets puis l'activation du motoneurone et enfin la contraction des muscles élévateurs.

Bien entendu, **ce trajet reste neuroanatomiquement segmentaire** mais il faut souligner que l'activité des motoneurones gamma est complètement indépendante de la périphérie et de la stimulation même des récepteurs fusoriaux. Tandis que le réflexe myotatique tonique s'amenuise au fur et à mesure que la mandibule se rapproche de l'occlusion et tandis que le réflexe myotatique inverse exerce effectivement son influence, interrompant brièvement et cycliquement les successions infinies d'activités alpha, la décharge tonique des motoneurones gamma ne s'en trouve pas plus modifier. ***Ils sont capables d'exercer sur les récepteurs fusoriaux une influence qui elle est d'origine centrale et donc de maintenir, quelles que soient les conditions extérieures, une activité tonique du réflexe myotatique.***

Ce circuit, comparable à un branchement en parallèle, est donc le fil conducteur qui nous mène tout droit à l'étage supra-segmentaire du système nerveux central. La contraction musculaire peut être commandée à partir du cerveau, par des neurones moteurs supra-spinaux. Ainsi, l'activation des neurones alpha et gamma a des effets opposés sur la décharge des fibres Ia : l'activation des motoneurones alpha tend à réduire l'activité Ia, alors que l'activation des motoneurones gamma tend, elle, à l'augmenter (figures 33 et 34).

Si le réflexe myotatique peut être considéré comme une boucle de rétroaction du muscle sur le motoneurone, la finalité de ce rétrocontrôle serait de maintenir une longueur déterminée du muscle. Les centres supra-segmentaires ont donc la possibilité de programmer le contrôle de la longueur des muscles au travers du circuit myotatique et de la boucle gamma.

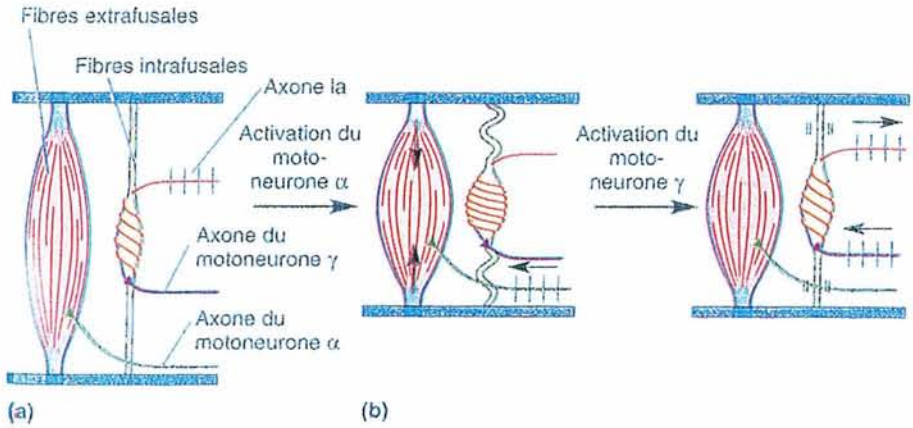


Figure 32 : *Fonction des motoneurones gamma.*

(a)L'activation des motoneurones alpha provoque la contraction des fibres musculaires extrafusales. Si le fuseau neuromusculaire se détend, il devient inefficace pour transmettre des informations sur la longueur du muscle. (b)L'activation des motoneurones gamma a pour effet de faire se contracter les fibres situées aux deux extrémités du fuseau, contribuant ainsi à préserver leur efficacité.

(D'après BEAR et al, 2003)

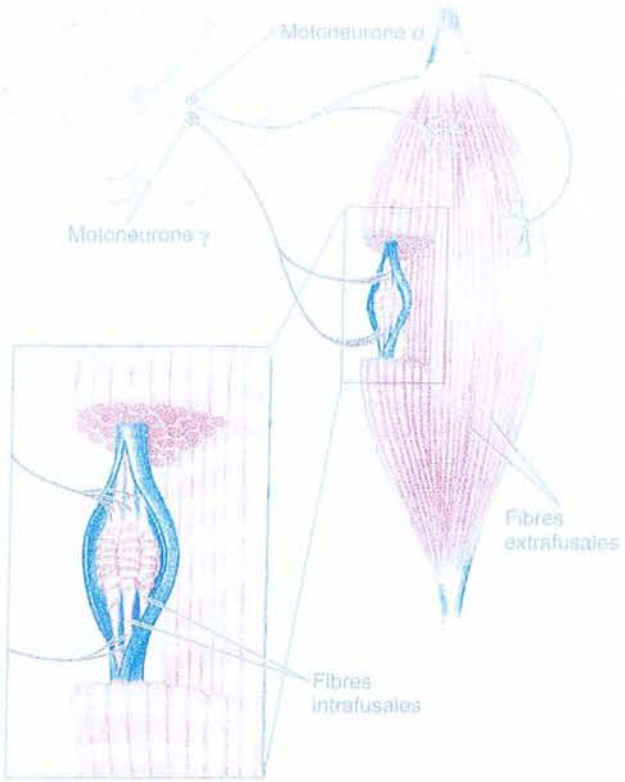


Figure 33 : *innervation des fibres musculaires à partir des motoneurones alpha et gamma.* (D'après BEAR et al, 2003)

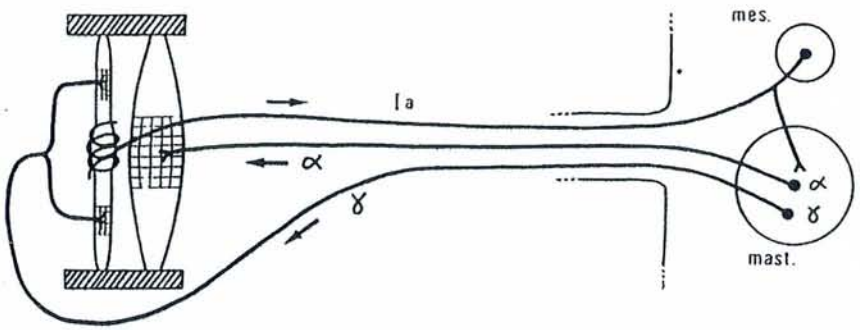


Figure 34 : *schéma de la boucle gamma.*

L'influx naît dans le motoneurone gamma, excite la formation annulo-spiralée et déclenche le réflexe myotatique, ce qui aboutit à la contraction des élévateurs : Mes. : noyau mésencéphalique ; Mast. : noyau masticateur. (D'après WODA, 1983)

1.3. Réflexes posturaux associés

1.3.1. Réflexes posturaux associés en statique

Nous avons vu que de la périphérie vers le centre, c'est-à-dire des récepteurs jusqu'au système nerveux central, il existe différentes voies que l'on pourrait penser uniquement centripètes puis centrifuges spécialisées chacune dans une région anatomique donnée. Cependant, il n'en est rien. Il existe de multiples connexions qui permettent au final d'aboutir à une posture donnée. Ainsi les structures nerveuses s'interconnectent les unes aux autres via des voies segmentaires où transitent les informations pour arriver à une réponse réflexe globale correspondant à une position statique alors établie en total équilibre.

1.3.1.1. Connections nucléaires vestibulaires et trigéminales

Le complexe nucléaire vestibulaire fait partie d'un système sensoriel, où les noyaux vestibulaires sont en premier lieu activés par les afférences vestibulaires et encodent les paramètres qui règlent la position de la tête dans l'espace. Bien entendu, ceci implique l'intégration des informations proprioceptives visuelles et cervicales.
En retour, le système moteur vestibulaire se projette sur le noyau occulo-moteur et la moelle épinière. Les noyaux vestibulaires constituent ainsi le relais **du réflexe vestibulo-oculaire** qui a pour fonction de stabiliser la vision.

Après avoir montré l'existence de projections trigéminales directes sur le complexe nucléaire vestibulaire chez le chat, BUISSERET-DELMAS C., COMPOINTC., DELFINI C. et BUISSERET P. (1999) ont travaillé sur l'organisation des connections réciproques entre les noyaux vestibulaires et trigéminaux chez le rat à l'aide de traceurs neuronaux antérograde et rétrograde.
Les expérimentations ont été faites sur 27 rats anesthésiés.

Une projection directe primaire depuis le ganglion trigéminal vers les noyaux vestibulaires avec une nette prédominance pour une origine mandibulaire a déjà été décrite par MARFURT et RAJCHERT en 1991.

En effet, l'étude démontre que le complexe sensoriel trigéminal projette sur :

- la partie latéroventrale du noyau vestibulaire inférieur.
- la partie latérale du noyau vestibulaire médial.
- la partie ventrale du noyau vestibulaire latéral.

Cependant, BUISSERET-DELMAS et al. montrent non seulement l'existence de projections vestibulaires à partir des noyaux spinal et principal du trijumeau mais aussi des connections entre le noyau mésencéphalique du trijumeau et le noyau vestibulaire médian ; il est à noter que ce dernier reçoit également les informations proprioceptives oculo-motrices.

Dès lors, il est établit que les informations sensorielles qui se projettent sur les noyaux vestibulaires, proviennent non seulement du cou mais aussi de la face par le biais du complexe du trijumeau.

Inversement, il existe des projections trigéminales dont l'origine principale est le noyau vestibulaire inférieur ; quelques fibres proviennent également des noyaux vestibulaires médial et latéral.

Des projections descendantes ayant comme origine les noyaux médial et inférieur vestibulaires ont également été trouvé dans la partie dorsale de la moelle de la corde spinale et au niveau du noyau cervical central par DONEVAN et al. (1990).

Par conséquent, le système vestibulaire par des voies de projections spinales et trigéminales module la transmission des informations venant du cou aussi bien que celles venant de la face.

Cette étude montre que dans le noyau vestibulaire chez le rat, on est en présence d'un chevauchement entre l'aire de distribution terminale des axones du trijumeau et l'aire de laquelle partent les projections à destination du complexe trigéminal. ***Néanmoins, ces interconnections ne semblent pas indiquer qu'il s'agit d'une boucle fermée rétroactive car aucune des fibres doublement marquée n'a été observé après injection de traceurs.***

Les fibres vestibulo-trigéminales sont de petit diamètre. Or des cellules vestibulaires de petit diamètre se projettent sur l'olive inférieure et au niveau de la corde cervicale spinale. Une nouvelle étude serait nécessaire pour savoir si les projections vestibulo-trigéminales sont des collatérales à ces projections.

Implications fonctionnelles de cette étude :

Les résultats de cette étude montrent l'existence de boucles fonctionnelles réciproques trigémino-vestibulaires et spino-vestibulaires qui impliquent l'intégration des fonctions de la face et du cou. L'hypothèse retenue est que les neurones vestibulaires modulent les informations sensorielles de la face transportées par les afférences du trijumeau.
Etant donné la petite taille des neurones vestibulaires, les auteurs suggèrent que les fibres vestibulo-trigéminales sont des collatérales des projections vestibulo-olivaires et vestibulo-spinales. NELSON et MUGNAINI (1989) ont prouvé que les petits neurones vestibulaires qui se projettent sur l'olive inférieure sont gamma aminobutyric acid (GABA)ergic. Le GABA étant un inhibiteur, on peut alors en déduire que si effectivement il s'agit bien de collatérales, **la projection vestibulo-trigéminale a pour fonction le contrôle des effets des afférences trigéminales.**
BANKOUL et NEUHUBER (1992) suggèrent un même mécanisme de contrôle pour les projections vestibulo-spinales sur la corne cervicale dorsale.

D'après cette étude, il est clair que les effets sensoriels de la face touchent préférentiellement les régions prémotrices du complexe vestibulaire à travers lesquelles ils influencent les fonctions d'équilibre.

Les informations tactiles provenant de la face sont donc impliquées dans le contrôle vestibulaire de l'équilibre postural et dans la stabilisation du regard.

Par ailleurs, des études anatomiques ont démontré que les fibres proprioceptives des muscles oculomoteurs font synapse dans les sous-noyaux interpolaire et caudal du noyau spinal du trijumeau.

Les résultats de cette présente étude montrent que les neurones du sous noyau caudal se projettent sur les noyaux vestibulaires inférieur, médial et latéral. En revanche, les neurones du sous noyau interpolaire se projettent sur le noyau supérieur.

L'organisation de ces connections trigémino-vestibulaires prouve ici qu'il s'agit d'une voie à travers laquelle **les informations proprioceptives extraoculaires doivent influencer les mouvements oculaires.**

Conclusion :

L'article suggère que le système trigéminal influence fortement le contrôle de la posture et de l'équilibre de la tête.

1.3.1.2. Modification du contrôle postural humain par anesthésie trigéminale unilatérale

GANGLOFF et PERRIN (2002) ont testé l'influence des afférences trigéminales sur la stabilisation posturale.

Selon MEYER et BARON (1973), le faisceau longitudinal médian se distribuant aux nerfs III, IV, V, VI et XI est une unité majeure du tronc cérébral qui permet de mettre en relation les différents centres occulo-céphalogyres. Ces interrelations prouvent que l'information trigéminale s'ajoute à tous les autres types d'afférences pour arriver à un état d'équilibre.

Une perturbation venant soit des muscles masticateurs, du ligament alvéolo-dentaire ou de l'ATM pourrait induire un déséquilibre postural du aux relations qui existent entre tous les centres segmentaires du tronc cérébral.

L'objectif de cette étude est de déterminer la contribution et l'impact de la proprioception trigéminale sur le contrôle postural.

27 sujets sont recrutés pour évaluer l'impact de la composante trigéminale sur le contrôle postural orthostatique après une anesthésie tronculaire unilatérale du nerf mandibulaire.

La qualité du contrôle postural est évaluée par posturographie statique sur une plateforme en enregistrant les déplacements des centres de pression du pied (CFP).

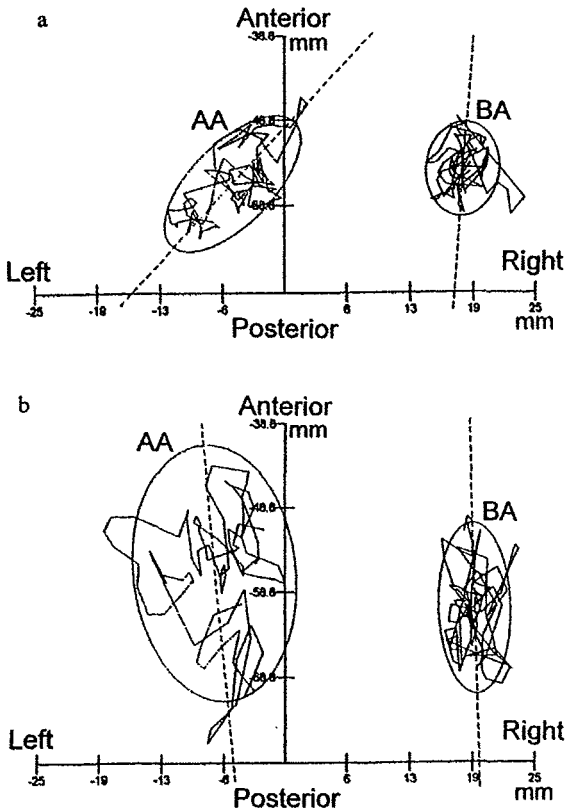


Figure 35 : *statokinésiogramme.*

Tracé des oscillations du corps (lignes brisées) et surfaces oscillatoires (ellipses comprenant 90% des échantillons de CFP) enregistrées sur des périodes de 20 s avant anesthésie (before anesthésia : BA) et après anesthésie (after anesthésia : AA). Anesthésie du nerf trijumeau droit yeux ouverts (a) et yeux fermés (b) chez un même sujet.

(D'après GANGLOFF et PERRIN, 2002)

La figure 35 et la figure 36 montrent que :

Le contrôle postural est moins précis lorsque les yeux sont fermés que lorsqu'ils sont ouverts.

Le contrôle postural est moins bon lorsque le sujet est sous anesthésie trigéminale.

Un sujet anesthésié qui a les yeux fermés a un contrôle postural plus médiocre qu'un sujet anesthésié qui garde les yeux ouverts.

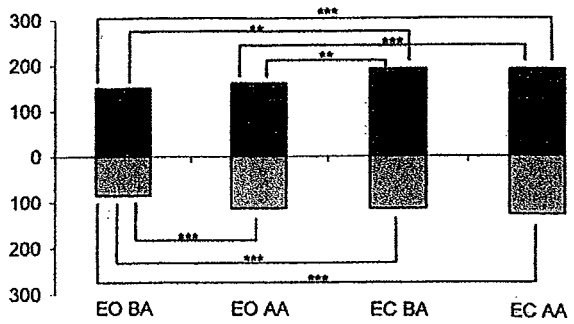


Figure 36 : *valeurs moyennes des oscillations du corps (mm, zone noire) et des surfaces oscillatoires (mm2, zone grisée) enregistrées avant anesthésie (BA : before anesthesia) et après anesthésie (AA : after anesthesia) lorsque les yeux sont ouverts (EO : eyes open) et lorsqu'ils sont fermés (EC : eyes closed). (** P<0.01) (*** P<0.001)*

(D'après GANGLOFF et PERRIN, 2002)

L'étude montre une incidence de l'anesthésie trigéminale sur le contrôle postural.

En premier lieu, le niveau du contrôle postural est nettement inférieur lorsque l'anesthésie est faite alors que les yeux restent ouverts.

Il est intéressant de noter que les centres de pression des pieds ont tendance à se déplacer du côté opposé à l'anesthésie lorsque le sujet a les yeux fermés comme le montre le tableau 2 :

	Deviation (% (*n*))		
	Controlateral	Homolateral	Total
EO	52 (14)	48 (13)	100 (27)
EC	78 (21)	22 (6)	100 (27)

Tableau 2 : *répartition des sujets selon leur déviation posturale après une anesthésie tronculaire unilatérale du trijumeau les yeux ouverts (EO : eyes open) et les yeux fermés (EC : eyes closed).*

(D'après GANGLOFF et PERRIN, 2002)

L'anesthésie unilatérale des afférences trigéminales de la région mandibulaire altère les performances du contrôle général.

Les afférences trigéminales ont donc des répercussions sur la régulation fine de la posture orthostatique en intervenant sur la motricité du sterno-cléïdo-mastoïdien et du trapèze. Une modification de la position céphalique est induite par la relation qu'entretiennent les nerfs V et XI via le faisceau longitudinal médian.

Le contrôle postural est compromis lorsque la proprioception trigéminale interdentaire est inhibée. La position céphalique est alors modifiée en raison de l'inhibition du masséter, muscle élévateur de la mandibule du sterno-cléïdo-mastoïdien et du trapèze, muscles de la céphalogyrie. Et si la position de tête est modifiée, on peut supposer alors que c'est le contrôle postural tout entier qui s'en trouve changé.

Les auteurs ont également montré que le contrôle postural est altéré lorsque les informations visuelles sont inhibées.
La différence de contrôle n'est pas significative lorsque les yeux restent fermés avant et après l'anesthésie. En revanche, une différence significative apparaît lorsque l'expérience est répétée les yeux ouverts. Cela peut s'expliquer non seulement par le fait que si les yeux sont fermés avant l'anesthésie, il en résulte que le contrôle postural apparaît déjà perturbé, mais aussi par le fait de l'importance proprioceptive vestibulaire par rapport à celle de la vision avec ou sans anesthésie.

IVANENKO et al. (1999) ont montré les relations qui existent entre la proprioception cervicale, les noyaux vestibulaires et le contrôle visuel de la posture. Dans le cas où les yeux sont fermés, la latéralisation obtenue après l'anesthésie unilatérale n'est pas compensée par la vision et l'effet vestibulaire n'est pas suffisant pour récupérer une position verticale. Une modification unilatérale des afférences trigéminales diminue la stabilisation du regard et modifie donc les centres de pression du pied dans le plan frontal.

Le rôle du faisceau latéral vestibulo-spinal sur le contrôle postural est excitateur pour les muscles extenseurs et inhibiteur pour les muscles fléchisseurs concernant les motoneurones des membres inférieurs. Cette relation explique la déviation posturale controlatérale observée lors de l'anesthésie. Comme l'anesthésie induit une contraction au niveau du membre inférieur homolatéral, due à l'inhibition du faisceau, le poids du corps est déporté sur le membre controlatéral.

1.3.2. Implications de la composante trigéminale dans l'oculo-céphalogyrie

1.3.2.1. Relation vestibulo-trigéminale

TOLU et PUGLIATTI (1993) ont étudié la relation trigémino-vestibulaire, le but ayant été de démontrer l'influence vestibulaire sur l'activité musculaire du masséter.

Les variations de l'activité électrique et les réponses des unités motrices du masséter sont enregistrées chez le cobaye anesthésié après activation naturelle ou stimulation électrique des afférences vestibulaires. Le recessus tympanique gauche est ouvert de manière à exposer l'ampoule des canaux horizontal et vertical, le postérieur étant chirurgicalement inacessible. Des électrodes de tungstène de 5 mm de long sont placées dans le masséter pour enregistrer l'activité électrique des motoneurones. Les pics spontanés des motoneurones et les taux statistiques des réponses suivant les stimuli sont stockés dans la mémoire oscilloscope d'un ordinateur. Les effets d'une lésion unilatérale du labyrinthe vestibulaire sur les unités motrices masséterines ont alors été étudiés.

Les résultats montrent que :

- l'appareil vestibulaire exerce un contrôle tonique excitateur sur l'activité du masséter.
- il existe un contrôle vestibulaire plus rapide pour le masséter controlatéral.
- l'appareil vestibulaire exerce un contrôle asymétrique sur les deux masséters en fonction des déplacements de la tête dans l'espace. Les latences des réponses enregistrées au niveau des unités motrices peuvent faire penser qu'il s'agit là de voies polysynaptiques.

Plusieurs voies anatomiques possibles concernant ce **réflexe vestibulo-masséterin** sont alors à envisager.

Tout d'abord, les auteurs ont noté que la voie menant les influx vestibulaires au masséter controlatétal est plus directe et plus courte que celle qui aboutit au masséter homolatéral.

Toujours selon TOLU et PUGLIATTI, ce réflexe ferait intervenir la formation réticulée ponto-mésencéphalique qui serait concernée par des projections provenant du complexe nucléaire vestibulaire. Par ailleurs, on sait que la formation réticulée contient une population de neurones qui se projette sur le complexe nucléaire trigéminal et plus précisément sur le motoneurone du V.

TOLU et PUGLIATTI en concluent que si les afférences vestibulaires peuvent se projeter directement sur le noyau moteur trigéminal d'une part, elles peuvent d'autre part emprunter la voie de la formation réticulée par le biais de neurones adjacents prémoteurs qui recoivent des informations d'origine centrale et périphérique pouvant moduler l'influx destiné au motoneurone.
Si ceci concerne le masséter controlatéral, étant donné que la période entre la stimulation vestibulaire et la réponse masséterine homolatérale est plus longue, une autre voie polysynaptique serait impliquée dans la relation vestibulo-trigéminale.

Fonctionnellement, la relation vestibulo-trigéminale a deux rôles importants :

- **le maintien tonique des masséters** comme pour l'ensemble des muscles extenseurs de manière générale. Avec cette étude, si le contrôle est avant tout bilatéral, les effets sont apparus plus évidents pour le muscle controlatéral.
- ce contrôle vestibulaire asymétrique permet au **tonus musculaire d'être toujours adapté aux déplacements de la tête** de manière à garder un axe mandibulaire correct.

1.3.2.2. Relations trigémino-cervicales

MANNI et al en 1975 suggéraient l'existence d'un réflexe trigémino-cervical. Des études animales ont prouvé qu'il existe des connections entre les systèmes trigéminal et neuromusculaire cervical. Il a été montré que des stimulations mécaniques, thermiques et électriques effectuées à différents niveaux du nerf trijumeau, du ganglion trigéminal et du complexe sensitif trigéminal sont à l'origine d'une activité des motoneurones des muscles de la nuque.

ERIKSSON, ZAFAR et NORDH (1998) ont étudié ce concept d'une unité fonctionnelle trigémino-cervicale lors de la mastication chez l'homme.

L'objectif de cette étude est de tester l'hypothèse d'une relation fonctionnelle entre la mandibule et le système crânio-cervical moteur en évaluant l'amplitude des mouvements de la mandibule et de ceux de la tête et du cou au cours d'une alternance d'ouvertures et de fermetures maximales enregistrées lors de séquences rapides et lentes.

Dix jeunes adultes, cinq hommes et cinq femmes, sont assis, le dos bien droit et bloqué par un support arrivant à mi-hauteur de la scapula. En revanche, aucun support n'existe pour la tête.

Les mouvements de la mandibule et du complexe tête-cou (dénommé ici juste tête) sont enregistrés simultanément en trois dimensions à l'aide d'un système électronique et optique très précis et très fiable.

Des montures sont fixées sur les surfaces labiales inférieure et supérieure grâce à des marqueurs collés par du composite sur les faces vestibulaires des incisives supérieures et inférieures comme le montre la figure 37:

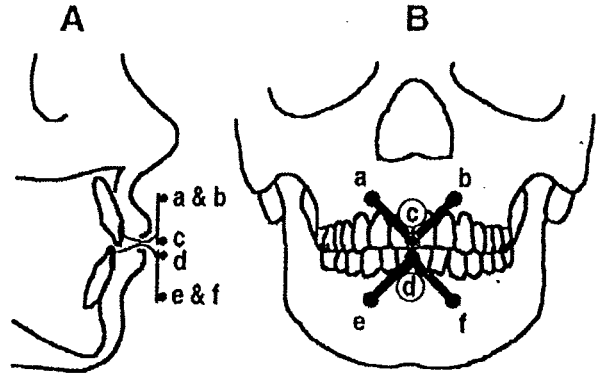


Figure 37 : *vues latérale (A) et frontale (B) des marqueurs a, b et c au niveau de la lèvre supérieure et des marqueurs e, f et d au niveau de la lèvre inférieure. Les marqueurs c et d sont situés respectivement au niveau des plans incisals maxillaire et mandibulaire.*
(D'après ERIKSSON, ZAFAR et NORDH, 1998)

Les marqueurs c et d permettent de décrire les positions tête-cou et mandibulaire pour l'analyse finale.

Une illustration graphique (figure 38) de toutes les positions et de leur définition permet ici de décrire toutes les amplitudes possibles en trois dimensions :

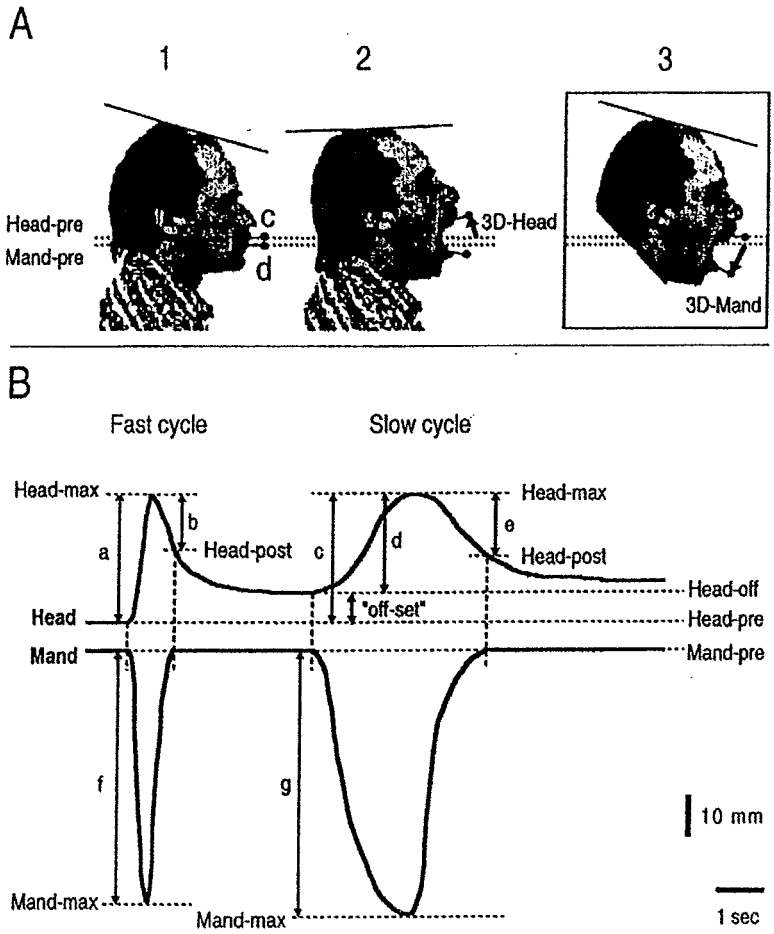


Figure 38 : *A : Illustration des mouvements tridimensionnels de la tête et de la mandibule.*
B : Relation entre l'amplitude des mouvements mandibulaires (cycles lents et rapides d'ouvertures-fermetures buccales) et l'amplitude des mouvements de la tête et du cou.
(D'après ERIKSSON, ZAFAR et NORDH, 1998)

Tous les mouvements commencent en position d'intercuspidation maximale et finissent de la même manière.

La position qui précède le mouvement de la mandibule est appelée **pré-mandibulaire** (Mand-pre). On notera la position de la mandibule lorsque l'ouverture mandibulaire est **maximale** (Mand-max). La phase d'ouverture débute donc au point pré-mandibulaire et se termine au

point mandibulaire maximal et la phase de fermeture débute au point mandibulaire maximal et finit au point pré-mandibulaire.

Le mouvement de la tête correspondant à la phase d'ouverture mandibulaire finit en position **maximale** (Head-max). De la même façon, le mouvement de la tête correspondant à la phase de fermeture débute au point **maximal** (Head-max) et finit au point final (Head-post).

Les doubles flèches indiquent l'amplitude maximale tridimensionnelle de la mandibule et de la tête lors des différentes phases du mouvement.

En répétant les enregistrements, les caractéristiques individuelles de la cinétique mandibulaire et cervicale font place à un unique tracé tête-mâchoire. L'ouverture est toujours accompagnée par une extension tête-cou et la fermeture par une flexion tête-cou. Tous les sujets ont une attitude similaire malgré les différences individuelles.

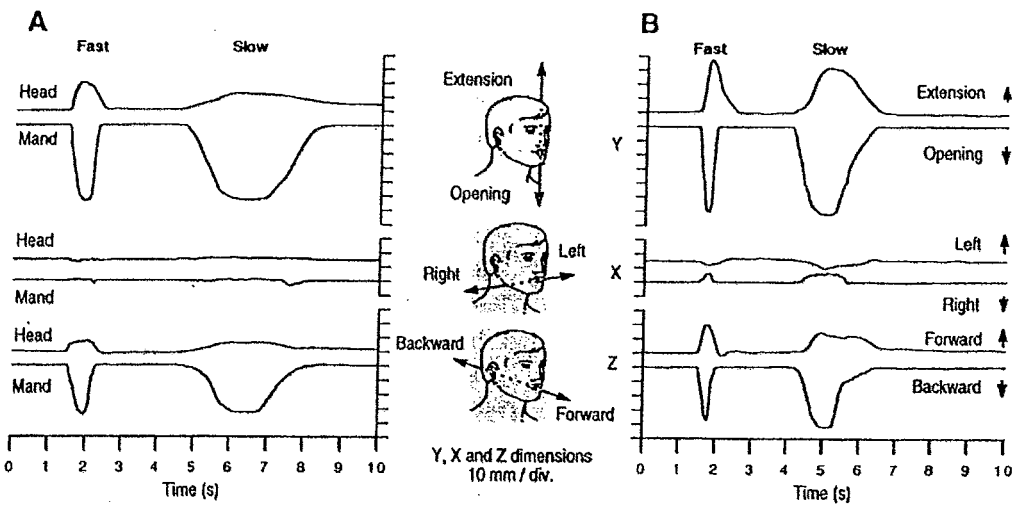


Figure 39 : *tracés mandibulaires (Mand) associés aux mouvements tête-cou (Head) durant les cycles lents et rapides d'ouverture-fermeture chez 2sujets (A) et (B). Y correspond au plan vertical, X correspond au plan horizontal et Z au plan sagittal.*
(D'après ERIKSSON, ZAFAR et NORDH, 1998)

Durant le test, une activité électromyographique est détectée au niveau des muscles suprahyoïdiens et cervicaux lors de la phase d'ouverture. Pendant la phase de fermeture, cette

activité est décroissante alors qu'un pic d'activité apparaît pour le muscle masséter (figure 40).

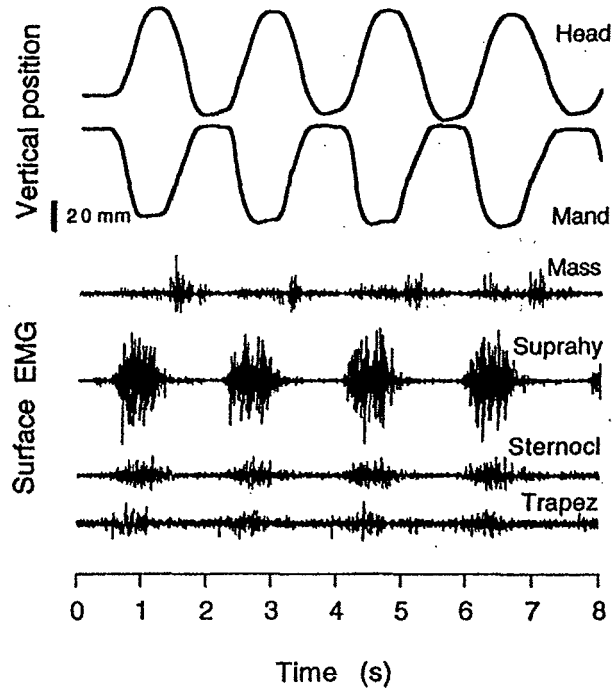


Figure 40 : *enregistrements électromyographiques mandibulaires associés aux mouvements tête-cou durant quatre cycles d'ouverture-fermeture volontaires consécutifs. Il faut noter l'activité du muscle sterno-cléïdo-mastoïdien et du faisceau supérieur du muscle trapèze et des muscles supra-hyoïdiens durant la phase d'ouverture et la diminution de l'activité de ces même muscles durant la phase de fermeture tandis que le muscle masséter a une activité qui augmente.*
(D'après ERIKSSON, ZAFAR et NORDH, 1998)

Il faut également noter que la tête ne retourne pas dans sa position initiale (head-pre) à la fin de chaque cycle qu'il soit lent ou rapide, mais dans une position de « compensation » (head-off).

Pour le groupe entier, le diagramme tridimensionnel de la tête (3D-head) correspond à la moitié du diagramme tridimensionnel mandibulaire (3D-Mand) pendant la phase d'ouverture et à 30-40% pendant la phase de fermeture aussi bien pour un cycle lent que rapide comme le montre la figure 41 :

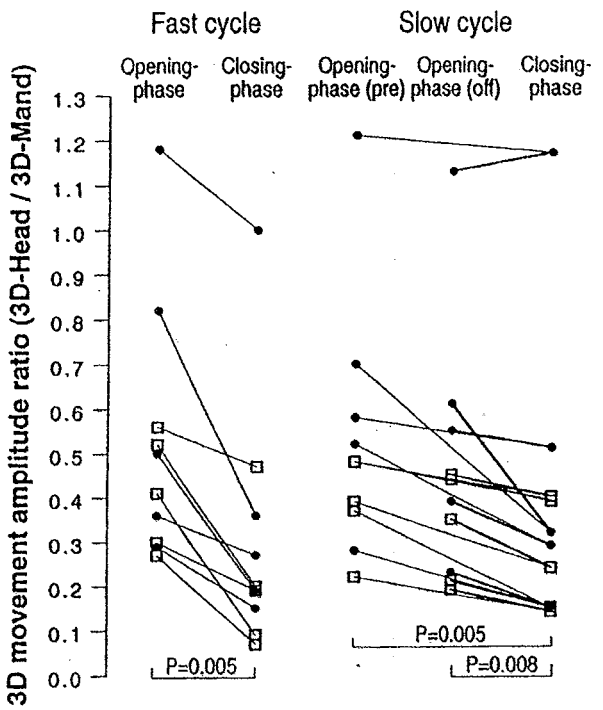


Figure 41 : *Rapport entre les mouvements tridimensionnels mandibulaires et les mouvements tridimensionnels de la tête pendant les cycles lents et rapides d'ouverture-fermeture.*
(D'après ERIKSSON, ZAFAR et NORDH, 1998)

On pourrait penser que les mouvements tête-cou observés ne sont dus qu'à un ajustement mécanique passif de la tête par rapport à la colonne cervicale. Il n'en est rien, puisque les auteurs ont montré que dans une position haute, le centre de gravité de la tête se situe en avant de la jonction atlanto-occipitale. Les muscles extenseurs du cou contrent alors la gravité évitant ainsi à la tête de basculer vers l'avant.

Une observation générale peut être faite, ceci quel que soit le sujet ou la vitesse du mouvement. La tête ne retourne pas dans sa position initiale lorsque la phase de fermeture se termine. De plus, il existe une amplitude plus importante du mouvement tête-cou lors de la phase d'ouverture.

Tout ceci suggère que les paramètres des mécanismes neuromusculaires qui contrôlent l'interaction fonctionnelle des mouvements crânio-cervico-mandibulaires diffèrent lors de la fermeture et de l'ouverture.

Les muscles cervicaux requièrent un système de contrôle aussi fin que complexe, plus important que le contrôle moteur des membres. Comme la région cervicale semble être représentée de façon assez modeste au niveau de l'aire corticale sensori-motrice, on peut s'imaginer que ce sont des mécanismes sub-corticaux qui entrent en jeu.
MARFURT et RAJCHERT (1991) pensent que les afférences trigéminales ne se projettent pas seulement sur le noyau sensitif du V, mais aussi sur les cellules de la corne dorsale de la partie haute de la colonne cervicale et ce jusqu'au niveau de C7 chez le rat.

En fait, les afférences trigéminales semblent fortement agir sur les motoneurones cervicaux à travers de nombreuses connections. Ces connections sont responsables des modulations des mouvements tête-cou dans des tâches bien spécifiques comme dans les explorations tactiles, olfactives ou encore l'orientation de la tête lors de mouvements opposés. Les résultats de cette étude confirment cette hypothèse.

L'activation descendante des structures corticales et subcorticales, modulée par des informations proprioceptives et somato-sensorielles, contribue au mouvement final. Il a été mis en évidence que des afférences proprioceptives trigéminales d'origine desmodontale cheminent vers le cervelet, aussi bien directement (STRAZIELLE et al, 1994) qu'indirectement via le noyau mésencéphalique (ELIAS et TAYLOR, 1984), lequel active les motoneurones du cou par des voies nerveuses très variées.

Des études anatomiques et fonctionnelles récentes sur des singes adultes (COWIE, SMITH et ROBINSON, 1994) ont permis d'identifier une zone de la formation réticulée possédant un rôle très important dans l'orientation de la tête, dans les mouvements concomitants des membres supérieurs, de la face, de la langue et de la mandibule. Cette région reçoit de nombreuses afférences venant du système cortical et subcortical et toutes ces informations se projettent sur les motoneurones et les interneurones des noyaux trigéminal, facial, hypoglossal et sur la corde spinale cervicale. Cette région pourrait être considérée comme un centre générateur des mouvements de la tête et de l'activité motrice qui les accompagne.

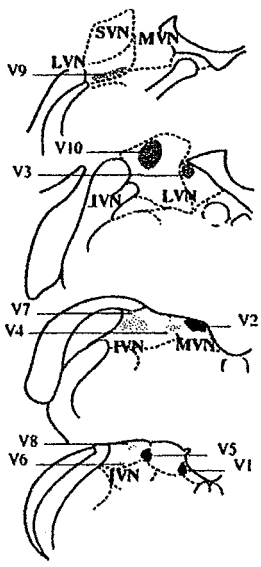
1.3.2.3. Relations trigémino-vestibulaire et trigémino-cérébelleuse

On a vu précédemment qu'il existe des neurones trigéminaux se projettent directement sur le cervelet, lequel est impliqué dans le contrôle et la coordination des mouvements céphalo-visuels.
En 1999, PINGANAUD et al. ont étudié les projections trigéminales sur le complexe nucléaire vestibulaire chez le rat et se sont posés la question de savoir si les afférences trigémino-vestibulaires et les afférences trigémino-cérébelleuses sont des collatérales ou non.
Ils ont voulu déterminer quels étaient les noyaux vestibulaires (inférieur, latéral, médial et/ou supérieur) recevant directement des afférences trigéminales provenant de la partie caudale du noyau mésencéphalique.

Au moyen de microinjections locales de traceurs neuronales rétrogrades dans le complexe nucléaire vestibulaire et dans les différentes régions du cervelet chez le rat, les auteurs ont alors recherché d'éventuels marquages dans les noyaux trigéminaux.

Ils ont retrouvé des neurones marqués dans le noyau mésencéphalique trigéminal quelque soit le lieu de l'injection vestibulaire (tableau 3).

Les afférences trigéminales se projettent donc sur les 4 noyaux du complexe vestibulaire.



Cases	Tracers	Injection sites	Cells in 5me injections in VN	Cereb.
V1	FR	MVN	14	
V2*	FR	MVN	5 1*	37
V3	BDA	MVN	2	
V4	Gold-HRP	MVN IVN	6	
V5	FR	MVN IVN	9	
V6	Gold-HRP	IVN	17	
V7*	Gold-HRP	IVN	23 6*	8
V8	Gold-HRP	IVN	9	
V9	Gold-HRP	LVN	34	
V10	BDA	LVN	3	

= Gold-HRP = BDA = FR

Tableau 3 : *Sites d'injection dans le complexe vestibulaire (V1-V10), nature du traceur injecté, localisation précise du site d'injection, nombres de neurones marqués dans le complexe trigéminal suite aux injections vestibulaires et cérébelleuses. Pour V2 et V7, on a procédé à une injection de FR ou HRP dans le cervelet, le nombre de neurones doublement marqués est indiqué par une étoile.* (D'après PINGANAUD et al, 1999)

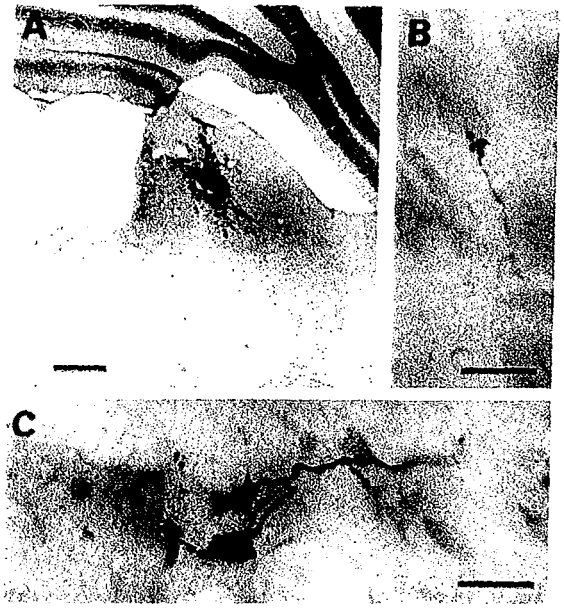


Figure 42 : *injection trigéminale.*

Site d'injection (A). Neurones marqués antérogradement dans le noyau vestibulaire médial (B) et supérieur (C). (Echelle (A) = 35 µm ; échelle (B, C) = 20 µm)

(D'après PINGANAUD et al, 1999)

La technique de double marquage à base de péroxydase est utilisée. Ils ont injecté de la péroxydase gold-HRP dans le noyau vestibulaire inférieur et de la péroxydase HRP dans le cervelet. Les auteurs ont alors démontré l'existence de neurones doublement marqués dans le noyau mésencéphalique trigéminal (figure 43).

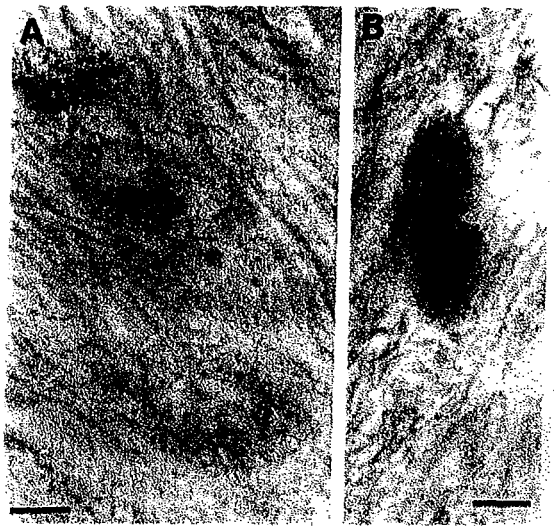


Figure 43 : *injection de péroxydase dans le noyau vestibulaire inférieur (gold-HRP) et dans le cervelet (HRP) (V7). (A) Trois neurones marqués de façon rétrograde par la péroxydase (gold-HRP) dans le noyau mésencéphalique du trijumeau. (B) Deux neurones marqués de façon rétrograde par la péroxydase (gold-HRP/HRP) dans le noyau mésencéphalique trigéminal. (Echelle = 10 µm)* (D'après PINGANAUD et al, 1999)

En conclusion, cette étude montre qu'il existe bel et bien des projections du V sur les noyaux vestibulaires et qu'effectivement des collatérales issues de ces projections sont à destination du cervelet. Ces voies contribuent ainsi aussi bien au contrôle de l'orientation du regard qu'aux mécanismes de contrôle postural.

L'expérience suivante met en exergue non seulement les afférences trigémino-vestibulaires au niveau du noyau médial mais aussi au niveau des noyaux latéral, inférieur et supérieur. PINGANAUD et al montrent aussi que les projections neuronales vestibulaires trigéminales ont une origine qui se localise exclusivement dans la partie caudale du noyau mésencéphalique comme le démontrait vingt ans plus tôt ALVARADO-MALLART et al.

Il concluent dans cette étude, qu'il pourrait s'agir d'une voie par laquelle les informations proprioceptives des muscles oculomoteurs participent à la coordination céphalo-visuelle pour stabiliser le regard, en rappelant qu'il est établit que le cervelet, centre de la posture par excellence, exerce son influence sur les muscles oculo-moteurs extrinsèques par l'intermédiaire des noyaux vestibulaires.

Il faut aussi se rappeler les travaux d'ALVARADO-MALLART et al (1975) qui grâce à l'injection de HRP (horseradish peroxidase) au niveau des muscles oculomoteurs et des muscles masticateurs du chat, obtiennent des marquages fibrillaires dans les nerfs crâniens oculo-moteurs et trijumeau. Les corps cellulaires de ces afférences de premier ordre sont situés dans le noyau mésencéphalique du trijumeau. Ces auteurs suggèrent l'existence d'un réflexe myotatique oculaire identique au réflexe massétérin.

Toutefois, on peut se demander si les afférences trigéminales si bien décrites dans cette expérience n'ont pas une autre origine. Le noyau mésencéphalique du trijumeau est le lieu de transit de nombreuses afférences proprioceptives. En effet, elles peuvent aussi bien provenir des muscles oculomoteurs que du parodonte. ELIAS, en 1984, a démontré par des études électrophysiologiques, que les mécanorécepteurs périodontaux ont une fonction proprioceptive et sont à l'origine de projections directes sur le cervelet avec un péricarion localisé dans le noyau mésencéphalique trigéminal. Il pense que des rapports directs entre le cervelet et le complexe nucléaire trigéminal seraient nécessaires pour apporter des valeurs de référence : le contact occlusal, déterminé par l'enregistrement d'une stimulation proprioceptive périodontale, pourrait donner la valeur « zéro de référence » d'ouverture buccale.

De plus, on sait qu'il existe des projections trigémino-vestibulaires dont l'origine mandibulaire ne fait aucun doute. Ainsi les noyaux vestibulaires reçoivent des informations non seulement en provenance des muscles oculomoteurs mais aussi du parodonte. L'origine des cellules faisant l'objet d'un double marquage au niveau du noyau mésencéphalique peut être alors parodontale du fait de l'interconnection des noyaux vestibulaires, du cervelet et du noyau mésencéphalique par les fibres proprioceptives trigéminales du nerf mandibulaire.

1.4. Conclusion

La sensibilité proprioceptive de la région crânio-cervico-faciale est supportée par les systèmes vestibulaire, trigéminale et cervical. A travers ces différentes études, on voit que le système trigéminal établit des connexions avec les systèmes proprioceptifs oculomoteur et cervical impliqués dans les réflexes oculo-céphalogyres. La sensibilité trigéminale n'est plus à mettre en doute dans l'équilibration et les voies réflexes de l'oculo-céphalogyrie.

La proprioception trigéminale parodontale sert à compléter les informations visuelles et les afférences du système vestibulaire qui sont traitées par le cervelet dans le but d'affiner l'équilibre de la sphère crânio-cervico-faciale dans sa posture et dans sa coordination motrice. Ceci est illustré par la figure 44.
Une notion nouvelle apparaît, celle qui permet d'intégrer la composante trigéminale à l'oculo-céphalogyrie. On devrait parler d'oculo-trigémino-céphalogyrie.

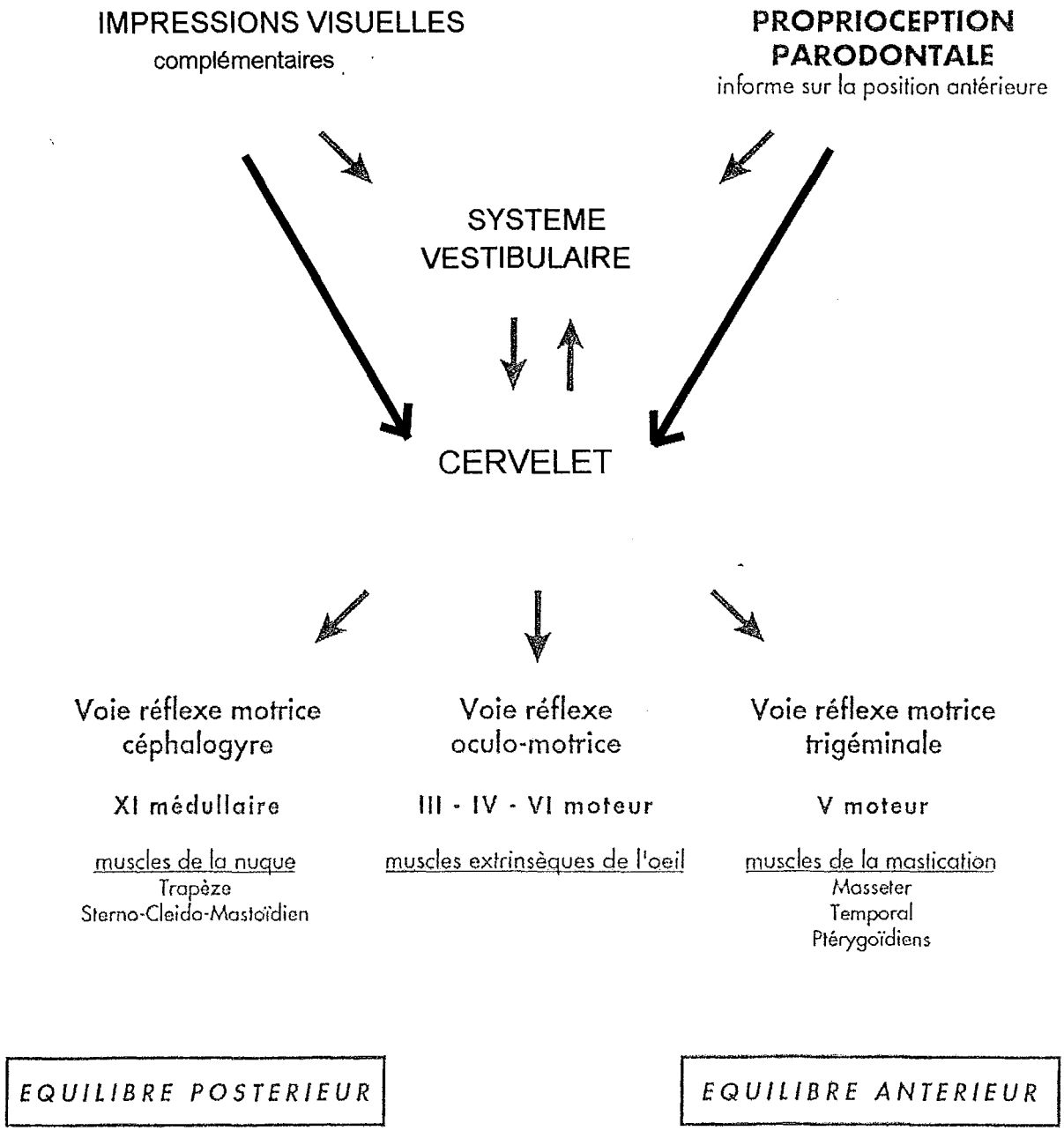


Figure 44 : *schéma récapitulatif de l'organisation fonctionnelle de la posture céphalique.*
(D'après STRAZIELLE, modifié, 1995)

Le schéma de BRODIE modifié (figure 45), en intégrant la posture de la mandibule dans le contexte du système postural global, a le mérite de faire comprendre qu'il devenait opportun de montrer les rapports fonctionnels de l'appareil manducateur avec son environnement, en particulier la ceinture scapulaire et le rachis cervical. Par ailleurs, ce schéma met en exergue le rôle essentiel de la musculature vis-à-vis des pièces osseuses. Par ses afférences, par son système d'intégration, d'analyse et de commande, et par ses efférences, l'appareil manducateur s'intègre tout naturellement à la physiologie générale de l'organisme.

Depuis que l'animal est sorti des eaux, et notamment à l'apparition des Mammifères terrestres, l'extrémité céphalique s'est individualisée du reste du corps grâce à la formation d'un cou de taille variable, parfaitement adapté aux fonctions de prise alimentaire, d'attaque ou de défense. L'apparition de la bipédie et d'un axe vertébral vertical a modifié considérablement l'équilibre crânio-facial. Il y a un agrandissement des composants de la boîte crânienne, avec le redressement de la région frontale et le déplacement vers le bas du trou occipital accompagnant la bascule de l'os occipital en même temps que s'amorce, avec le développement de l'encéphale, le processus de cérébralisation. On aboutit ainsi à une répartition, en deux parties moins inégales, de la masse encéphalique, de part et d'autre de l'axe vertébral vertical.

Il faut ajouter sur un plan mécanique que le poids de la face est toujours contrebalancé par la masse postérieure des muscles cervicaux et que le poids de la mandibule est toujours contrebalancé par la masse antérieure des muscles de fermeture mandibulaire (muscles masticateurs).

Il existe alors un réajustement de la posture mandibulaire et de la tonicité des muscles mandibulaires à chaque fois que l'équilibre céphalique est modifié par un changement de position ou d'orientation de tête.

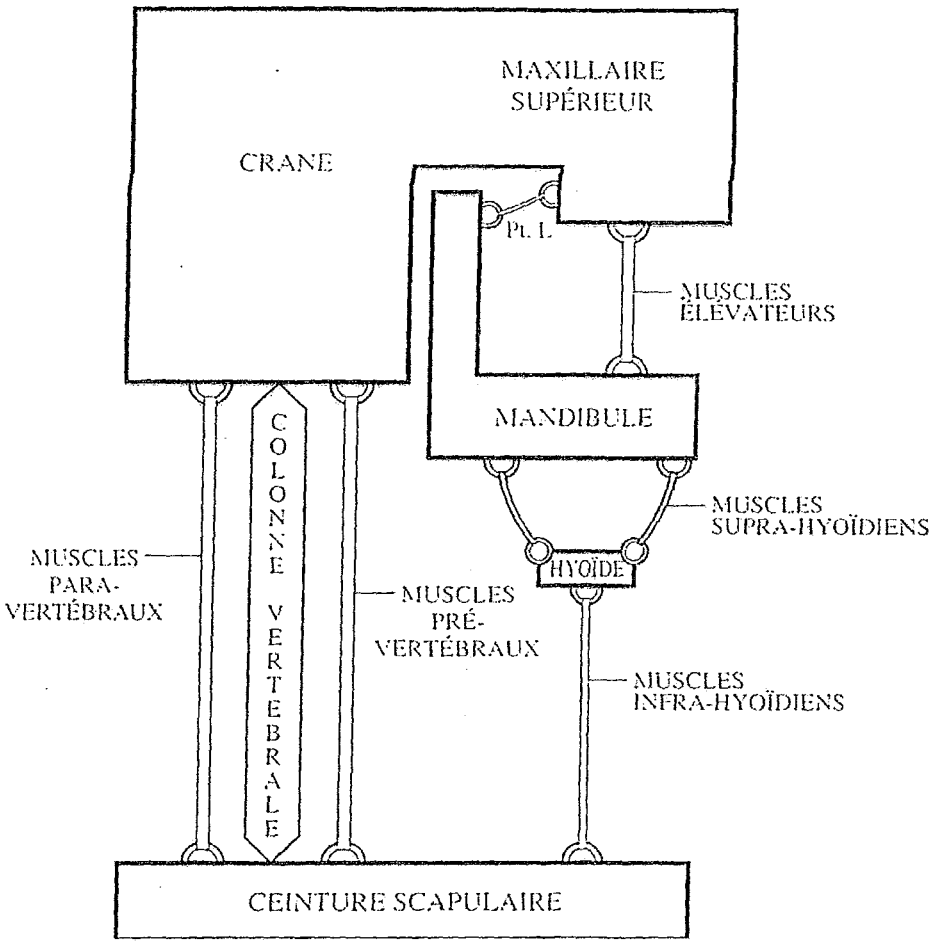


Figure 45 : *schéma de BRODIE modifié.*

(D'après HARTMANN, 1993)

2. Les influences supra-segmentaires

2.1. Généralités

Les centres supra-segmentaires vont participer à l'élaboration du mouvement volontaire. La posture, nous l'avons vu, est en partie un ensemble de réflexes mettant en jeu des mécanismes purement segmentaires. Elle intervient également dans l'élaboration des mouvements volontaires puisque ceux-ci sont réalisés sur un arrière-plan de contraction posturale qui se modifie de façon appropriée lors de chaque mouvement.

Si l'on sectionne les racines dorsales de la moelle épinière (racines sensitives), le réflexe myotatique est interrompu mais l'activité des motoneurones gamma persiste. Cela souligne à la fois l'importance des afférences fusoriales et du réflexe myotatique dans la genèse du tonus et l'existence d'influences excitatrices sur le motoneurone gamma.

Plusieurs expériences aboutissent à des faits concluants. Parmi elles, la rigidité de décérébration obtenue après l'élimination des structures télencéphaliques et diencéphaliques montre bien que ces centres ont un rôle inhibiteur sur le tonus musculaire. La rigidité de décérébellation observée après l'ablation du cervelet est un autre exemple du contrôle supra-segmentaire.

Les centres supra-segmentaires vont intégrer les messages d'origine périphérique venant des récepteurs vestibulaires, cervicaux, visuels c'est-à-dire de l'ensemble crânio-cervico-facial pour mettre en place une stratégie motrice.

L'ensemble permet une modulation du tonus musculaire, notamment dans les mouvements automatiques et dans le maintien de l'équilibre postural global de l'extrémité céphalique lors de mouvements volontaires. Ceci se fait par l'intermédiaire de la formation réticulaire.

La commande motrice peut se résumer en trois niveaux hiérarchiques :

- les aires associatives du cortex cérébral et les ganglions de la base définissent les stratégies motrices.
- le cortex moteur et le cervelet définissent les paramètres du mouvement.
- le tronc cérébral exécute le mouvement.

2.2. Le cortex

Le contrôle du mouvement volontaire implique presque toutes les aires du néocortex même si le cortex moteur est assimilé aux aires 4 et 6 de Brodman . En effet, la réalisation du mouvement dirigé vers un objectif dépend des informations relatives à la connaissance de la situation du corps dans l'espace, des objectifs à atteindre, et de la sélection d'une stratégie pour les atteindre en fonction des données mémorisées.

Avant d'effectuer un mouvement, il est nécessaire que le système nerveux du sujet soit informé de sa position dans l'espace. Cette capacité d'évaluation du contexte dépend des informations sensorielles, proprioceptives et visuelles atteignant **le cortex pariétal postérieur**.

Les régions frontales jouent un rôle fondamental dans la prise de décision, l'anticipation sur les conséquences de l'action et le traitement de la pensée abstraite.

Les aires corticales préfrontales et pariétales envoient toutes deux des axones vers le cortex moteur (M1 ou aire 4 de Brodman) qui contribue massivement à **la voie corticospinale**.

Le cortex moteur reçoit des informations d'origine sous-corticale issues principalement du **thalamus** et plus précisemment du noyau ventrolatéral. La partie orale du noyau ventrolatéral (VLo) qui projette vers l'aire 6 reçoit des afférences des **ganglions de la base**. La partie caudale du noyau (VLc) reçoit des **afférences du cervelet**.

2.3. Le cervelet

2.3.1. Généralités

Le cervelet constitue chez tous les vertébrés un important centre d'intégration supra-segmentaire. Il faut rappeler que son volume a plus que triplé au cours du dernier million d'années.

Il est réduit à sa portion médiane, vermienne chez les Vertébrés inférieurs.
Les hémisphères cérébelleux, légèrement esquissés chez les Oiseaux, ne prennent une réelle importance qu'à partir des Mammifères. Dans cette dernière classe, leur masse et leur complication s'accroissent régulièrement au fur et à mesure que l'on s'élève dans l'échelle phylogénétique, atteignant un maximum chez les Primates et chez l'Homme.

L'étude phylogénétique démontre donc l'apparition successive de l'archéocervelet des Vertébrés inférieurs, du paléocervelet des Reptiles et des Oiseaux, du néocervelet des Mammifères. Chez l'Homme persiste les trois régions impliquées dans des fonctions différentes.

2.3.2. Ses rôles et son fonctionnement

Effectuer un mouvement nécessite une séquence détaillée des contractions musculaires, chacune d'entre elles devant intervenir avec une grande précision. Ainsi commander volontairement aux muscles de se contracter n'est pas suffisant à l'élaboration précise d'un mouvement.
Le cervelet joue le rôle d'une structure régulatrice contrôlant de façon inconsciente le programme moteur jusqu'à ce que sa réalisation corresponde à l'habilité motrice du sujet. Dans le cas où ce programme n'est pas exactement adapté, le cervelet interviendra pour l'ajuster.

Il intervient dans la coordination et l'harmonisation du mouvement.

Le cervelet est une structure supra-segmentaire qui, contrairement au cortex, ne possède pas d'efférences directs vers les centres segmentaires. Elle s'exprime par l'intermédiaire des voies extrapyramidales.

- ***l'archeo-cervelet*** participe au contrôle de l'équilibration et est en rapport direct avec l'appareil vestibulaire et la voie vestibulo-spinale. C'est le lobe flocculo-nodulaire.
- ***le paleo-cervelet*** est impliqué dans le contrôle de l'activité tonique et posturale en relation avec les afférences médullaires et cérébrales proprioceptives. Il est constitué de la majeure partie du vermis.
- ***le neo-cervelet*** est impliqué dans la motricité phasique. Il est en relation avec le cortex cérébral dont il reçoit des efférences et qu'il contrôle en retour. Ce sont les hémisphères cérébelleux qui entrent en jeu.

2.3.3. Sa structure

Si l'on regarde une coupe de lamelle cérébelleuse comme le montre la figure 46, on voit après coloration, trois couches : une couche externe moléculaire pauvre en éléments cellulaires, une couche moyenne formée d'une seule rangée de cellules que l'on nomme cellules de PURKINJE considérées comme les neurones effecteurs du cortex cérébelleux et une couche interne granulaire qui représente les neurones afférents du cervelet.

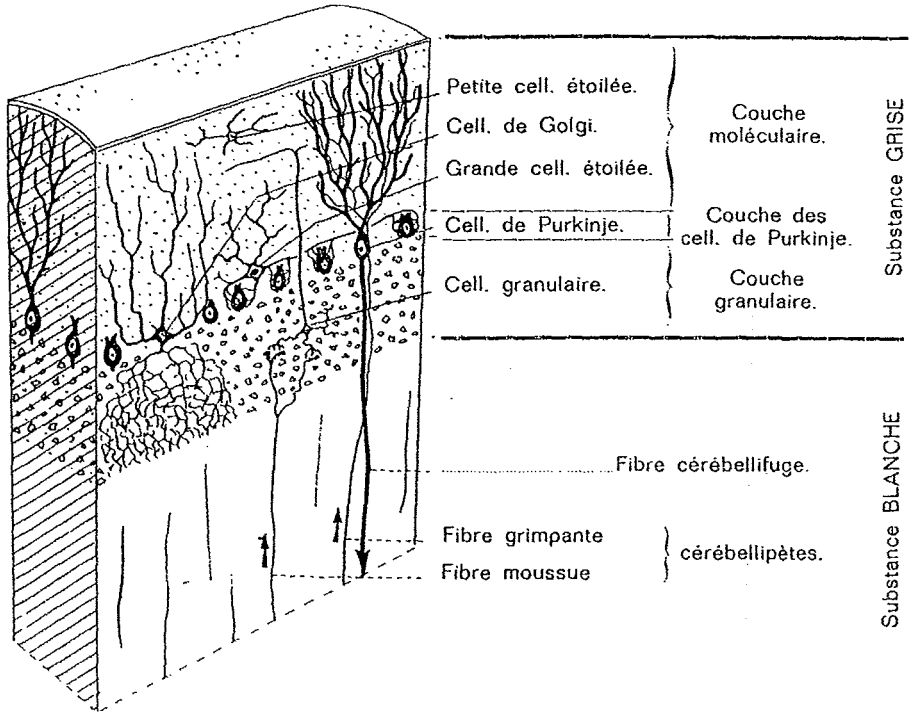


Figure 46 : *Constitution du cervelet.*

(D'après LAZORTHES, 1983)

2.3.4. Ses afférences

ARCHEO-CERVELET

Les fibres **vestibulo-cérébelleuses** arrivent soit directement du nerf vestibulaire, soit après relais dans les noyaux vestibulaires.

PALEO-CERVELET

Elles sont essentiellement constituées par les fibres de la sensibilité tactile ou proprioceptive inconsciente. Les terminaisons sensitives des fuseaux neuro-musculaires (fibres Ia et II), et les terminaisons des corpuscules de GOLGI (fibres Ib), entre autres, ont été identifiées dans les faisceaux **spino-cérébelleux**.

NEO-CERVELET

Les afférences sont essentiellement constituées par des fibres d'origine corticale.
Le cortex cérébral dispose de plusieurs voies pour influencer le cortex cérébelleux :

La voie **cortico-ponto-cérébelleuse**, qui représente une véritable dérivation du faisceau pyramidal
La voie **cortico-olivo-cérébelleuse**, qui relie les cortex cérébral et cérébelleux par l'intermédiaire de l'olive inférieure.

2.3.5. Ses efférences

Le cervelet exerce son influence sur la régulation du tonus de posture par l'intermédiaire des voies spinales descendantes.
Les efférences cérébelleuses s'effectuent pour la plupart par l'intermédiaire des noyaux intra-cérébelleux et sont destinées aux centres à l'origine des voies extrapyramidales et au cortex cérébral. Ainsi les faisceaux vestibulo-spinaux interviennent sur les motoneurones alpha et les faisceaux réticulo-spinaux et rubro-spinaux sur les motoneurones gamma. Les efférences du cervelet sont représentés dans le tableau 4 :

ORIGINE	NOYAUX INTRA-CEREBELLEUX		RELAIS	FAISCEAUX	DESTINEE
Cortex cérébelleux		Noyau du toit	Noyau vestibulaire	Vestibulo-spinal	Motoneurone alpha
Cortex cérébelleux	Noyau du toit		Formation réticulée	Réticulo-spinal	Motoneurone gamma
Cortex cérébelleux	Noyau interposé		Noyau rouge	Rubro-spinal	Motoneurone gamma
Cortex cérébelleux	Noyau dentelé		Thalamus ventro-latéral	Thalamo-cortical	Cortex cérébral

Tableau 4

On voit alors que les efférences font relais obligatoirement soit dans **la formation réticulée** soit au niveau du **noyau rouge** pour tout ce qui concerne la boucle gamma alors que pour la voie cérébello-vestibulaire le relais a lieu dans les noyaux vestibulaires. Elle peut être alors considérée comme plus directe.

La formation réticulée s'étend sur toute la hauteur du tronc cérébral. A son niveau, converge une multitude de messages appartenant à toutes les modalités sensorielles. Elle entre, en outre, en relation avec de très nombreux centres encéphaliques et demeure elle-même sous la dépendance d'afférences provenant d'autres régions qui freinent ou facilitent son activité comme par exemple le système limbique ou l'hypothalamus.

Ses variations reflètent les modifications de comportements très généraux tels que le stress, l'attention, l'état de veille ou de sommeil, lesquels conditionnent très largement les variations du tonus musculaire en général et le tonus des muscles masticateurs en particulier.

D'après HARTMANN (1993), lors de l'élévation de la vigilance, on observe une augmentation du tonus postural d'extension assurant le positionnement favorable à la plupart des actes moteurs par une intensification des influx émis par des récepteurs fusoriaux due aux décharges réticulaires. Comme le montre la figure 47, celles-ci facilitent également tous les mouvements volontaires, qu'ils soient de flexion ou d'extension, en augmentant l'excitabilité des motoneurones via les commandes émanant du cortex cérébral. Enfin la transmission des messages nociceptifs est bloquée, l'activité réticulaire anticipant le déclenchement des réflexes de flexion qui désorganiseraient un comportement moteur vigile dirigé.

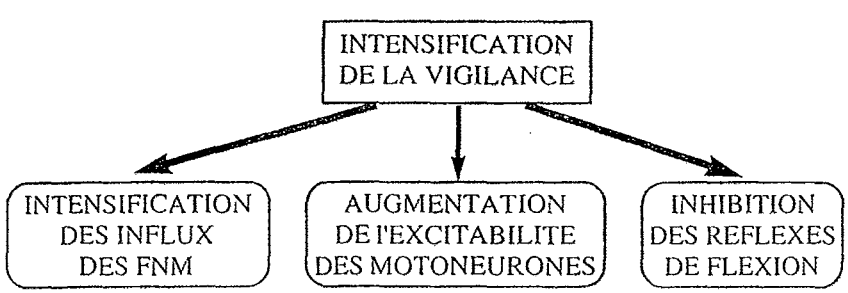


Figure 47 : *effets de l'hyperactivité réticulaire.*
(D'après HARTMANN, 1993)

Le contrôle qu'exerce la formation réticulée sur les motoneurones gamma par l'intermédiaire des voies réticulospinales est cependant bipolaire. En effet, la formation réticulée est à la fois activatrice et inhibitrice selon la région impliquée.

D'après WODA (1983), la stimulation de la formation réticulée **bulbaire** inhibe l'hypertonicité de la rigidité de décérébration. Par contre, la stimulation de la formation réticulée **ponto-mésencéphalique** facilite les réponses musculaires étant donné qu'elle possède une action facilitatrice sur le motoneurone gamma. La figure 48 décrit parfaitement ce phénomène.

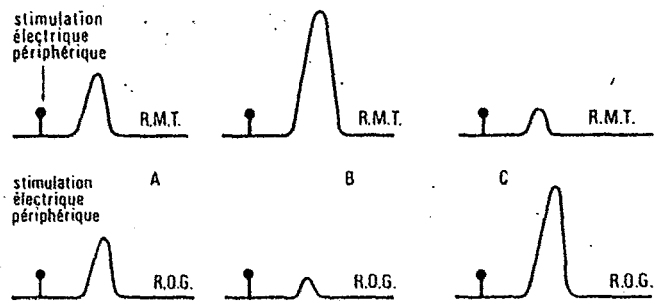


Figure 48 : *formation réticulée ponto-mésencéphalique et formation réticulée bulbaire.*
En haut : réflexe myotatique trigéminal (R.M.T.). En bas : réflexe d'ouverture de la gueule (R.O.G.). En A : R.M.T. et R.O.G. déclenchés par une stimulation électrique périphérique.
En B, mêmes réflexes mais la stimulation électrique est précédée d'une stimulation de la formation réticulée ponto-mésencéphalique. En C : mêmes réflexes, mais précédés d'une stimulation de la formation réticulée bulbaire.
(D'après WODA, 1983)

La formation réticulée a donc des effets différentiels sur les réflexes d'extension et de flexion. La formation réticulée ponto-mésencéphalique facilite le réflexe myotatique trigéminal et inhibe le réflexe d'ouverture de la gueule et l'activation de la formation réticulée bulbaire provoque les effets inverses.

C'est ainsi que BEAR (2003) dit qu'il existe un faisceau **réticulospinal médian d'origine pontique** qui exerce une action facilitatrice sur les réflexes anti-gravitaires au niveau du tronc cérébral pour l'extrémité encéphalique et au niveau de la moelle épinière pour les membres et le tronc. Ce type de régulation participe de façon primordiale au contrôle moteur : la plupart du temps, l'activité des motoneurones, plutôt que d'être impliquée dans des changements

d'activité musculaire en rapport avec des mouvements volontaires, est en fait impliquée dans le maintien de la longueur et de la tension musculaire en rapport avec des activités posturales.

Le faisceau **réticulospinal latéral d'origine bulbaire** libère les muscles anti-gravitaires des activités réflexes dans lesquelles ils se trouvent impliqués.

La figure 49 illustre la localisation de ces deux faisceaux.

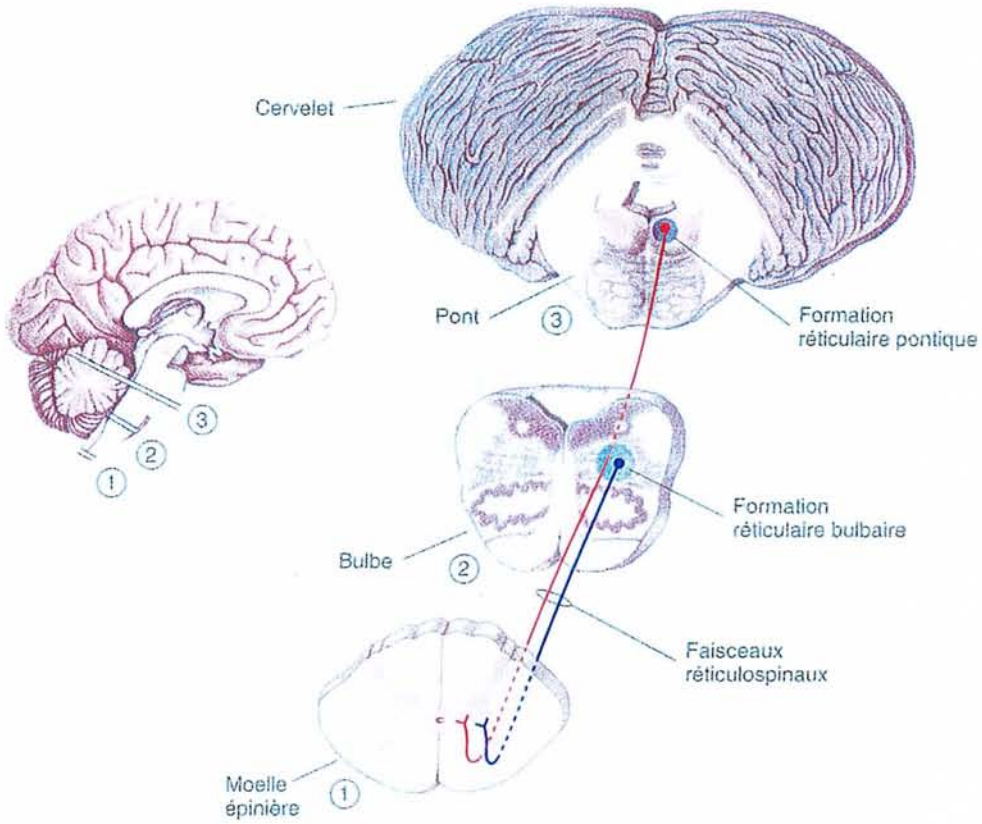


Figure 49 : *représentation des faisceaux réticulospinal médian (pontique) et réticulospinal latéral (bulbaire).* (D'après BEAR, 2003)

2.3.6. Conclusion

La distinction entre le paléocervelet à connexions essentiellement bulbo-médullaires et le néocervelet à connexions essentiellement cérébrales demeure fondamentale. Par là, on peut comprendre qu'il existe un clivage entre tonus postural et mouvements volontaires, mais clivage qui, en réalité n'existe pas étant donné que ces deux grandes fonctions ne sont pas sans rapport entres elles. Les mouvements volontaires se font en effet sous la dépendance de la posture qui se modifie de façon appropriée lors de chaque mouvement pour que l'équilibre soit préservé.

2.4. Les ganglions de la base

L'ensemble des ganglions de la base et du thalamus porte le nom de « **noyaux gris centraux** ».

De la même façon que le cervelet, les ganglions de la base reçoivent des informations en provenance du cortex et en transmettent au cortex via le thalamus. Ainsi, il existe une boucle impliquant les ganglions de la base, le thalamus et le cortex dont la fonction principale est de sélectionner et de déclencher les mouvements volontaires.

3. Voies motrices descendantes

Les voies efférentes empruntent les voies de deux systèmes qui se situent au niveau segmentaire. Ces voies motrices descendantes permettent d'établir le lien entre niveau supra-segmentaire et niveau segmentaire. Elles reçoivent des informations en provenance du tronc cérébral, qui ne cheminent pas plus haut, donc qui participent à des phénomènes réflexes, mais aussi des informations en provenance des centres supra-segmentaires qui vont participer à l'élaboration de l'acte moteur volontaire.

Le système latéral est impliqué dans la réalisation des mouvements volontaires de la musculature distale ; il est sous le contrôle direct du cortex cérébral. Le système ventro-médian est impliqué dans le contrôle de la posture et de la locomotion et se trouve sous la dépendance du tronc cérébral donc d'un niveau segmentaire. Un schéma récapitulatif représente ces voies motrices descendantes (figure 50).

3.1. Le système moteur latéral

La composante majeure du système latéral est la **voie cortico-spinale** nommée par ailleurs **faisceau pyramidal**. Une autre composante de ce système est le **faisceau rubro-spinal** dont l'origine est, au niveau mésencéphalique, le noyau rouge. Ce noyau rouge reçoit des informations du cortex.

Au cours de l'évolution des primates, cette voie cortico-rubro-spinale indirecte a été largement remplacée par la voie cortico-spinale directe. Alors que le système rubro-spinal contribue de façon importante au contrôle moteur chez beaucoup d'espèces de mammifères, son rôle chez l'homme apparaît des plus réduit, la plupart de ses fonctions ayant été prises en charge par le système cortico-spinal.

3.2. Le système ventromédian

Le système ventromédian est constitué de quatre faisceaux descendants dont l'origine se situe au niveau du tronc cérébral, et qui influencent les interneurones spinaux contrôlant la musculature proximale et axiale. On parle de système extra-pyramidal.

Il s'agit :

- du faisceau vestibulospinal
- du faisceau tectospinal
- du faisceau réticulospinal d'origine pontique
- du faisceau réticulospinal d'origine bulbaire

Les voies du système ventromédian reçoivent des informations sensitives en rapport avec le sens de l'équilibre, de la position du corps, et l'environnement visuel. Elles contribuent au maintien de l'équilibre et de la posture du corps de façon réflexe.

3.3. Conclusion

Le système ventromédian prend son origine dans diverses régions du tronc cérébral et contribue essentiellement au contrôle postural et à certains mouvements de type réflexe. Le déclenchement d'un mouvement volontaire nécessite la contribution du cortex cérébral et implique les voies motrices latérales. Le cortex moteur active directement les neurones spinaux et contribue également à libérer des activités réflexes notamment en agissant sur les noyaux d'origine des voies ventromédianes.

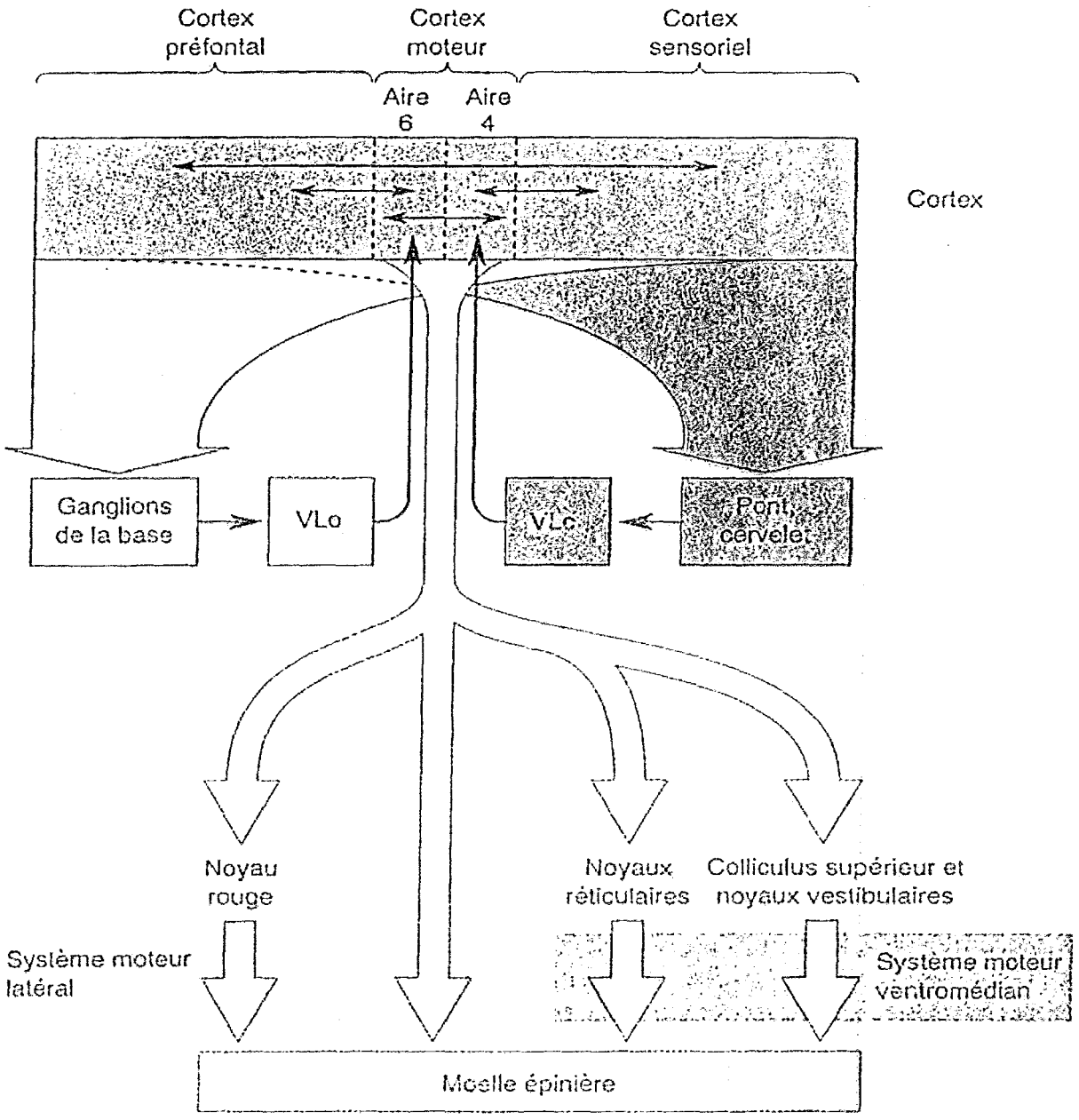


Figure 50 : *représentation schématique des boucles motrices passant par le cervelet.*
(D'après BEAR et al, 2003)

Partie 3

PHYSIOPATHOLOGIE DE LA POSTURE CERVICO-FACIALE : CONSEQUENCES CLINIQUES

1. Répercussions de la posture cervico-faciale dans la croissance de l'enfant : intérêts en orthopédie-dento-faciale

Actuellement, l'orthopédie-dento-faciale est pratiquée de façon à répondre à une certaine demande esthétique correspondant à certains canons. Elle deviendra de plus en plus partie intégrante d'un ACTE MEDICAL visant non seulement à obtenir l'harmonie dento-faciale mais également à optimiser un certain nombre de capacités de développement de l'enfant. La forme crâniofaciale est le résultat de la croissance inégalement partagée entre l'inné et l'acquis.

L'influence de la fonction sur la forme est indéniable et résulte du retentissement du comportement neuro-musculaire sur la croissance.

1.1. Les implications du comportement neuro-musculaire

1.1.1.La théorie de MOSS

Elle systématise l'action de la croissance crânio-faciale des tissus mous accompagnés de leurs gaines vasculo-nerveuses et des cavités pneumatiques. Selon MOSS (1997), chacune de nos fonctions est assurée par une composante crânio-fonctionnelle à laquelle correspond une fonction. Chaque composante crânio-fonctionnelle (FCC= Functional Cranial Component) recouvre deux entités anatomophysiologiques :

- la matrice fonctionnelle (FM)

Elle est constituée de tous les tissus mous, organes, et des espaces fonctionnels nécessaires à l'accomplissement d'une fonction spécifique (espace oral, nasal, pharyngien). MOSS distingue :

- les matrices périostées : elles correspondent aux muscles et agissent sur l'os grâce à leurs insertions au niveau du périoste, par des phénomènes de tension. Ce processus est appelé « croissance active ».
- les matrices capsulaires : ce sont les tissus mous et les espaces aériens. Ils agissent seulement en changeant leur position dans l'espace. On parle de « croissance passive ».

- l'unité squelettique

Elle correspond à tous les tissus « squelettiques » (os, cartilage) dont la fonction est de protéger et de soutenir cette matrice fonctionnelle.

MOSS ne fait donc pas la différence entre la suture et la synchondrose, les deux structures responsables de la croissance osseuse : les deux sont des sites de croissance secondaires aux matrices fonctionnelles. **« Les os ne croient pas, on les fait croître »**. De plus, le génome n'a pas de pouvoir, **« Les gènes n'agissent pas, mais réagissent.»**. Ainsi, les gènes donnent des informations nécessaires à la poursuite du phénomène de croissance mais celles-ci vont s'exprimer en fonction de l'environnement.

Selon MOSS, « Comme tout organisme vivant, l'homme est génétiquement programmé, mais il est programmé pour apprendre. Tout un éventail de possibilités est offert par la nature au moment de la naissance : ce qui est actualisé se construit peu à peu pendant la vie par l'interaction avec le milieu ».

Le comportement neuro-musculaire d'un individu passe des activités réflexes du nouveau-né aux obligations fonctionnelles de l'âge adulte. Au niveau crânio-cervico-facial, un équilibre statique et dynamique se constitue entre les forces musculaires servant à haubaner le squelette et à maintenir la tête d'aplomb. A cela, s'ajoute l'influence du massif pharyngo-lingual qui contribue à mouvoir la mandibule. Si, par exemple, le passage de la succion-déglutition, caractéristique du jeune enfant, à la déglutition mature du sujet denté ne s'effectue pas au moment opportun, l'harmonie de la croissance crânio-cervico-faciale est gravement compromise.

Les dysfonctions sont donc à l'origine de la plupart des anomalies de croissance du massif crânio-facial. L'origine fonctionnelle de la plupart des anomalies de la croissance tel que le décalage des bases osseuses oblige le praticien à intégrer les modifications comportementales en terme de thérapeutique.

1.1.2.Posture crânio-cervicale et croissance crânio-faciale

Nous allons préciser les mécanismes au moyen desquels les dysfonctions retentissent sur la morphogenèse de la face. Des études récentes ont mis l'accent sur le rôle tout particulier de la posture céphalique et de la posture linguale.

1.1.2.1. L'hypothèse de l'étirement des tissus mous de SOLOW et KREIBORG

- Posture crânio-cervicale, facteur prédictif de la croissance crânio-faciale :

Il existe un intérêt majeur pour les prévisions de croissance faciale. Malgré de nombreux efforts pour satisfaire la demande clinique de prévision de croissance, les mécanismes qui ont

pour but de contrôler le développement de la face sont encore peu connus. Les facteurs fonctionnels ont un rôle à jouer dans la croissance de la face. SOLOW et KREIBORG, déjà en 1977, ont émis **l'hypothèse de l'étirement des tissus mous** selon laquelle une relation causale existerait entre l'obstruction rhino-pharyngée et l'adaptation posturale crânio-cervicale. Celle-ci déformerait l'ancrage crânien du pharynx du fait de l'étirement tissulaire qu'elle occasionne.

SOLOW et SIERSBAEK-NIELSEN (1992) ont étudié les modifications de croissance crânio-faciale en fonction des différentes postures céphaliques.

34 enfants ont été sélectionnés. 12 étaient en classe I, 18 en classe II division 1, 4 en classe II division 2. La période d'observation moyenne était de 2.8 ans. Aucun traitement orthodontique n'a été effectué pendant cette période.

Des analyses céphalométriques ont été réalisées pour mesurer les relations qu'il existe entre la tête et la colonne cervicale. Les résultats sont représentés par les figures 51 et 52.

Les corrélations entre posture et croissance crânio-faciale ont montré que les sujets ayant une inclinaison postérieure de la colonne cervicale et un angle crânio-cervical faible ont une croissance dirigée antérieurement alors que les sujets ayant une inclinaison avant de la colonne cervicale et un angle crânio-cervical important ont une croissance dirigée vers le bas.

En conclusion un angle crânio-cervical faible est associé à un type de croissance horizontal (rotation antérieur selon BJÖRK) et un angle crânio-cervical important est associé à un type de croissance vertical (rotation postérieur selon BJÖRK).

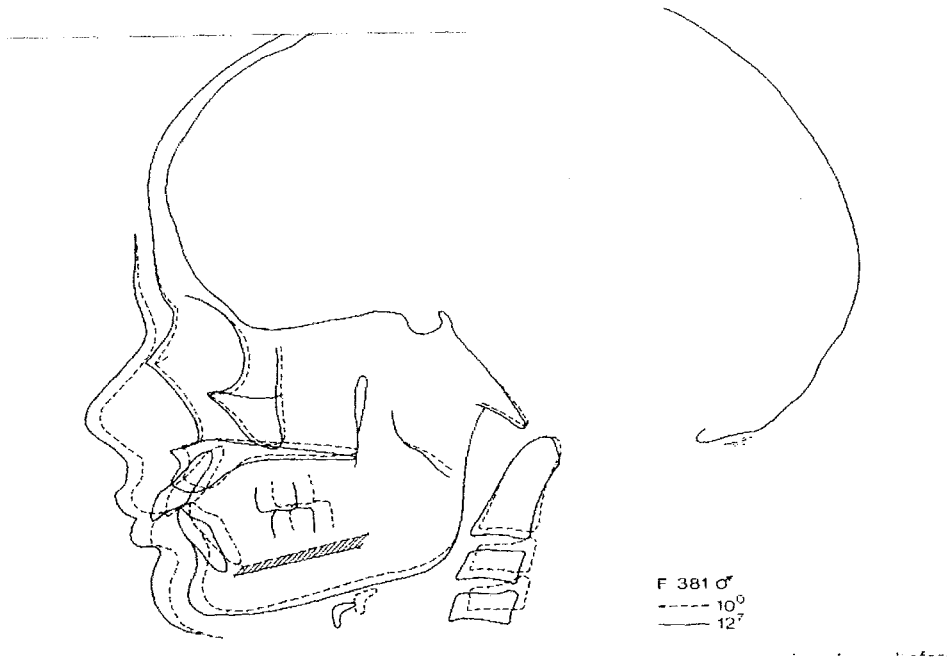


Figure 51 : *illlustration de l'inclinaison postérieure de la partie supérieure de la colonne cervicale et de l'angulation de faible amplitude de l'angle crânio-cervical. Direction de croissance antérieure de l'étage inférieur de la face. Les zones grisées indiquent le déplacement de la mandibule par rapport à la base antérieure du crâne.* (D'après SOLOW et SIERSBAECK-NIELSEN, 1992)

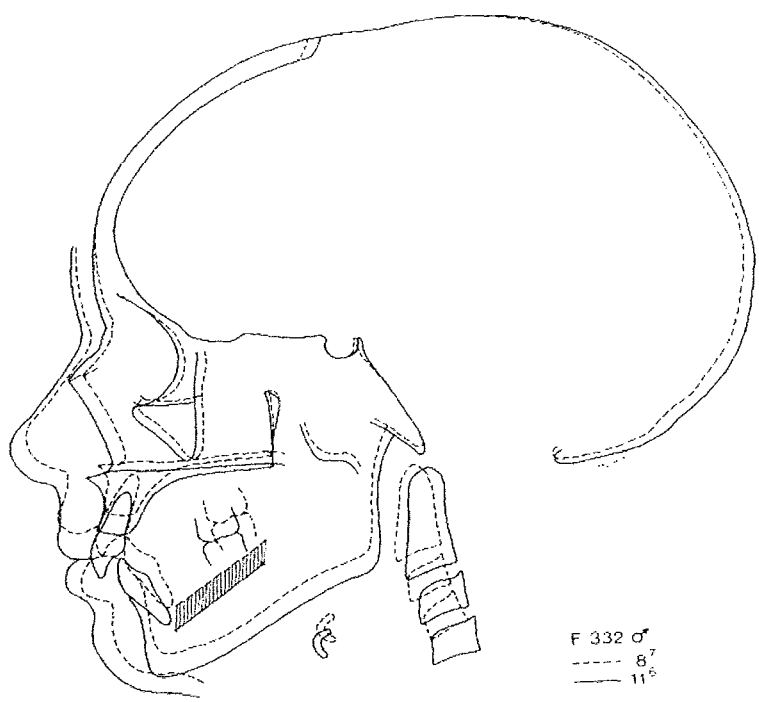


Figure 52 : *inclinaison antérieure initiale de la partie supérieure de la colonne cervicale et angulation importante de l'angle crânio-cervical. Croissance de l'étage inférieur de la face dirigée vers le bas (Rotation postérieure).* (D'après SOLOW et SIERSBAECK-NIELSEN, 1992)

Des études antérieures avaient montré qu'il existait des mécanismes biologiques coordonnant les modifications de posture et de croissance mais sans mentionner si c'était la posture qui influençait la structure ou l'inverse. Cette étude semble montrer que de toute évidence la posture ou des facteurs la déterminant influencent la direction de la croissance de la face.

L'obstruction des voies aériennes supérieures qui oblige le passage de l'air par la voie buccale provoque une ouverture de l'angle crânio-cervical car d'après TALMANT (2003) « l'extension de la tête sur le cou est une adaptation posturale capable de prévenir le collapsus inspiratoire du pharynx en contribuant au raidissement mécanique de la gouttière des constricteurs ».

En effet, la hauteur fonctionnelle du pharynx est de géométrie variable et la posture crânio-cervicale permet de l'ajuster au mieux puisque des liaisons aponévrotiques existent entre le pharynx et les apophyses transverses des premières vertèbres cervicales. L'extension de la tête sur le cou s'accompagne d'une nette augmentation de la section droite moyenne du pharynx, de sa profondeur et de sa largeur. L'extension crânio-cervicale, en éloignant l'os hyoïde de la mandibule et en plaçant la langue en posture basse dans la cavité orale, intensifie les tractions que reçoivent les deux mylo-hyoïdiens. Et lors de la posture habituelle comme lors de la déglutition, ces muscles transmettent à toute la longueur des crêtes mylo-hyoïdiennes du corps mandibulaire des tractions accrues.

L'adaptation posturale que représente l'augmentation de l'angle crânio-cervical en cas de respiration buccale est donc tout à fait propice à la rotation postérieure du corps de la mandibule par rapport à ses branches. On aboutit donc à une anomalie de croissance.

Il existe une relation entre la posture crânio-cervicale et la direction de croissance dans le cadre du développement de la face. Si une dysfonction est présente alors une adaption posturale sera nécessaire et comme la posture influe sur la croissance de l'extrémité céphalique, celle-ci s'en trouvera modifiée.

- Posture de la tête et malocclusions :

Pour compléter les travaux précédents, SOLOW et SONNESEN (1998) ont étudié la relation qui existe entre la posture de la tête et les malocclusions.

96 enfants âgés de 7 à 13 ans ayant besoin d'un traitement orthodontique sont sélectionnés. Les sujets n'avaient pas d'anomalies crânio-faciales, ni de dysfonctions temporo-mandibulaires, ni de symptômes d'obstruction des voies aériennes supérieures.

Les malocclusions sont diagnostiquées par un orthodontiste selon la classification de BJÖRK et al. Des téléradiographies de profil sont réalisées la tête bien droite et dents en occlusion. 9 points de référence sont utilisés pour le calcul de 9 angles qui représentent les postures crânio-cervicale, crânio-verticale, cervico-horizontale et la courbure de la colonne cervicale. 4 lignes de référence représentent la tête (NSL, NL) et la colonne cervicale dans sa partie haute (OPT, CVT). Les points et les lignes de référence sont représentés dans la figure 53. L'angle crânio-vertical est représenté par l'intersection des plans NSL/VER, NL/VER. L'angle crânio-cervical est représenté par l'intersection des plans NSL/OPT, NSL/CVT, NL/OPT et NL/CVT. L'angle cervico-horizontal est représenté par l'intersection des plans OPT/HOR, CVT/HOR et la courbure cervicale par l'intersection des plans OPT/CVT.

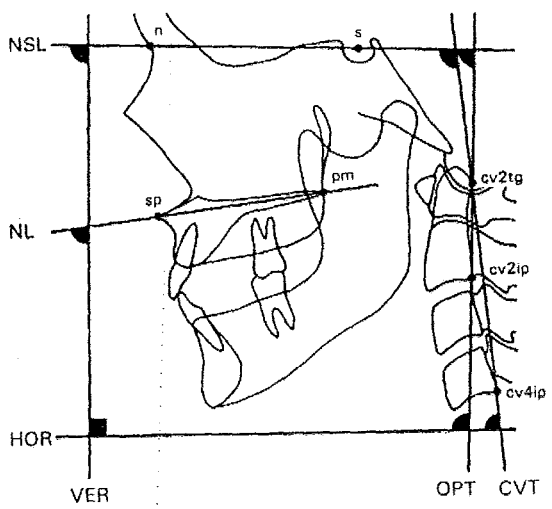


Figure 53 : *points et lignes de référence. NSL : nasion-selle turcique. NL : ligne nasale qui passe par sp (épine nasale) et pm (point le plus postérieur du palais dur). OPT : tangente au processus odontoïde qui passe par cv2ip et cv2tg. CVT : tangente aux corps vertébrales qui passe par cv4ip et cv2tg. VER et HOR : lignes horizontale et verticale.*

L'association entre les malocclusions et les variables posturales est démontrée en calculant les différences des moyennes posturales entre des sujets qui présentent des malocclusions et des sujets qui en sont indemnes.

Les résultats ont montré que les sujets en classe II ont, de façon générale un angle crânio-cervical plus faible et un angle cervico-horizontal plus important que les sujets qui ne présentent pas ce type de malocclusions.

Pour les anomalies de l'espace, des corrélations bien précises apparaissent. L'étude démontre que le groupe d'enfants ne présentant pas d'obstruction des voies aériennes supérieures mais présentant des malocclusions sévères qui nécessitent un traitement, tel un encombrement dentaire, a un angle crânio-cervical supérieur à la moyenne.

La question du manque de place pour les dents par rapport aux bases osseuses est un problème classique chez les orthodontistes.

Cette étude introduit un autre facteur qui pourrait affecter la croissance des arcades dentaires : la posture crânio-cervicale. En moyenne, les enfants se trouvant en période de croissance, ont un angle augmenté de 3 à 5 degrés par rapport à ceux qui ne sont pas en période de croissance. L'hypothèse de l'étirement des tissus mous pourrait être l'explication de l'extension crânio-cervicale durant le développement de la face. L'augmentation de l'angle pourrait induire un étirement passif des tissus mous comprenant la peau, les muscles et les aponévroses qui couvrent la tête et le cou. Une force dorsale se crée, laquelle induit la composante postérieure de la croissance normale de la face tel que le décrit la figure 54.

Figure 54 : *conséquences de l'étirement des tissus mous sur le développement crânio-facial. L'extension de l'angle crânio-cervical cause une traction postérieure sur les tissus mous qui recouvrent la face. La direction des forces qui s'exercent sur les structures dento-faciales est dorsale.*

(D'après SOLOW et KREIBORG, 1977)

On a également vu, que de **façon pathologique**, l'obstruction des voies aériennes supérieures entraîne, elle aussi, une extension de la tête sur le cou pour faciliter de façon mécanique le passage de l'air dans le conduit buccal. De nombreuses études ont confirmé cette donnée. De plus, il a été démontré qu'à la suite d'une adénoïdectomie, l'angle crânio-cervical tend à diminuer (SOLOW et GREVE, 1979). La pression dorsale est réduite au niveau des tissus mous ce qui permet la disparition de l'altération de l'équilibre entre les forces linguales et labiales. Les incisives vont pouvoir se vestibulo-verser.

Les conclusions de cette étude menée sur des enfants qui ne présentent pas de symptômes d'obstruction des voies aériennes supérieures amènent à penser que les sujets qui ont des obstructions nasales, nasopharyngées ou oropharyngées présentent eux des modifications dentofaciales marquées mais réversibles qui sont le résultat d'un mécanisme physiologique poussé à l'excès. Les implications cliniques d'un tel mécanisme dans le cadre orthodontique devraient jouer un rôle lors de la décision d'extraire des dents.

1.1.2.2. Conséquences cliniques

Le pharynx est une structure dont le comportement mécanique est modulé par la posture crânio-cervicale en rapport avec la ventilation. Selon TALMANT (1996), la différenciation post-natale spécifiquement humaine de l'oropharynx a diversifié ses performances. Mais cette évolution l'a rendue plus fragile que celui des autres mammifères. La dysfonction nasale, les ronflements forcent son vieillissement et font le lit des apnées obstructives du sommeil. Les adaptations posturales nécessaires au contrôle de la compliance de ce conduit pèsent lourdement sur la morphogenèse du reste de la face et favorisent la rechute si le patient n'a pas recouvré une ventilation nasale optimale.

Devant l'étendue des conséquences pathologiques des troubles de la ventilation nasale, il n'est pas possible de les ignorer dans le cadre d'un traitement orthodontique qui doit associer une thérapeutique fonctionnelle à la mécanothérapie. Si tel n'est pas le cas, l'enfant va alors se construire une face avec laquelle il lui sera difficile de ventiler et, comme pour une scoliose vertébrale structurale, ses troubles morphologiques n'auront aucune tendance à l'amélioration spontanée.

Dans l'optimisation des conditions de développement de l'enfant, l'orthodontiste doit prendre certaines mesures :

- ***il doit informer patient et parents des relations possibles des troubles de sa ventilation avec sa malocclusion et doit déclencher une enquête médicale qui contribuera à leur traitement.***
- ***par ses moyens orthopédiques, il peut également favoriser la récupération d'une morphologie favorable au rétablissement d'une ventilation nasale normale.***

1.1.3. Modifications dynamiques et posturales de la langue : influence sur la croissance faciale

Les travées osseuses de l'échafaudage facial ont une orientation de croissance déterminée par la statique vertébrale et mandibulaire sous l'influence des facteurs musculo-ligamentaires de haubanage et de la pesanteur qui détermine leur équilibre. Nous avons vu que l'extrémité céphalique est un état d'équilibre affiné par la proprioception parodontale, vestibulaire et les impressions visuelles qui communiquent au cervelet des informations à l'origine des réflexes correspondant aux voies réflexes motrices trigéminale et cervicale et oculomotrice.

La langue réagit aux excitations venues de son territoire. Si la contraction déclenchée se répète fréquemment, une nouvelle image motrice se constitue dans le cortex et fixe l'amplitude du mouvement mandibulaire, son conditionnement et sa répétition c'est-à-dire l'équilibre linguo-mandibulo-hyoïdien. Ceci montre que l'activité cinétique est toujours associée à une activité statique : « Le mouvement prolonge toujours une attitude, se superpose à une attitude et se termine par une attitude » (GUDIN, 1979).

Ainsi sous la pesanteur, les attitudes fixent la posture de la mandibule et la morphologie des structures voisines est strictement sous la dépendance des habitudes fonctionnelles ; cette morphologie se crée et se modifie en fonction du comportement neuro-musculaire et de l'équilibre architectural de la sphère crânio-cervico-faciale.

1.1.3.1. Facteurs de la croissance mandibulaire

La direction de croissance de la mandibule dépend non seulement de l'angle crânio-cervical mais aussi de facteurs tels que la position de la langue ou encore de celle des lèvres.

- la langue doit être appliquée contre le palais non seulement lors de la position de repos mais aussi lors de la déglutition qui s'accompagne d'un contact d'arcades chez le sujet denté.
- c'est une posture complétée par un contact bilabial associé à une respiration nasale normale.

Les informations permettant l'équilibre postural de la mandibule dépendent de certains facteurs :

- ils sont **occlusaux**. L'information est proprioceptive et elle est recueillie par le ligament alvéolo-dentaire.
- ils sont **linguaux**. Le dôme lingual se place contre la voûte palatine et le voile du palais.
- ils sont **labiaux**. Les informations sensitives transmises par le contact bilabial permettent à la mandibule de se situer sagittalement, non seulement lors de la déglutition mais aussi en position de repos.

Cet équilibre postural met en tension le ptérygoïdien latéral, facteur déterminant de la croissance mandibulaire. Toutes ces conditions sont résumées dans la figure 55.

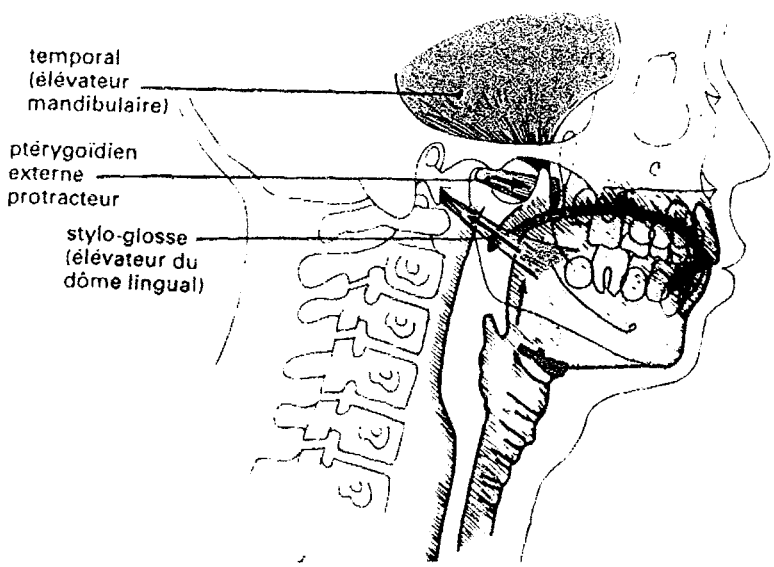


Figure 55 : *les mises en jeu musculaire sont faciles à systématiser dans la déglutition salivaire du sujet denté.*

- *contact bilabial : il est passif, ne faisant pas intervenir la contraction de l'orbiculaire des lèvres, de la musculature du menton.*
- *mise en tension des élévateurs de la mandibule et du ptérygoïdien latéral protracteur, entraînant un contact incisif sécant, un contact molaire triturant.*
- *mise en tension du styloglosse, entraînant une position haute du dôme lingual, contre voûte palatine et voile.*

(D'après DEFFEZ J.P. cité par FELLUS P., 1989)

1.1.3.2. La rétromandibulie fonctionnelle

Elle peut être due à la persistance de la succion-déglutition qui est la déglutition primaire normalemment vouée à la disparition avec l'apparition des dents.

1.1.3.2.1. Mécanisme de la succion-déglutition

La figure 56 montre que le vide intrabuccal est obtenu grâce au joint d'étanchéité constitué par le contact de la lèvre inférieure derrière le groupe incisivo-canin supérieur. Le temps pharyngien est anormal, la base de la langue est basse. La motricité dans ce comportement à la fois dynamique et postural est telle que :

- le digastrique, abaisseur et rétropulseur de la mandibule a une activité nettement prédominante.
- il y a une absence de mise en jeu du styloglosse qui est élévateur et rétracteur de la base de la langue et du ptérygoïdien latéral qui est propulseur de la mandibule et qui a une action directe sur le taux de croissance du condyle mandibulaire lorsqu'il se contracte.

De plus, cette succion en raison de son influence sur la musculature périphérique, notamment au niveau jugual, ne permettra pas au maxillaire d'atteindre une dimension transversale normale, indispensable si l'on veut que la langue se place contre le palais et que les fosses nasales puissent se développer normalement. La respiration sera alors buccale, obligeant l'enfant à préserver un « couloir » entre le palais et le dos de la langue.

On constate alors que la respiration buccale et le mécanisme de la persistance de la succion-déglutition sont intimmement liés entraînant un type de faciès que l'on nomme adénoïdien (TALMANT, 2003).

1.1.3.2.2. Conclusion

Dans cette statique et cette dynamique perturbées, la croissance mandibulaire ne sera pas sollicitée par les différents facteurs énumérés. Et ce qui, au départ, n'était qu'une anomalie positionnelle deviendra par la suite une rétromandibulie vraie.

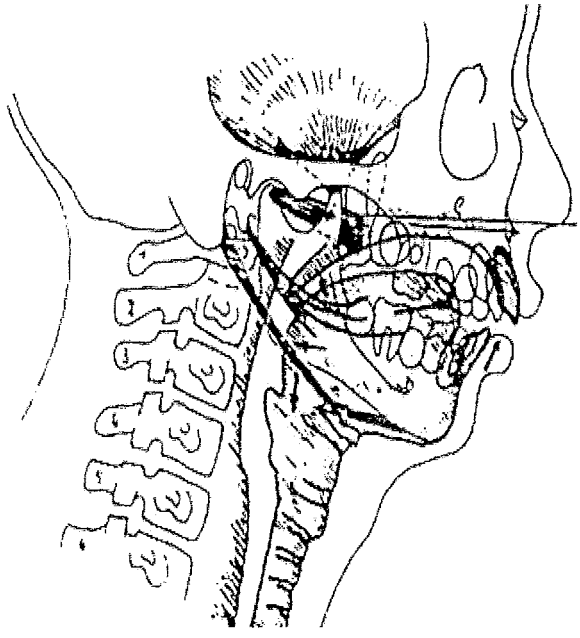


Figure 56 : *rétromandibulie fonctionnelle.*

Elle est liée à la persistance à partir d'un certain âge de la succion-déglutition. Le vide intrabuccal est obtenu grâce au joint d'étanchéité constitué par le contact de la lèvre inférieure derrière le groupe incisivo-canin supérieur. Le temps pharyngien est anormal : base de la langue basse. L'analyse de la motricité, dans ce comportement dynamique et postural laisse apparaître :

1. La prédominance du digastrique, abaisseur et rétropulseur de la mandibule.

2. L'absence de mise en jeu : du styloglosse : élévateur et rétracteur de la base de la langue et du ptérygoïdien latéral : propulseur de la mandibule, qui a une action directe sur le taux de croissance du condyle mandibulaire, lorsqu'il se contracte.

(D'après DEFFEZ J.P. cité par FELLUS P., 1989)

1.1.3.3. La promandibulie

Paradoxalement, la nécessité d'une respiration buccale peut être à l'origine d'une promandibulie. Comme le montre la figure 57, La langue, basse peut être propulsive, obligeant l'arc mandibulaire à s'antérioriser pour augmenter le volume disponible. On aura donc une hyperactivité des ptérygoïdiens latéraux. La langue étant en position basse, une hypoplasie du maxillaire supérieur se crée puisque la suture intermaxillaire n'est plus sollicitée. Rapidement, l'arcade maxillaire est débordée en avant par l'articulé incisif inférieur et le prognathisme s'installe.

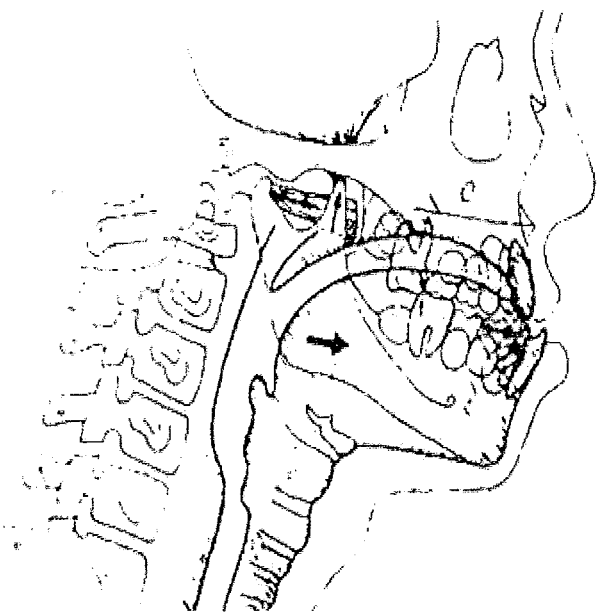


Figure 57 : *la promandibulie.*

La langue basse propulsive ne joue plus son rôle de stimulateur de croissance de la suture intermaxillaire puisqu'elle a quitté la concavité de la voûte palatine. L'articulé incisif inversé peut être « accidentel », lié à l'éruption trop postérieure d'une incisive supérieure permanente. Quoiqu'il en soit, la mise en jeu excessive du ptérygoïdien latéral qui intervient au départ pour faciliter une occlusion dentaire de « convenance » aboutit bientôt à une hypertrophie vraie de la mandibule (promandibulie).

(D'après DEFFEZ J.P. cité par FELLUS P., 1989)

1.2. L'orthopédie dento-faciale, ses apports et ses besoins

1.2.1. Détermination de la normalité de la face

La définition de la normalité faciale d'un individu est difficile à préciser. Certains confondent normalité et norme fondant leurs certitudes sur la statistique. D'autres considèrent qu'il est plus prudent de cerner la notion de normalité en identifiant les facteurs qui conduisent ou prédisposent à l'anormal, la pathologie. Ceci sous-entend que l'enfant à la face normale doit pouvoir atteindre l'optimum de ses capacités de développement. L'enfant a donc la capacité de se construire plusieurs faces.

Ainsi l'aptitude de la face à subir des modifications dans sa forme sous l'influence de facteurs extrinsèques (exemples: orthopédie dento-faciale ou troubles fonctionnels) est telle que la face qui est actualisée n'est qu'une des faces potentiellement édifiable.

1.2.2. Les dysfonctions et leurs conséquences

1.2.2.1. Les dysfonctions

En pratique, deux grands tableaux cliniques sont rencontrés :

- les respirateurs buccaux, avec obstruction des voies aériennes supérieures.
- les dyspraxies labio-linguales avec troubles de la déglutition.

La persistance de la succion-déglutition est elle aussi accompagnée d'une respiration buccale puisqu'il existe dans ce cas un retard de développement du maxillaire et donc des fosses nasales. Le faciès est **adénoïdien**.

D'après SOLOW et SIERSBAECK-NIELSEN (1992), les facteurs prédictifs d'une croissance crânio-faciale défavorable sont :

- **un rétrocontrôle neuromusculaire altéré :**
  - périphérique : visuel, proprioceptif trigéminal ou vestibulaire
  - central : conditions psychiques émotionnelles, stress

- **une obstruction des voies aériennes supérieures :**
  - obstruction nasale
  - allergie nasale
  - végétations
  - déviation du septum nasal

- **la posture :**
  - macrotraumatisme cervical (coup du lapin)
  - mauvaises habitudes
  - microtraumatisme cervical
  - activité posturale soutenue
  - anormalité de la courbure cervicale
  - mimétisme

- **les tissus mous :**
  - cicatrices

L'obstruction des voies aériennes supérieures amène à la respiration buccale, donc à une dysfonction qui va aboutir à une croissance crânio-faciale anormale de type face longue. La posture intervient dans la morphogenèse de la face par l'intermédiaire de l'amplitude de son angle crânio-cervical. Le feedback neuromusculaire fournit des informations environnementales nécessaires au développement de la face. Ces facteurs prédictifs d'une croissance faciale anormale vont entraîner des troubles du comportement oro-facial destinés à compenser les défauts par une adaptation à la situation pathologique. La figure 58 résume les conséquences des troubles du comportement oro-facial et leurs implications.

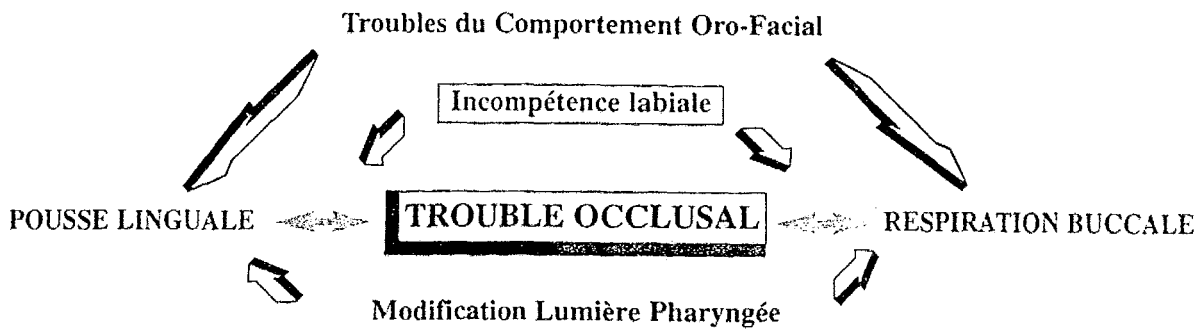


Figure 58 : *conséquences des troubles du comportement oro-facial et leurs implications.* (D'après RAPHAËL, 1998)

1.2.2.2. Le cercle vicieux : dysmorphose, dysfonction

Si la ventilation, la déglutition s'effectuent de façon dysfonctionnelle, l'anomalie de croissance, posturale au départ, devient anatomique par la suite. Ainsi, les mauvaises perceptions proprioceptives d'origine musculaire, capsulaire, ligamentaire, créent des images motrices perturbées et durables qui entretiennent la dysmorphose. De ce fait, le déséquilibre initial est évolutif, s'accentuant au fil du temps.

1.2.3.Implications dans l'orthopédie dento-faciale

L'origine fonctionnelle des décalages des bases osseuses oblige le praticien à ne pas résumer le traitement à une simple mécanothérapie mais à intégrer les modifications comportementales dans le plan de traitement.

L'objectif d'un traitement orthodontique est d'éviter la récidive. Dans ce cas, le développement d'une récidive signifie que la malocclusion est un symptôme dont on n'a pas su maîtriser la cause. Isoler, le geste technique ne constituera qu'un traitement incomplet.

La mise en place des techniques de rééducation apparaît alors évidente :

- la technique neuro-musculaire proprioceptive sollicite les récepteurs pour obtenir une meilleure réponse musculaire tonique et par conséquent une meilleure stabilité posturale mandibulaire.

- la technique psychomotrice modifie l'image qu'à l'enfant de son corps.

- la technique de rééducation par le contrôle sensoriel met en jeu la vision et l'équilibration du mouvement.

En conclusion, l'obstruction des voies aériennes supérieures étant la principale cause de cette adaptation posturale qui crée l'anomalie au niveau orthopédie dento-faciale, il ne faut pas oublier que si le traitement orthodontique n'est pas accompagné d'une rééducation fonctionnelle, d'une éventuelle intervention chirugicale concernant la cloison nasale ou les végétations ou d'un traitement symptomatique des allergies environnementales, il ne pourra en aucun cas être efficace au long cours.

La posture de l'enfant elle-même peut être invalidante ; c'est pourquoi il faudra éventuellement tenir compte des mauvaises habitudes qui doivent être elles aussi corriger sans pour autant que les voies aériennes supérieures ne soient en cause. Il peut s'agir là d'un simple mimétisme, de facteurs psychologiques ou encore d'activités intenses qui engendre une modification progressive de la posture.

L'orthopédie dento-faciale est à la fois un facteur essentiel du traitement global d'une déficience posturale et une discipline qui nécessite un état des lieux précis de l'état physiologique de l'individu tant au niveau de ses fonctions que de sa posture. A la fois nécessaire et nécessiteuse, elle est utile mais ne peut constituer la globalité d'un traitement puisque la posture influe sur l'occlusion.

Elle doit alors être considérée comme faisant partie intégrante d'un traitement multidisciplinaire concernant la posture et comme une discipline dont l'efficacité dépend de facteurs regroupant toutes les entrées proprioceptives crânio-cervico-faciales.

Les diverses activités neuro-musculaires répondent à des conditionnements praxiques avec un schéma opératif pour chacune des fonctions. Les activités musculaires nombreuses et variées doivent être dans leur ensemble parfaitement coordonnées. Elles peuvent se réaliser avec des mécanismes interférents dont l'un peut être sujet à variation. Le trouble se constitue et aboutit à des anomalies d'organisation.

2. Incidences de l'occlusion sur l'équilibre et la posture corporelle chez l'adulte

La composante trigéminale s'intègre parfaitement dans le contrôle de l'équilibre crânio-cervico-facial au cours de la dynamique manducatrice et dans le maintien de la posture. Nous avons vu que le système trigéminal établit des connexions avec les systèmes proprioceptifs oculo-moteur et cervical, tous deux directement impliqués dans l'oculo-céphalogyrie, partie intégrante de l'équilibration. Il serait donc plus approprié de parler d'**oculo-trigémino-céphalogyrie**. L'occlusion est alors une variable qui entre en compte dans le contrôle de l'équilibre et de la posture.

2.1. Modification posturale par l'entrée proprioceptive occlusale

De nombreuses interactions régulent les centres de l'oculo-céphalogyrie. Ces interactions peuvent influer, comme nous l'avons vu précédemment grâce l'étude de TOLU et PUGLIATTI menée en 1993, sur le tonus du muscle masséter de manière à conserver l'axe mandibulaire dans sa bonne position.

L'existence d'une relation entre noyaux trigéminaux et vestibulaires chez le rat n'est plus à mettre en doute depuis que BUISSERET-DELMAS et al (1999) ont démontré que les afférences vestibulaires sont primordiales pour la stabilisation posturale. En effet, selon LUND (1970), l'activité des muscles mandibulaires de fermeture déterminant la posture mandibulaire et participant à l'occlusion dento-dentaire, varie en fonction de la position de la tête dans l'espace.

De la même façon, l'occlusion dentaire pourrait alors influencer le contrôle postural et la stabilisation du regard puisqu'il s'agit d'une entrée pour des informations proprioceptives intégrées au niveau central.

Une étude menée par GANGLOFF et al. (2000) consiste à effectivement prouver qu'il existe une modification de la posture due à l'occlusion dentaire.

36 sujets sans dysfonctions crânio-mandibulaires et sans lésions osseuses, musculaires et articulaires ont participé à l'étude, répartis en deux groupes :

- le premier groupe (18 sujets) servait de contrôle dans l'évolution de leur posture (groupe P).
- le second groupe était des tireurs professionnels de haut niveau (groupe GS).

Pour évaluer l'impact occlusal, la mandibule est placée selon trois positions bien définies :

- **l'occlusion en intercuspidation**. Cette position est neutre mais non symétrique, un défaut d'occlusion étant présent dans la majorité de la population.

- **l'occlusion en relation centrée**. Pour ce faire, on utilisera une gouttière en résine autopolymérisable avec indentations au niveau du bloc incisif conçue selon un mouvement reproductible permettant aux condyles mandibulaires d'occuper une position symétrique dans leur cavité glénoïde respective. Cette position est symétrique et correspond à un équilibre neuromusculaire indiscutable.

- **l'occlusion en latéralité.** La gouttière est indentée soit d'un côté soit de l'autre, l'occlusion d'intercuspidation étant utilisée comme référence. Cette occlusion est double, droite et gauche.

Les centres de pression du pied sont enregistrés alors grâce à la posturographie sur statokinésiogramme. Pour chaque type d'occlusion, un test est enregistré les yeux ouverts puis les yeux fermés (figure 59).

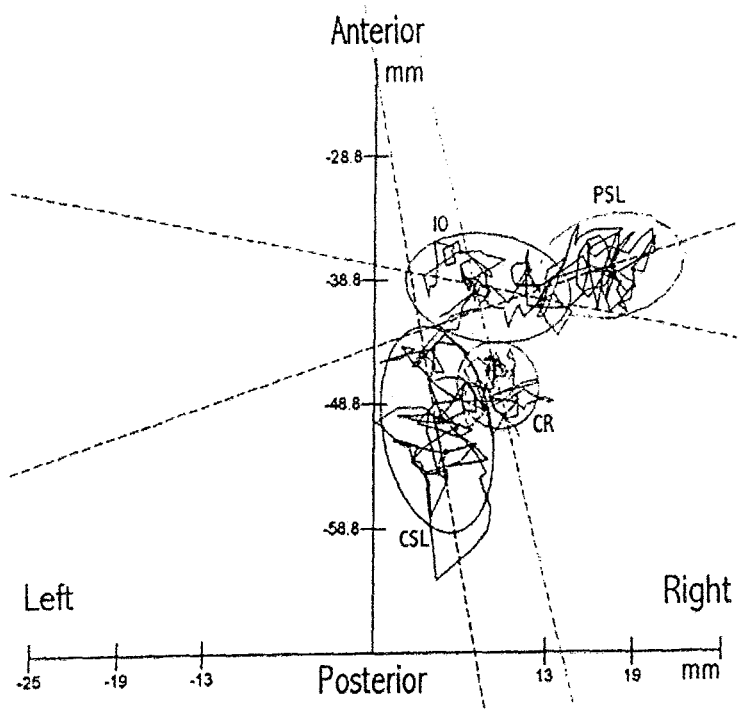


Figure 59 : *statokinésiogramme. Tracés obtenus dans 4 conditions occlusales différentes : relation centrée (CR), occlusion en intercuspidation (IO), occlusion en latéralité (PSL : physiological side lateral occlusion) et (CSL : controlateral side occlusion) pour le même sujet.* (D'après GANGLOFF et al, 2000)

Les oscillations du corps sont évaluées en intégrant les déplacements du CFP (centre de pression du pied) et en mesurant la surface moyenne de déplacement.

Pour le groupe de tireurs, quatre séries de cinq tirs sont enregistrées selon les positions mandibulaires prédéfinies.

Pour les performances posturales, la surface la plus petite obtenue correspond aux conditions de relation centrée yeux ouverts.

Pour le groupe de tireurs professionnels, les performances les meilleures sont également obtenues en relation centrée.

Un classement est établit pour les deux groupes de manière générale des performances les meilleures aux plus mauvaises : relation centrée, occlusion d'intercuspidation, et occlusion en latéralité. Aucune différence notable n'existait entre les côtés droit et gauche.

Cette étude montre clairement qu'il existe une relation entre l'occlusion et le contrôle postural. Un meilleur contrôle de l'équilibre et des performances de tirs sont obtenus lorsque l'occlusion est en relation centrée artificielle, une position somme toute symétrique et parfaitement équilibrée sur le plan neuromusculaire.

Les relations observées entre les influx proprioceptifs et moteurs pour stabiliser le regard via l'oculomotricité et pour stabiliser la posture via l'adaptation tonique des membres extenseurs des membres inférieurs indiquent qu'il existe une participation des afférences trigéminales dans le contrôle postural.

Les perturbations occlusales modifient la proprioception neuromusculaire, une des entrées primordiales du système. De plus, les afférences occluso-musculo-articulaires du système mandibulaire se projettent sur le noyau moteur accessoire (XI) responsable de la motricité du sterno-cléïdo-mastoïdien et du trapèze. En intervenant sur la motricité cervicale, les afférences trigéminales interfèrent sur la régulation fine de la posture orthostatique.

Pour les tireurs, les performances médiocres et l'augmentation de la surface de dispersion des tirs indique que lorsque la mandibule est mal positionnée, la stabilisation du regard n'est pas optimale dans la situation de tir.

BUISSERET et al (1999), comme nous l'avons vu précédemment, ont démontré qu'il existe une relation oculo-trigéminale en utilisant des injections de péroxydase dans les muscles oculomoteurs laquelle se diffuse au niveau du ganglion trigéminal, dans le sous noyau caudal trigéminal et au niveau de la moelle cervicale (C1-C2).

De plus, ils ont montré qu'au niveau des noyaux vestibulaires, les informations sensorielles de la face sont complétées par les afférences proprioceptives du cou et du corps. Les zones des noyaux vestibulaires qui reçoivent des afférences trigéminales indiquent que les influx tactiles de la face influence le contrôle vestibulaire des mouvements de la tête et des yeux.

Rappelons que PINGANAUD et al (1999), ont mené à terme une expérience neurophysiologique dont on a parlé dans la deuxième partie. Ils ont démontré que les neurones de la sous partie caudale du noyau mésencéphalique trigéminal se projettent sur les noyaux vestibulaires médial, inférieur et latéral et modérément sur sa partie supérieure.

Tous ces auteurs suggèrent que ces relations anatomiques sont impliquées dans des mécanismes de coordination entre la tête et les yeux. Pour les tireurs professionnels, obtenir de hautes performances nécessite des fonctions visuelle et motrice parfaitement déterminées par une régulation optimale du tonus orthostatique postural pour arriver à une stabilité sans égal.

En pratique, le port de gouttières thermoformées permettant d'être en relation centrée pourrait être proposé aux sportifs de haut niveau afin d'atteindre des performances optimales dans la pratique de leur discipline.

2.2. L'occlusion et les performances sportives

2.2.1.Introduction

L'occlusion influe de façon certaine, l'équilibre et la posture corporelle chez l'adulte, et comme l'activité cinétique est toujours associée à une activité statique, on peut se demander si l'occlusion intervient en terme de performances sportives c'est-à-dire au cœur même du mouvement et de la recherche de sa perfection.

Dans les années 1970, les travaux de STENGER et al. ont été le point de départ de nombreux travaux. STENGER et al travaillèrent sur l'utilisation de gouttières de protection buccale, sur leur influence posturale ainsi que sur le soulagement des tensions cervicales qu'elles procuraient, chez le footballeur et l'athlète de haut niveau.

Entre les années 1970 et 1990, de nombreuses critiques concernant l'utilisation de protège-bouches simple ou combinée avec une gouttière de repositionnement mandibulaire (Mandibular Orthopedic Repositioning Appliance = MORA) en vue d'augmenter les performances sportives ont été émises. Les résultats des différentes études semblaient source de promesse.

2.2.2.Les performances athlétiques et la posture mandibulaire

SMITH S. (1978), un des pionniers de la recherche concernant les gouttières, testa la force musculaire dans trois positions mandibulaires bien précises :

- l'occlusion centrée.
- la position obtenue avec une gouttière permettant à la mandibule d'être en position basse, en position physiologique pour laquelle l'espace d'inocclusion est le plus petit possible lors de la phonation avec des milieux interincisifs alignés.
- la position obtenue avec un protège-bouche non ajusté.

Bien que les résultats furent concluants, cette étude ne fut pas validée car elle ne reposait pas sur une analyse statistique précise. Cependant, FORGIONE et al (1991), en se basant sur des

mesures statistiques, reprirent l'étude de SMITH et trouvèrent une différence significative de force musculaire isométrique des deltoïdes pour les trois conditions. La force musculaire fut enregistrée en réponse à une pression isométrique des deltoïdes.
La force musculaire était plus importante en mordant sur le protège-bouche inadapté qu'en occlusion de relation centrée mais plus faible qu'en mordant sur une gouttière adaptée et réglée selon les critères fonctionnels de l'IDP (Isométric Deltoïd Press).

En 1980, KAUFMAN confectionna des gouttières de repositionnement mandibulaire pour l'équipe olympique de bobsleg. Il découvrit que les fréquentes céphalées des athlètes durant les courses étaient soulagées à divers degrés pour quelques sujets grâce au port des gouttières. Ces sujets rapportèrent même avoir plus de force lors de la poussée de départ.

Une étude en double-aveugle, menée par KAUFMAN et al (1983), a permis d'observer les effets de la MORA sur les joueurs de l'équipe de football d'un collège américain en 1982. Les quarante joueurs ont été divisés en deux groupes. Un groupe portait la MORA et l'autre portait un protège-bouche conventionnel. La MORA est fabriquée de façon à placer le sujet en relation centrée avec des contacts uniformément répartis.
L'objectif de l'expérience était de montrer s'il existe ou non un effet de la MORA sur les performances sportives, sur le nombre, le type et l'importance des blessures.
L'aptitude physique était également évaluée à travers trois facteurs précis : la force, la détente physique et l'agilité.

Les résultats ont semblé être en faveur de la MORA. Les joueurs avec MORA eurent moins de blessures importantes, notamment au niveau des genoux et gagnèrent en puissance et en satisfaction. On ne nota aucune incidence sur les performances des joueurs équipés de protège-bouches classiques.

2.2.3.La perplexité scientifique

Il existerait une discordance d'opinion entre les cliniciens et les chercheurs scientifiques lesquels sont en désaccord avec les protocoles expérimentaux. Les autocritiques des chercheurs favorables à la MORA dans l'augmentation de la puissance musculaire amènent ceux-ci à penser que leur travail présente quelques lacunes :

- un contrôle adéquat des modèles de recherche (comme des études menées en double-aveugle).
- une analyse scientifique rigoureuse.
- une connaissance approfondie des tests mesurant la force musculaire.

Les critiques scientifiques concluent que la MORA est inefficace en terme d'augmentation de force musculaire :

- le suivi des performances dans le temps n'est pas adéquat.
- la MORA n'est destinée initialement qu'à des sujets présentant des dysfonctions crânio-mandibulaires ou des problèmes occlusaux.
- on ne sait pas vraiment comment placer la MORA en bouche pour que les conditions physiologiques soient optimales.

L'étude de GREENBERG et al (1981) doit également être mentionnée parce qu'elle conclut malgré tout que les interférences doivent être corrigées. Dans cette étude, 14 joueurs de basket-ball sont testés pour leurs performances sportives. Seulement, il faut noter qu'aucun de ces joueurs ne présente de symptômes de dysfonctions crânio-mandibulaires. Trois groupes sont formés. L'un ne porte pas de gouttière, le second porte une gouttière et le dernier porte un placebo qui ne modifie ni la posture mandibulaire ni la dimension verticale. Les résultats montrent clairement qu'il n'existe aucune modification de force musculaire dans aucun des trois groupes. Parmi les 14 athlètes, 9 sont en classe I, 3 sont en classe II1 et 2 sont en classe II2. Les résultats de cette étude montrent que les variations de la dimension verticale du troisième étage de la face, c'est-à-dire l'amplitude de l'ouverture-fermeture chez les **sujets normaux** ne provoque pas de variation de force musculaire. Par là, on pourrait supposer que la prise en considération de la relation entre maxillaire et mandibule dans l'effort sportif n'est pas pertinente.

En 1983, deux des études considérées comme erronées, publiées dans le « Journal of the American Dental Association », éclaircirent un peu les données quant au procédé de fabrication des gouttières.

Dans une des études, la dimension verticale au niveau du bloc incisivo-canin est augmentée de 2mm de façon constante chez tous les sujets. On ne constate aucune variation de force suite au port de la gouttière.

Dans la seconde, la gouttière est fabriquée de façon à obtenir des contacts équilibrés et harmonieusement répartis en relation centrée et une portion occlusale qui occupe l'espace libre d'inocclusion des sujets. 42% des sujets (20) sont victimes de claquements articulaires mais aucun ne présente de douleurs des muscles masticateurs à la palpation. Tous les sujets sont soumis à un examen clinique pour tester la force musculaire isométrique. L'examen montra que le port d'une gouttière de repositionnement mandibulaire (MORA) a été bénéfique pour 9 personnes. 5 ont été traitées, tandis que 4 ont porté un placebo.
VERBAN (1984) pensa alors que ce n'était pas la MORA qui était importante mais la position obtenue grâce à la MORA. Selon lui, la situation optimale occlusale n'est pas universelle mais doit être déterminée pour chaque individu, ce qui expliquerait que si les MORA sont toutes élaborées à l'identique, il ne peut y avoir de différence significative. On fut en total désaccord avec lui. On pensait qu'une fois la MORA utilisée, l'augmentation de la force musculaire ne faisait aucun doute.

Là encore, il y a des interrogations qui persistent quant à la réalité scientifique de ces propos, ce qui indique un manque de compréhension concernant des protocoles potentiellement défectueux.

2.2.4.Nouvelles perspectives

FUCHS, en 1981, compara la force musculaire isométrique de 40 femmes divisées en cinq groupes :

- des patients présentant des dysfonctions crânio-mandibulaires.
- des athlètes présentant des symptômes de dysfonctions crânio-mandibulaires.
- des sujets sédentaires présentant des symptômes de dysfonctions crânio-mandibulaires.
- des athlètes sains.
- des sujets sédentaires sains.

Comme pour l'expérience de SMITH, une gouttière fut fabriquée pour les sujets guidés selon « la méthode de pression des deltoïdes ». En plus, un placebo et des conditions de désocclusion furent introduits dans l'expérience.

La force musculaire de six parties du corps (bras gauche et droit, pied gauche et droit, haut et bas du corps) fut mesurée dans quatre conditions :

- bouche ouverte (3mm).
- occlusion en relation centrée.
- occlusion avec la K-MORA, kinésiologiquement déterminée en utilisant la force isométrique des deltoïdes.
- occlusion avec un placebo.

Les résultats ne montrent aucune différence significative entre la force développée en occlusion centrée, la bouche ouverte ou avec le port du placebo. Une force musculaire plus importante est trouvée lorsque les sujets portent la K-MORA.
Pour le bas du corps, une différence significative existe entre les conditions de bouche ouverte et du port de la K-MORA. De plus, la force est plus importante avec le port de la K-MORA qu'avec le placebo dans le haut du corps et dans le pied gauche. La force est également plus importante avec la K-MORA que dans des conditions d'occlusion habituelles mais seulement pour le pied gauche et le bras droit.
FUCHS conclut alors que, de manière générale, la force musculaire est plus importante chez les sujets qui portent la K-MORA et que la déviation standard est plus faible dans cette situation.

Des chercheurs coréens et japonais se sont intéressés plus particulièrement à la relation entre la dimension verticale et la force musculaire. KANG et LEE (1988) ont cherché à savoir quels étaient les effets d'une gouttière de surélévation sur la force des muscles posturaux dorsaux chez 22 joueurs de football et chez 22 femmes archers. Les deux groupes d'athlètes et le groupe contrôle sont soumis à des tests dynamométriques avant et après 30 jours de port de gouttière. Le groupe contrôle ne porte pas de gouttière.

La force des muscles posturaux dorsaux semble avoir augmentée avec le port de la gouttière de suélévation (15.2% chez les hommes, 12.4% chez les femmes) alors qu'elle reste inchangée pour le groupe contrôle.

YOKOBORI et HORII (1993) ont continué à développer cette idée en demandant à 40 athlètes de porter une gouttière de surélévation et de se soumettre à des tests de force

isométrique et dynamique. Avec la gouttière, une augmentation significative de la force isométrique est obtenue lors d'une extension postérieure et lorsque le bras est tendu. En revanche, elle n'augmente pas lorsque le bras est fléchi. La force dynamique développée lors d'une extension et d'une flexion de genou est identique avec ou sans le port d'une gouttière.
Ils en concluent que le port d'une gouttière améliore de manière significative l'équilibre du sujet en influant sur la contraction isométrique des muscles responsables de la posture.

2.2.5.Conclusion

L'idée de modifier l'occlusion pour améliorer des performances sportives en influant sur la puissance musculaire est très séduisante. La logique et le bon sens de certaines données sont indiscutables pourtant elles laissent planer un petit doute car elles ne sont pas toujours étayées d'études expérimentales approfondies. Les chercheurs scientifiques reprochent aux cliniciens de ne pas toujours proposer d'échantillon de contrôle, de ne pas avoir d'échantillon expérimental suffisamment large, de ne pas toujours étudier les effets placebo, d'avoir des périodes de contrôle inadaptées.
Déjà dans les années 1970, MEYER, dentiste, avait commencé à utiliser le statokynésiomètre pour soigner l'instabilité posturale de deux de ses patients « tireurs professionnels » qui avaient perdu de façon incompréhensible la précision de tir, ceci en traitant un kyste dentaire qui était passé inaperçu jusque là.
GELB dans la deuxième moitié des années 1970, a commencé à proposer et à soutenir des corrélations entre ATM, posture et prestations musculaires dans le sport en soutenant que dans les cas de malocclusion, la posture de la mandibule exige un ajustement musculaire chronique qui mène à un trouble du système postural.
De nombreuses études ont été menées, toutes plus ou moins concluant qu'effectivement l'occlusion c'est-à-dire le système trigéminal peut avoir une incidence sur la puissance musculaire chez les sportifs.

En 1999, SCOPPA se fixant comme but primaire la recherche d'une relation scientifique entre posture et occlusion, altère de façon artificielle l'occlusion de cinquante patients considérés sains, c'est-à-dire posturalement équilibrés et à l'occlusion dentaire normale. La recherche a montré, avec des valeurs plus ou moins rigoureuses, une relation étroite entre précontacts occlusifs, projection baricentrique et charges posturales tout cela dans le but de donner une

réponse à l'Internationnal Meeting in Clinical Gnatology sur le thème Posture, Occlusion and General Health, en 1997 qui affirmait l'absence d'une relation entre occlusion et posture démontrée scientifiquement.

Ce qui est certain, c'est que le système trigéminal est une composante essentielle dans l'équilibre et la posture crânio-cervico-faciale. Neurophysiologiquement, nous ne pouvons en douter. ZAVARELLA et al, en 2002, pensaient que « l'occlusion, le rapport crâniomandibulaire, la fonction linguale sont en relation neuromusculaire avec le système de contrôle et de maintien de la posture et les récepteurs de l'appareil stomatognatique sont d'importants instruments poprioceptifs du système postural ». Pourtant ce qu'il ressortait du congrès sur la relation entre occlusion et posture, c'est qu'il n'existe pas encore une démonstration scientifique sûre de l'existence d'une corrélation physiopathologique entre l'occlusion et la posture, aussi bien sous les aspects fonctionnels que morphologiques.

Cliniquement, on utilise des gouttières de façon quotidienne et empirique sans vraiment savoir ce que l'on fait sur le plan neurophysiologique. Les nombreuses études menées chez les sportifs concluent malgré tout que sur un plan clinique, les résultats sont majoritairement favorables à une participation de l'occlusion dans les performances sportives en terme de puissance musculaire. Mais d'**un point de vue scientifique**, la relation entre posture et occlusion se prête depuis trop longtemps à des critiques sur la rigueur et la faculté de réitérer des recherches.

C'est dans le rapprochement entre la recherche scientifique et le point de vue des cliniciens que doit se trouver la vérité.

3. Troubles de l'occlusion et dysfonctions crânio-mandibulaires

3.1. Définition des dysfonctions crânio-mandibulaires

3.1.1.Etiologie des dysfonctions crânio-mandibulaires

En 1934, COSTEN décrivit un syndrome dans lequel des algies crânio-faciales, côtoyaient des troubles tels qu'une limitation de l'ouverture buccale, des craquements des ATM, des vertiges et des sensations d'oreilles bouchées. Si la description clinique s'avérait d'emblée relativement exacte, le tort de l'auteur fut de vouloir rattacher toute l'étiologie de ce tableau clinique à des causes purement anatomiques. Dès lors, **le syndrome de COSTEN** ne conserva qu'une valeur historique de référence.

Au fil des années, une approche biomécaniste s'imposa, mettant en relation l'importance des malpositions et des troubles cinétiques des ATM avec les troubles occlusaux tels qu' une absence de dimension verticale d'occlusion satisfaisante ou la perte non remplacée des dents postérieures. On vit apparaître le concept célèbre de l'école gnathologiste : Occlusion- ATM-SNC, ce dernier élément demeurant toutefois longtemps sous-estimé par rapport aux deux précédents.

Dans ce contexte, la notion de « **dérangement interne de l'A.T.M.** » prit une place prépondérante. La dysfonction articulaire apparaît alors comme la conséquence d'un ou plusieurs facteurs tels qu'un accident traumatique, une avulsion difficile des dents de sagesse...

Si le rôle primordial des troubles occlusaux a été remis en doute par certains auteurs, divers facteurs étiologiques liés à l'occlusion dentaire demeurent encore évoqués aujourd'hui. L'existence d'une dimension verticale d'occlusion sous-évaluée ou sur-évaluée, la présence de dysmorphoses maxillo-mandibulaires, la perte des dents postérieures peuvent amener à un trouble au niveau des A.T.M.

Mais cette conception accordant une place essentielle aux aspects articulaires et occlusaux, a été remis en question par l'évolution des idées en matière de physiologie neuromusculaire.

Les travaux de SELYE (1936) sur le stress ont suscité une prise en compte des ***facteurs psycho-physiologiques*** comme éléments responsables de troubles neuro-musculaires. Dès lors, on s'accorde à reconnaître l'importance des facteurs centraux. Le stress, la frustration semblent engendrer de nombreux troubles fonctionnels des muscles manducateurs qui peuvent être par ailleurs accentués par l'existence d'activités parafonctionnelles telles que le grincement ou le serrement des dents. Cependant, peut-on considérer qu'il existe une si grande dissociation entre les facteurs d'origine musculaire, d'origine articulaire et d'origine psychique des troubles considérés ?

Les données électrophysiologiques ont permis de mettre en évidence l'importance des informations proprioceptives parodontales anormales dans les dysfonctions crânio-mandibulaires (DCM). Ainsi, les troubles occlusaux occasionneraient des troubles musculaires qui à terme, sans doute par un phénomène de chronicité, atteindraient les structures articulaires correspondantes. En effet, GUINN (1992) disait : « **La stabilité dans le temps du positionnement des condyles mandibulaires ne peut désormais se concevoir sans la prise en compte du rôle majeur du système neuromusculaire vis-à-vis de l'A.T.M.** ».

Le muscle ptérygoïdien latéral est souvent incriminé dans ces troubles articulaires et ces douleurs crânio-faciales. Des données électromyographiques semblent révéler le caractère déroutant de sa physiologie : ses deux chefs, supérieur et inférieur, possèdent des activités qui sont globalement antagonistes. Ainsi, son dérèglement fonctionnel, due aussi à sa capacité de développer facilement des états de spasmes et de contractures, constituerait un élément physiopathologique fondamental des DCM.

On peut regrouper les facteurs des DCM en ***facteurs périphériques*** qui comprennent :

- les facteurs occlusaux
- les facteurs posturaux
- les facteurs traumatiques

Les facteurs posturaux et traumatiques pourraient s'intégrer dans un syndrome plus large, de « déficience posturale ». Dans ce domaine, on méconnaît trop souvent l'importance des facteurs **chroniques**, car insidieux et peu spectaculaires, notamment les malpositions professionnelles à l'origine de microtraumatismes répétitifs. Paradoxalement, il en va de

même pour des facteurs **aigus**, avec des étirements musculaires violents et soudains qui peuvent se produire lors d'un traumatisme crânio-cervical tel que le « coup du lapin ».
Enfin, TRAVELL et SIMONS (1983), parlent de ***facteurs généraux*** tels que les pathologies d'origine virale (grippe, herpès...) à l'origine d'aggravation voire de récidive et les agents anxiogènes environnementaux comme le bruit qui contribuent à l'installation d'un état d'hyperexcitabilité.

L'occlusion fait partie intégrante des nombreux facteurs qui entrent en compte dans la genèse des dysfonctions crânio-mandibulaires. L'étiologie multifactorielle de ces troubles où coexistent facteurs centraux et périphériques tantôt déclenchants, favorisants ou aggravants (figure 60) va de paire avec une physiopathologie complexe et déroutante.

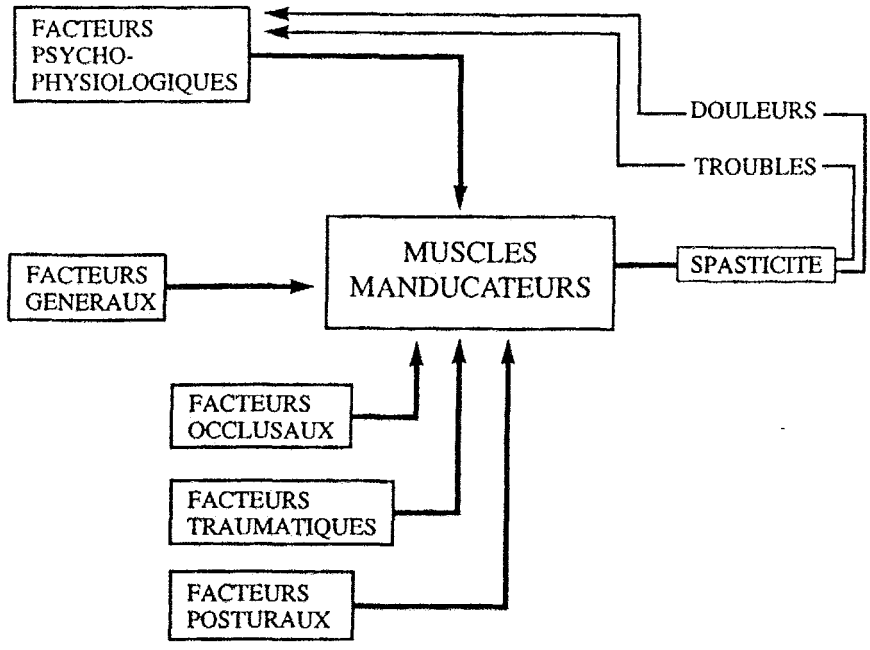


Figure 60 : *facteurs étiologiques dans les DCM. Modèle*
(D'après HARTMANN, 1993)

3.1.2.Physiopathologie des dysfonctions crânio-mandibulaires

3.1.2.1. La spasticité manducatrice

Il s'agit de la variété d'augmentation du tonus musculaire, liée à une exagération du réflexe d'étirement en relation vraisemblable avec une hyperactivité du système gamma.
Les dysfonctions crânio-mandibulaires (DCM) apparaissent, dans la plupart des cas, comme la conséquence de facteurs multiples, dont l'hypertonicité musculaire serait le plus fréquent et la résultante de la conjonction de facteurs périphériques et centraux.

Les éléments neuromusculaires impliqués dans la physiopathologie de l'appareil manducateur sont :

- l'hyperactivité de la formation réticulaire, en corrélation avec les facteurs centraux (corticaux, sous-corticaux et limbiques)
- l'hyperexcitabilité des fuseaux neuro-musculaires et des organes neuro-tendineux de GOLGI des muscles manducateurs (élévateurs de la mandibule)
- l'excès de stimulation des récepteurs périodontaux durant la parafonction (serrement).

Dans des conditions physiopathologiques, sous l'effet des facteurs d'activation de la réticulée, le réflexe myotatique trigéminal inverse tend à être inhiber. A ceci, s'ajoute une hyperstimulation proprioceptive impliquant fuseaux neuro-musculaires et organes neuro-tendineux de GOLGI dans une musculature déjà contracturée contribuant ainsi à pérenniser l'état spastique.

3.1.2.2. Les parafonctions manducatrices

Le **grincement** de dents accompagne les prématurités occlusales et certains troubles de l'occlusion comme les versions, les rotations, les protections canines excessives qui peuvent empêcher les mouvements de latéralité. Ces blocages expliqueraient les contractures isotoniques qui apparaissent dans les muscles responsables de ce mouvement (muscles ptérygoïdiens médial et latéral et temporal) avec une mandibule qui se déplace dans un sens horizontal.

Dans le cas du **serrement** des dents, la contracture s'effectue selon un mode isométrique, c'est-à-dire sans déplacement des pièces osseuses. Il y a alors une absence de compensation possible sur le plan structural, rendant le serrement particulièrement nocif à court terme non pas au niveau des tissus durs mais au niveau des tissus mous, des muscles notamment. De plus, si cette parafonction persiste de manière chronique, elle peut être à l'origine de remaniements articulaires de type arthrosique.
Lors du serrement, l'hyperactivation dans la formation réticulaire semblerait porter ses effets sur les chefs supérieurs des muscles ptérygoïdiens latéraux. Ces derniers sont recrutés en fin

de mouvement de fermeture. Dans des conditions physiopathologiques, ces crispations seraient assimilables à une action de morsure anormalement prolongée dans le temps. La spasticité, en se pérennisant, s'exercerait secondairement sur les motoneurones innervant les fibres élévatrices des muscles agonistes (masséter, ptérygoïdien médial, temporal). Tout se passe comme si le système nerveux central, après avoir favorisé un mouvement de morsure et une disparition progressive de l'espace libre d'inocclusion, privilégiait une motricité d'hyperréflexie tonique (serrement) et à un degré moindre phasique (grincement). Ces réponses parafonctionnelles impliqueraient soit les motoneurones gamma et bêta (motoneurones de gros diamètre innervant à la fois des fibres extrafusales et intrafusales que l'on appelle neurones squeletto-fusimoteurs) statiques, soit les motoneurones gamma et bêta dynamiques comme le montre la figure 61.

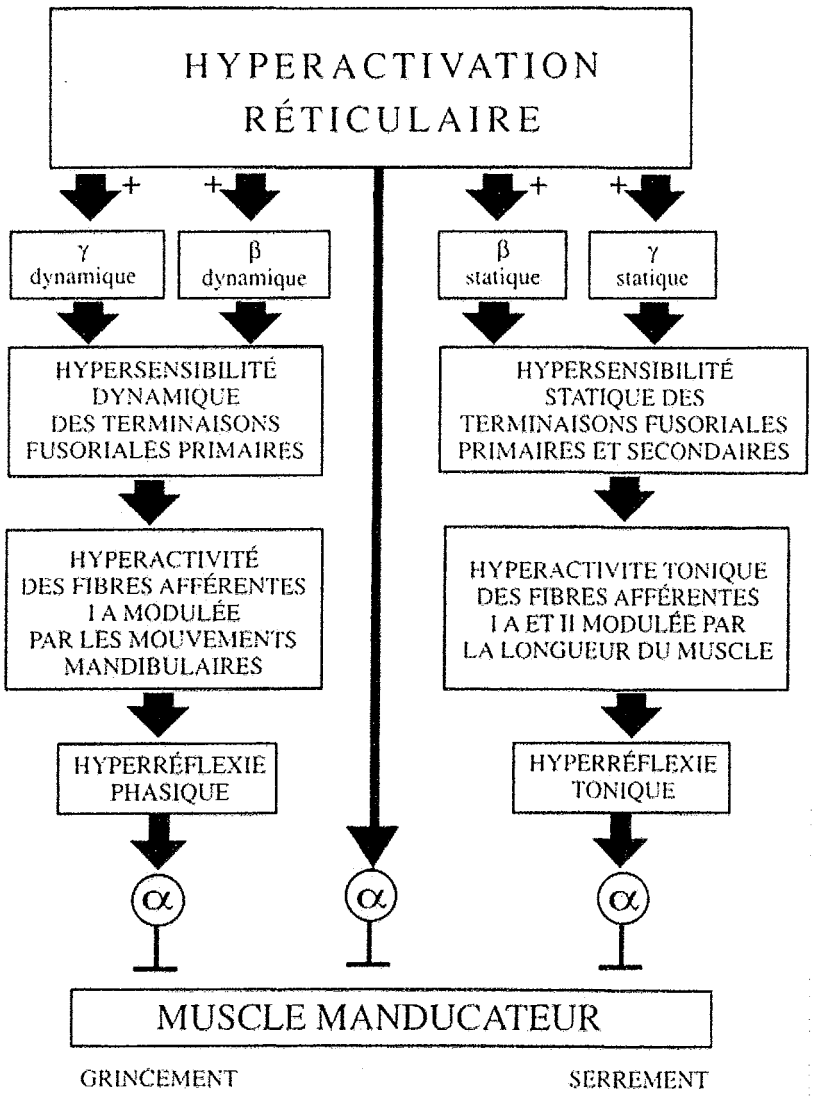


Figure 61 : *hyperactivation réticulaire et parafonctions. Modèle physiopathologique.*
(D'après HARTMANN, VEDEL et MEI, 1982 cité par HARTMANN, 1993)

Dans le cas d'une surstimulation, les informations périodontales épicritiques constituent pour les centres supérieurs un nombre excessif de messages afférents. C'est ainsi, qu'une parafonction telle que le serrement des dents peut apparaître comme un facteur d'amplification des troubles occlusaux déjà en place qui auraient pu être toléré par le système nerveux central en l'absence de ce serrement. En effet, les conséquences d'une prématurité occlusale ne se manifestent qu'épisodiquement dans la journée lors d'activités fonctionnelles (mastication, déglutition) et peuvent donc être compensés. Mais si vient s'ajouter à cela un serrement de dents qui peut se manifester à tout moment, le message devient trop intense par hyperstimulation s'il se prolonge dans le temps.

En l'occurrence, des troubles isolés de l'occlusion ne suffisent pas toujours à déclencher des troubles neuromusculaires mais s'ils sont combinés avec une parafonction, cela facilite grandement l'apparition des DCM.

3.1.2.3. Mécanisme physiopathologique

Chez un individu stressé, les messages proprioceptifs amplifiés du fait de la parafonction peuvent favoriser ou même aggraver l'hyperexcitabilité neuromusculaire car leur intégration se fait en fonction de l'état de réceptivité du système nerveux central. En effet, le système réticulaire ascendant filtre les messages avant leur entrée dans le thalamus et le système limbique et le cortex somatosensible. La perception de la douleur règle le niveau d'activité de ce système. Une sensation somesthésique localisée passant par le noyau latéro-ventro-postérieur du thalamus et aboutissant au cortex somesthésique pariétal, peut s'intégrer comme sensation douloureuse, si l'ensemble du cortex est dans le même temps « alerté » par le système multisynaptique réticulo-thalamique . Pour le trijumeau, il s'agit du **faisceau paléo-trigémino-réticulo-thalamique**.

Une stimulation même brève peut non seulement s'auto-entretenir mais aussi s'amplifier quasi-indéfiniment au niveau de la formation réticulée. Ainsi, les stimulations parodontales et musculaires excessives en intensité et en durée lors des parafonctions constitueraient en elles-mêmes un facteur non négligeable d'activation réticulaire. Cela est d'autant plus vrai que les seuils de stimulation sont abaissés en présence de facteurs centraux eux aussi excessifs tels qu'on les rencontre dans les phénomènes de stress ou autres.

3.2. Influence de facteurs posturaux chroniques sur le complexe stomatognathique

L'exercice particulier de la pratique du violon est un exemple bien concret pour illustrer l'influence qu'exerce la posture sur l'occlusion. C'est chez le violoniste que l'on trouve le plus de problème au niveau du complexe stomatognathique et ceci à cause d'une malposition professionnelle à l'origine de microtraumatismes répétitifs.

ZIMMER et GOBETTI (1994) ont fait une mise au point sur les différentes lésions que l'on peut trouver chez les musiciens. Parmi elles, les problèmes stomatognathiques dus à l'adoption d'une posture tout à fait particulière lors de l'exercice du violon ne peuvent être ignorés.

L'exercice du violon demande :

- un appui latéral de la mandibule sur l'instrument caractérisé par une inclinaison de la tête du côté concerné et une latéralité mandibulaire pour forcer l'appui
- un crossbite du côté de l'instrument avec un appui antérieur caractérisé par un contact entre incisives mandibulaires et maxillaires
- des positions qui sont maintenues pendant des heures chez les joueurs professionnels

Les lésions rencontrées sont :

- des lésions dégénératives précoces de l'A.T.M. du côté de l'instrument
- des douleurs relatées par le patient au niveau de l'A.T.M. lésée
- une déviation de la mandibule du côté concerné en ouverture, une palpation douloureuse des ptérygoïdiens latéraux et S.C.M.
- une différence de 1mm verticalement, 0.75mm antérieurement et 0.25mm latéralement entre R.C. et O.I.M.
- l'I.R.M. montre des irrégularités condyliennes et un espace articulaire sévèrement réduit du côté de l'instrument

- au niveau cutané, il existe une lésion dermatologique nommée « cou de Fiddler », située du côté de la tenue de l'instrument au niveau du cou, apparaissant comme une plaque licheniforme, qui peut être hyperpigmentée, érythémateuse, inflammatoire, avec des papules, des formations kystiques voire des esquarres dans les cas les plus sévères.

KOVERO et KONONEN (1996) relatent les différents signes et symptômes de dysfonctions crânio-mandibulaires chez 31 adolescents violonistes comparés à un groupe contrôle. Les adolescents ont aussi été questionnés sur la durée et la fréquence de leurs exercices pour trouver une corrélation entre entraînement et lésions.

- le nombre de symptômes subjectifs de dysfonctions crânio-mandibulaires est plus important chez les violonistes que dans le groupe contrôle, 58% de violonistes et 42% des sujets témoins ayant un ou plusieurs signes subjectifs de D.C.M.

- une différence significative a été mesurée en terme de capacité maximale de protrusion, celle-ci étant en moyenne plus importante de 1,2 mm chez les violonistes, ainsi qu'en latéralité, en moyenne plus importante de 1,0 mm par rapport au groupe contrôle. Pour les autres mouvements, les deux groupes sont dans des intervalles identiques.

- aucune différence significative n'a été trouvée dans les fréquences ou les amplitudes des déviations à l'ouverture-fermeture mais l'importance des déviations est plus grande du côté de l'instrument chez les violonistes.

- les violonistes présentent une plus grande sensibilité à la palpation des muscles masticateurs avec une différence significative pour le ptérygoïdien latéral et le trapèze du côté de l'instrument.

- à l'examen clinique, les violonistes ont une douleur à l'A.T.M. en ouverture maximale plus fréquemment que chez les témoins.

- une corrélation significative existe entre le nombre d'années d'exercice et la fréquence des entraînements avec la sévérité des symptômes observés.

Lorsqu'il joue, le violoniste pousse sa mandibule vers la droite pour les droitiers et vers l'avant. La tension du ptérygoïdien latéral peut être ainsi due à la tendance que le violoniste à de vouloir résister à l'effet « piston » du violon à travers son hyperactivité musculaire. Ceci est prouvé par la diminution significative des tensions musculaires lors de l'utilisation d'un « rack » servant de support au violon.

Ainsi la posture céphalique spécifique du violoniste par son appui latéral sur son instrument accompagné d'une hyperactivité musculaire est un facteur chronique prédisposant aux dysfonctions crânio-mandibulaires (D.C.M.). On peut en déduire une relation entre posture et D.C.M. par l'intermédiaire du tonus musculaire, en particulier par la réponse du ptérygoïdien latéral, muscle important dans les excursions latérales.

3.3. La thérapeutique

3.3.1.Les objectifs thérapeutiques

L'état de contracture musculaire semble être déterminant dans la symptomatologie des DCM, c'est pourquoi il est important de traiter tout d'abord cet état afin d'obtenir une rupture de la boucle fermée entre muscles et système nerveux central. Puis, l'élimination des facteurs étiologiques est essentielle pour minimiser les risques de récidives.

3.3.1.1. La myorésolution

Si dans les DCM, les anti-inflammatoires demeurent le plus souvent inefficaces pour traiter les contractures musculaires et les douleurs qui en résultent mis à part dans les cas d'arthrose temporo-mandibulaire, la thérapeutique myorésolutive se révèle être particulièrement efficace. Elle potentialiserait l'effet des gouttières notamment si elles sont utilisées quelques semaines après.

- **Myorésolution locale** :

Une anesthésie locale avec de **la lidocaïne à 2%** ou de la **mépivacaïne à 3%** semble posséder un effet sédatif sur les douleurs crâniofaciales et peut être un moyen diagnostique d'évaluer l'origine neuromusculaire des algies.
La molécule anesthésique bloquerait la mobilisation du calcium intracellulaire, donc aurait une influence métabolique. De plus, par sa diffusion tissulaire, la molécule anesthésique serait également susceptible de diminuer la sensibilité des propriocepteurs musculaires impliqués dans la spasticité.
L'emploi combiné de vasoconstricteurs est déconseillé dans la mesure où le tissu musculaire, du fait de sa contracture, peut déjà être victime d'un phénomène d'ischémie et d'anoxie.
L'effet myorésolutif a un **effet immédiat** dû à l'action de la molécule anesthésique proprement dite, en moyenne de deux à trois heures.
L'effet myorésolutif a également un **effet retardé** ou rémanent allant bien au-delà de l'effet anesthésique pur.

Quoiqu'il en soit, la thérapeutique myorésolutive a deux contraintes :

- le caractère bilatéral systématique de l'infiltration
- une série d'infiltrations hebdomadaires suffisamment prolongée

- **Myorésolution générale** :

Les myorelaxants semblent agir soit directement sur le phénomène de dérèglement de la boucle gamma par inhibition présynaptique du circuit réflexe (action des molécules GABA-like à action anti-substance P au niveau des afférences sensitives), soit par diminution des influences centrales sur l'hyperréflexie.

- **Exercices de rééducation fonctionnelle** :

On demande au patient d'effectuer quotidiennement des exercices mandibulaires qui visent à rendre aux muscles manducateurs une tonicité conforme à la physiologie. Il s'agit d'exercices de fermeture, d'ouverture, de latéralité et de propulsion avec contre-résistance manuelle légère, qui favorisent la libération de certaines adhérences capsulaires au niveau de l'A.T.M., améliorant le jeu discal.

3.3.1.2. Les gouttières thérapeutiques

- **Etude portant sur l'évaluation à court terme de l'efficacité d'une gouttière occlusale dite de stabilisation sur les symptômes des dysfonctions crânio-mandibulaires :**

Plusieurs types de gouttières sont utilisés dans le traitement des DCM. Cependant, seule la gouttière dite de stabilisation (ou encore appelée de relaxation) semble être efficace en terme de thérapie réversible. Un petit nombres d'études cliniques ont évalué le traitement des DCM par ce type de gouttière mais les critères d'évaluation des symptômes des DCM se sont révélés être insuffisants. KAZUHIRO et al (1989) ont alors souhaité mesurer l'efficacité des

gouttières de relaxation en employant une approche symptomatique spécifique des patients souffrant de D.C.M.

30 patients sont sélectionnés. Chaque patient présente plus de deux symptômes spécialement spécifiques aux D.C.M. : douleurs musculaires et/ou articulaires, claquement ou crépitement sonore, amplitude mandibulaire limitée.

Les patients qui présentent ces symptômes suite à un traumatisme accidentel sont exclus. De même, les patients présentant des pathologies systémiques ou organiques comprenant la région temporo-mandibulaire et ses muscles ne sont également pas retenus.

Il y a 27 femmes et 3 hommes dont l'âge se situe entre 32 et 34 ans. 25 sont dentés et 5 sont partiellement édentés.

En premier lieu, ils sont interrogés selon un **protocole standard** sur :

- la douleur éprouvée lors de l'ouverture de la bouche et la mastication.
- les sons au niveau de l'A.T.M.
- la sensation de fatigue mandibulaire.
- le grincement et le serrement de dents.
- les douleurs cervicales, les douleurs des épaules.

Puis un **examen clinique** est effectué :

- l'ouverture buccale maximale et la dimension verticale d'occlusion sont notées.
- la déviation mandibulaire est notée.
- les contacts occlusaux en position rétruse sont enregistrés après guidage bi-manuel.
- la distance dans les différents plans entre la position d'intercuspidation maximale et la position de relation centrée est enregistrée.
- la douleur et la résistance lors du trajet de fermeture sont notées.
- les contacts occlusaux en position d'intercuspidation maximale, en latéralité, en protrusion sont enregistrés.
- les muscles masticateurs, cervicaux et des épaules sont palpés de manière symétriques.
- les tensions au niveau de l'A.T.M. durant la palpation des surfaces latérale et postérieure du joint articulaire sont enregistrées.

- les sons articulaires sont diagnostiqués au stéthoscope, en faisant la distinction entre le craquement à l'ouverture et à la fermeture et les crépitements.

La gouttière est confectionnée en résine et elle a une surface occlusale plane présentant des contacts occlusaux en relation centrée. Le guidage antérieur et latéral s'effectue en protection canine. Chaque gouttière est ajustée et portée par chaque patient durant les heures de sommeil pour une période de traitement de 13 semaines. Un réglage est effectué à la fin de la première, de la quatrième, de la septième et dixième semaine du traitement.

Les symptômes qui disparaissent où s'améliorent le plus fréquemment chez les patients sont les douleurs de l'A.T.M. (87%), puis les sons articulaires (78%), et enfin la limitation des mouvements mandibulaires. Les autres symptômes montrent des valeurs d'amélioration variables comme la douleur de l'épaule (86%) ou la douleur faciale (29%).
Le tableau 6 donne les résultats en fonction du type de douleur et le tableau 7 inclut la notion de temps.

Symptômes	Avant traitement	Amélioration complète	Amélioration importante	Amélioration légère	Pas de changement	Aggravation	Réponse positive (%)
Douleur A.T.M.	23	16	1	3	3	0	87
Sons articulaires	23	9	5	4	5	0	78
Limitation des mouvements	19	8	3	2	6	0	68
Douleurs faciales	7	1	1	0	5	0	29
Douleurs submandibulaires	4	2	0	0	2	0	50
Maux de tête	18	8	1	0	9	0	50
Douleurs des épaules	21	16	1	1	3	0	86
Douleurs cervicales	21	11	2	2	6	0	71

Tableau 5 : *résultats du traitement chez 30 patients présentant une dysfonction crânio-mandibulaire.*

(D'après KAZUHIRO et al, 1989)

Symptômes (nombre de patients avant traitement)	Semaine 1	Semaine 4	Semaine 7	Semaine 10	Semaine 13	Amélioration complète à 13 semaines (%)
Douleurs A.T.M. (23)	4	13	14	16	16	70
Sons articulaires (23)	1	5	8	9	9	39
Limitation des mouvements (19)	4	6	8	8	8	42
Douleurs faciales (7)	0	1	1	1	1	14
Douleurs sub-mandibulaires (4)	0	1	1	1	2	50
Maux de tête (18)	1	6	8	8	8	44
Douleurs des épaules (21)	4	11	16	16	16	76
Douleurs cervicales (21)	3	9	11	11	11	52

Tableau 6 : *nombre de patients pour lesquels il existe une amélioration sur 13 semaines.*
(D'après KAZUHIRO et al, 1989)

Les douleurs de l'A.T.M. et des épaules répondent assez rapidement au traitement tandis que les bruits articulaires et la limitation des mouvements mandibulaires répondent relativement lentement. En effet, plus de 50% des douleurs de l'A.T.M. disparaissent après 4 semaines. L'amélioration des bruits articulaires est totale après 10 semaines, et celle de la limitation des mouvements mandibulaires après 13 semaines.

GREENE et LASKIN (1972) ont fait une étude clinique avec une gouttière de stabilisation chez des patients présentant des algies myofaciales. Dans l'étude de KAZUHIRO, certains patients appartiennent potentiellement à cette catégorie. La période de 13 semaines apparaît alors comme la période idéale pour établir un diagnostique et évaluer la dysfonction. Car il faut préciser que l'étiologie de la D.C.M. est **multifactorielle** et qu'il est difficile d'établir un diagnostique précis et immédiat. C'est justement cette difficulté qui justifie l'emploi d'une **thérapie dite réversible** sur laquelle on se base pour établir un diagnostique provisoire. Un pourcentage élevé de patients répond au traitement de la gouttière de stabilisation. Les **thérapies dites irréversibles** comme l'utilisation d'une gouttière de repositionnement mandibulaire doit être envisagée seulement si tous les traitements antérieurs ont échoués.

Les bruits articulaires, notamment le craquement est présent chez tous les patients. Le crépitement est lui présent chez 2 patients pour lesquels le traitement ne répond pas. Ce bruit particulier est généralement associé à un déplacement du disque articulaire pour lequel l'utilisation d'une gouttière de repositionnement mandibulaire est habituellement recommandée. Cependant, ce dernier type de gouttière peut facilement modifier la position du condyle dans sa cavité glénoïde ce qui amène à penser qu'il s'agit là d'un traitement irréversible qui doit être réfléchi.
Selon AGERBERG et CARLSSON (1974), le craquement articulaire est réellement rebelle dans 77% des cas. Cependant dans l'étude citée, on constate une diminution des bruits articulaires dans 78% des cas et ceci après 10 semaines de traitement. Il faut envisager une possible amélioration après une utilisation prolongée de la gouttière de stabilisation même si celle-ci ne peut être le garant d'une disparition complète de ces bruits.

CARRARO et CAFFESSE (1978) évaluent les symptômes des D.C.M. et leur évolution en utilisant une gouttière occlusale sans qu'elle soit en relation centrée. Les résultats, dans ce cas là, sont alors nettement plus modestes avec seulement 30% de rémissions totales et 40%

de patients pour lesquels la situation s'améliore. L'utilisation de la gouttière de stabilisation semble donc plus appropriée ; et ceci peut s'expliquer par son action sur la tension du ptérygoïdien latéral une fois insérée en bouche.

Les résultats de l'étude montrent que la gouttière occlusale de stabilisation doit être utilisée en premier lieu car elle est particulièrement efficace contre les douleurs de l'A.T.M. et comme il s'agit d'une thérapie réversible, c'est un excellent moyen de diagnostique provisoire concernant une pathologie complexe dont l'étiologie est multifactorielle.

- Données thérapeutiques

Le recouvrement des surfaces occlusales doit être le plus complet possible. La tendance actuelle est de placer la gouttière au maxillaire et de les réaliser avec un matériau résine souple transparent. La gouttière réduirait sensiblement le bruxisme, surtout nocturne donc permettrait de réduire la quantité énorme d'afférences proprioceptives parodontales qui est à l'origine des D.C.M. Cette déprogrammation des afférences périodontales ne suffirait pas toujours à calmer l'état d'hyperexcitabilité neuromusculaire manducatrice, car cette modulation n'intervient que secondairement sur le système de la boucle gamma, vecteur des relations dysfonctionnelles entre muscle et système nerveux central.

L'observation thérapeutique semble confirmer l'efficacité de la gouttière dans le temps, dès lors qu'elle est associée ave une technique de myorésolution. L'effet myorésolutif prépare en quelque sorte le lit à l'action de la gouttière qui dans ces conditions, semble s'avérer beaucoup plus performante à long terme.

3.3.2.Reconnaître les facteurs étiologiques et savoir les traiter

L'utilisation d'une gouttière et de la myorésolution ne suffit pas à faire disparaître de manière durable les dysfonctions crâniomandibulaires. En effet, si les causes de ces D.C.M. ne sont pas dépistées et traitées, de nombreuses récidives seront possibles. L'origine des D.C.M. est multifactorielle, c'est pourquoi dissocier les facteurs causals semble complexe.
Si des facteurs psycho-physiologiques tels que le stress et la frustration sont présents et s'ajoutent à un défaut occlusal, la D.C.M. apparaîtra sur un fond de parafonction (grincement

ou serrement des dents). Il faut donc, après avoir traiter les symptômes, s'intéresser aux causes. Un état des lieux complet doit être fait concernant les versants psychologiques et physiologiques du patient. Il faut analyser et agir sur les facteurs périphériques et centraux.

Tout d'abord, il faut intervenir au niveau des **facteurs périphériques** :

Le clinicien doit redonner de bonnes conditions occlusales au patient à travers les différentes disciplines dentaires. Il faut corriger les dysmorphoses si elles sont présentes grâce à des moyens orthopédiques et orthodontiques. Ceci s'effectue, bien entendu, après un diagnostique parfaitement posé. Est-ce que l'anomalie est purement dentaire ou squelettique ? A-t-on besoin de recourir à la chirurgie ? Le sujet se trouve-t-il en classe II ou III ?

Ensuite, au niveau prothétique, il faut veiller à rétablir une dimension verticale correcte en réalisant les couronnes et les prothèses amovibles adéquates. Si le terrain présente une fragilité parodontale, il faut savoir la traiter en pratiquant la prévention chez le patient et les gestes nécessaires (détartrage, surfaçage) car la viabilité de la prothèse en dépend. L'implantologie peut être également utile pour rétablir une bonne courbe d'occlusion.

Ainsi, si les conditions occlusales du patient redeviennent correctes, la parafonction ne pourra plus s'exprimer autant que lorsque les troubles occlusaux, qui lui sont plus propices, sont présents.

Il faut s'intéresser à l'existence possible de troubles posturaux. L'anamnèse du patient est alors indispensable. Y a-t-il eu un traumatisme violent au niveau de la sphère crânio-cervico-faciale (accident de voiture ou autre ?) Le patient effectue t-il des actes quotidiens répétitifs particuliers au niveau professionnel, à la maison ? Est-il possible de changer certaines habitudes ?

Il faut également intervenir au niveau des **facteurs centraux** :

On peut éventuellement adresser le patient pour un suivi psychologique pour que celui-ci combatte son état de stress. Quelles sont les causes de son stress ? Est-il angoissé ? Peut-on y remédier ? Il faut savoir, bien entendu, déléguer et toujours garder à l'esprit qu'il s'agit là d'un traitement multidisciplinaire nécessitant une collaboration de tous les instants entre les professionnels de santé.

CONCLUSION

La posture cervico-faciale fait partie d'un tout structuré d'une incroyable complexité qui, pourtant, fonctionne en parfaite osmose avec le reste du corps. Les bases neurophysiologiques de l'extrémité céphalique permettent de comprendre en quoi la composante trigéminale est un élément essentiel dans l'équilibration et la posture.

La sensibilité proprioceptive de la sphère crânio-faciale est supportée non seulement par le système vestibulaire mais aussi par le système trigéminal, deux systèmes anatomiquement dissociés mais présentant une corrélation fonctionnelle. En effet, les fibres afférentes trigéminales seraient à la base du mécanisme de compensation vestibulaire. De la même façon, les impressions visuelles ne sont pas indispensables dans l'organisation générale de l'équilibration mais seraient aptes à suppléer un déficit ou une perturbation des impressions vestibulaires ou proprioceptives. Le système trigéminal, par ses afférences parodontales, établit des connections avec les systèmes oculo-moteurs et cervical. On pourrait alors parler d'un système unique que l'on nommerait oculo-trigémino-céphalogyre.

Les informations parodontales trigéminales ainsi que les informations visuelles permettent d'affiner les données en transit dans les noyaux vestibulaires mais peuvent aussi s'exprimer directement sur le cervelet, centre de la posture et de l'équilibration par excellence. Ainsi, l'adaptation posturale peut s'effectuer à partir d'une valeur de référence mandibulaire.

Notre étude aboutit à la conclusion que le système trigéminal, par ses fibres provenant du nerf mandibulaire fait partie intégrante du système tonico-postural de la sphère crânio-cervico-faciale. De nombreuses controverses existent à ce sujet. Il faut cependant considérer le système trigéminal comme une des entrées proprioceptives de la posture globale d'un individu. On a vu à travers différentes études que l'occlusion influençait la posture crânio-faciale et même globale du sujet. Inversement, la posture cervico-faciale est primordiale dans le développement, la croissance et le vieillissement de la face. Elle peut aussi engendrée, si elle est perturbée, combinée avec des troubles de l'occlusion, des dysfonctions crânio-mandibulaires. Ainsi les conséquences cliniques arguent toutes en faveur d'une étroite corrélation entre posture et occlusion, intriquées de manière indéniable, l'une dans l'autre.

Les données fondamentales ont donc apporté le support physiologique aux observations que les cliniciens ont rapporté et tenté d'expliquer au niveau de l'appareil manducateur.

La réelle question à se poser est celle qui définit précisemment l'implication du clinicien dans la réhabilitation occlusale dépendante du système trigéminal par rapport à la posture cervico-faciale. Il existe des règles, des références qu'il faut respecter en terme d'occlusodontologie mais il ne faut pas oublier que la tolérance physiologique est individuelle et fonction de l'âge. Une situation occlusale certes imparfaite mais tolérée par le patient ne vaut-elle pas mieux qu'une situation répondant parfaitement à tous les critères d'occlusion qui le verrouille dans une position sensée être idéale sur le plan mécanique mais qui en réalité convient très peu physiologiquement et psychologiquement au patient ? Dans quelle mesure doit-on intervenir ?

Car si un canevas existe, il n'empêche que l'adaptation occlusale individuelle du patient est très importante. Il faut adapter les règles biomécaniques de l'occlusion aux caractéristiques fonctionnelles de chaque individu.

De plus, intervenir dans le cadre d'une réhabilitation orale est un fait, mais espérer améliorer la force musculaire statique en optimisant les conditions occlusales de l'appareil manducateur pour améliorer des performances sportives n'est-ce pas agir hors du cadre thérapeutique ? Le débat reste ouvert.

Ce qui est certain c'est l'intégration de la posture cervico-faciale dans le contexte du système de posture global et des rapports fonctionnels de l'appareil manducateur avec son environnement. Le système trigéminal est une des entrées proprioceptives qui s'inscrivent dans la sensori-motricité globale du sujet pouvant être susceptibles de déséquilibre. Ainsi, cliniquement, le chirurgien-dentiste veillera à restaurer une courbe d'occlusion correcte c'est-à-dire équilibrée à travers les différentes disciplines existantes, s'inscrivant dans un contexte global de soins.

Bibliographie

- ABRAHAMS V.C., DOWNEY E.D., KORI A.
The superior colliculus and head movement in the cat.
In : The head-neck sensory motor system / ed. par BERTHOZ A., VIDAL P.P. et GRAF W., New-York : Oxford University Press, 1992. - p289-291.

- AGERBERG G., CARLSSON G.E.
Late results of treatment of functionnal disorders of the masticatory system.
J. Oral Rehabil., 1974, 1, 309-316.

- ALSTERMARK B., PINTER M.J. et al
Trigeminal excitation of dorsal neck motoneurone in the cat.
Exp. Brain. Res., 1992, 92, 183-193.

- ALVARADO-MALLART M.R., BATINI C., BUISSERET-DELMAS C. et al
Trigeminal représentation of the masticatory and extraocular proprioceptors as revealed by horseradish peroxidase retrograde transport.
Exp. Brain. Res., 1975, 23, 167-179.

- BAKER R., LLINAS R.
Electronic coupling between neurones in the rat mesencephalic nucleus.
J. Physiol., 1971, 212, 45-63.

- BANKOUL S., NEUHUBER N.L.
A direct projection from the medial vestibular nucleus to the cervical spinal dorsal horn of the cat, as demonstrated by anterograde and retrograde tracing.
Anat. Embryol., 1992, 185, 77-85.

- BATEMAN J.E.
The shoulder and neck.
Philadelphie : W.B. Saunders, 1972.

- BEAR M.F., CONNORS B.W., PARADISO M.A.
Neurosciences, à la découverte du cerveau. - 2ème ed.
Condé-sur-Noireau : Pradel, 2003. - 898p.

- BRADLEY R.M.
Essentials of oral physiology.
St. Louis : Mosby, 1995. - 259p.

- BRICOT B.
La reprogrammation posturale globale.
Montpellier : Sauramps Médical, 1996. - 248p.

- BUISSERET-DELMAS C., COMPOINT C., DELFINI C., BUISSERET P.
Organisation of reciprocal connections between trigeminal and vestibular nuclei in the rat.
J. Comp. Neurol., 1999, 409(1), 153-168.

- BOURDIOL R.J.
Neurothérapie du rachis cervical supérieur, Atlas-Axis.
Paris : Simep, 1992. - 173p.

- BOURDIOL R.J.
Pied et statique.
Moulin-lès-Metz : Maison Neuve, 1980. - 290p.

- CARRARO J.J., CAFFESSE R.G.
Effect of occlusal splints on TMJ symptomatology.
J. Prosthet. Dent., 1978, 40, 563-566.

- CLAUZADE M.A., DARRAILLANS B.
Concept ostéopathique de l'occlusion.
Perpignan : S.E.O.O., 1989. - 429p.

- COSTEN J.B.
A syndrome of ear and sinus symptoms dependant upon disturbed function of the temporomandibular joint.
Ann. Otol. Rhinol. Laryngol., 1934, 43, 1-15.

- COULY G.
La langue, appareil naturel d'orthopédie dento-faciale.
Rev. Orthop. Dentofaciale, 1989, 23, 9-17.

- COWIE R.J., SMITH M.K., ROBINSON D.L.
Subcortical contributions to head movements in macaques.
Connections of a medial pontomedullary head-movement region.
Journal of Neurophysiology, 1994, 72, 2665.

- CULIOLO A., ROCCHI G., KAITSAS V., ZANFRINI S., FONZI L.
Etat de l'art, posture et occlusion.
Bull. Group. Int. Rech. Sci. Stomatol. Odontol., 2002, 44, 97-113.

- DEFFEZ J.P., FELLUS P.
Modification précoce de la posture mandibulaire. Son retentissement sur la croissance. Son utilisation thérapeutique.
Actual. Odontostomatol., 1977, 118, 207-220.

- DELAMARE J.
Le Garnier Delamare, dictionnaire des termes de médecine. - 25ème ed.
Paris : Maloine, 1998. - 973p.

- DELMAS A.
Voies et centres nerveux. - 10ème ed.
Paris : Masson, 1980. - 283p.

- DEODATO F.
Caso clinico di correlazione tra deglutizione atipica e convergenza oculare : approccio diagnostico e terapeutico.
Ortognatodonzia italiana, 2002, 10, 295-300.

- DONEVAN A.H., NEUBER-HESS M., ROSE P.K.
Multiplicity of vestibulospinal projections to the upper cervical spinal cord of the cat : a study with the anterograde tracer phaseolus vulgaris leucoagglutinin.
J. Comp. Neurol., 302, 1990, 1-14.

- ELIAS S.A.
Trigeminal projections to the cerebellum.
In : Neurophysiology of the jaws and teeth / ed. par TAYLOR
Basingstoke, U.K., 192p.

- ELIAS S.A., TAYLOR A.
Direct projections of jaw proprioceptor first-order afferents to the cerebellar cortex in the ferret.
J. Physiol. London, 1984, 353, 42p.

- ERIKSSON P.O., ZAFAR H., NORDH E.
Concomittant mandibular and head-neck movements during opening-closing in man.
J. Oral Rehabil., 1998, 25(11), 859-870.

- FELLUS P.
Modifications dynamiques et posturales de la langue : influence sur la croissance faciale.
Rev. Orthop. Dento-Faciale, 1989, 23, 69-77.

- FIX J. D.
Neuroanatomie.
Paris, Bruxelle: De Boeck Université, 1996. - 116p.

- FORGIONE A.G., MEHTA N.R., MCQUADE C.F., WESTCOTT W.L.
Strength and bite. Part I : An analytical review.
J. Craniomand. Pract., 1991, 9, 305-315.

- FUCHS C.Z.
The effect of the temporomandibular joint position on isometric muscle strength and power in adult females.
Th : Med : Boston : 1981, 234p.

- GANGLOFF P., LOUIS J.P., PERRIN P.P.
Dental occlusion modifies gaze and posture stabilization in human subjects.
Neurosci. Lett., 2000, 293(3), 203-206.

- GANGLOFF P., PERRIN P.P.
Unilateral trigeminal anaesthesia modifies postural control in human subjects.
Neurosci. Lett., 2002, 330, 179-182.

- GELB H., MEHTA N.R., FORGIONE A.G.
The relationship between jaw posture and muscular strength in sports dentistry: a reappraisal.
J. Craniomand. Pract., 1996, 14(4), 320-325.

- GREEN J.H., SILVER P.H.S.
Manuel d'anatomie humaine.
Paris : Masson, 1986. - 418p.

- GREENBERG M.S., COHEN S.G., SPRINGER P., KOTWICK J.E., VEGSO J.J
Mandibular position and upper body strength : a controlled clinical trial.
J. Am. Dent. Assoc., 1981, 103, 576.

- GREENE C.S., LASKIN D.M.
Splint therapy for the myofacial pain dysfunction (MPP) syndrome : a comparative study.
J. Am. Dent. Assoc., 1972, 84, 624-628.

- GUDIN R.G.
Les anomalies de comportement musculaire dans la première enfance, leurs répercussions au niveau des sphères oro-faciales et facio-cervicales.
Acta Odonto-stomatol., 1979, 128, 697-724.

- GUENARD H. et al.
Physiologie humaine.
Paris : Pradel, 1991. - 409p.

- GUIDETTI G.
Diagnosi e terapia dei disturbi dell'equilibrio.
Rome : Marrapese, 1996.

- GUINN J.K.
TMJ disorders : a perspective for the nineties.
J. Craniomand. Pract., 1992, 10, 81-82.

- GURFINKEL V.S.
The mechanisms of postural regulation in man.
In : Soviet Scientific Reviews, Section F, Physiology and Général Biology Reviews / ed. par Turpaev T.M.
Harwood Academic Publishers Gnibh, 1994. - p 59-89.

- HANNAM A.G.
Periodontal Mechanoreceptors.
In : Mastication / ed. Par D.J. ANDERSON and B. MATTHEWS
John Wright & Sons LTD, 1976 - p 43-49.

- HARTMANN F.
Le facteur trigéminal dans la régulation de la posture.
Neuvièmes journées internationales du collège national d'occlusodontologie, Lyon, 1992 - p.39-50.

- HARTMANN F., CUCCHI G.
Les dysfonctions cranio-mandibulaires (SADAM),
nouvelles implications médicales.
Paris : Springer-Verlag France, 1993. - 180p.

- HINRICHSEN C.F.L., LARRAMENDI L.M.H.
Features of trigeminal mesencephalic nucleus structure and organization
I. Light micoscopy.
Am. J. Anat., 1969, 126, 497-506.

- IVANENKO Y.P., GRASSO R., LACQUANITI F.
Effect of gaze on postural responses to neck proprioceptive
and vestibular stimulation in humans.
J. Physiol., 1999, 519, 301-314.

- JEANMONOD A.
Occlusodontologie, applications cliniques.
Paris : Cdp, 1988. - 358p.

- KANG G., LEE S.W.
The effects of mandibular orthopedic repositioning appliance (MORA) on back muscle strength and attention focusing.
J. Dent. College Seoul North Univ., 1988, 12, 217-230.

- KARLSSON U.L.
The structure and distribution of muscle spindles and tendon organs in the muscles.
In : Mastication / ed. par D.J. ANDERSON and B. MATTHEWS
John Wright & Sons LTD, 1976. - p 35-41.

- KAUFMAN A., KAUFMAN R.S.
An experimental study on the effects of the MORA on football players.
J. Am. Acad. Physiol. Dent., Basal Facts, 1983, 6, 4.

- KAZUHIRO T., YASUMASA A., RYOKO S., HIROMICHI T.
A short-term evaluation of the effectiveness of stabilization-type occlusal splint therapy for specific symptoms of temporomandibular joint dysfonction syndrome.
J. Prosthet. Dent., 1989, 61(5), 610-613.

- KOVERO O., KONONEN M.
Signs and symptoms of temporomandibular disorders in adolescent violin players.
Acta. Odonto. Scand., 1996, 54, 271-274.

- LAZORTHES G.
Le système nerveux central - 3ème ed.
Paris : Masson, 1983. - 414p.

- LAZORTHES G.
Le système nerveux périphérique - 3ème ed.
Paris : Masson, 1981. - 387p.

- LUND P., NISHIYAMA T., MOLLER E.
Postural activity in the muscles of mastication
with the subject upright, inclined and supine.
Scand. J. Dent. Res., 1970, 78, 417-424.

- MANNI E., PALMIERI G., MARINI R.
Trigeminal influences on the extensors muscles of the neck.
Exp. Neurol., 1975, 47, 330-352.

- MARFURT C.F., RAJCHERT D.M.
Trigeminal primary afferent projections to non-trigeminal areas of the rat central nervous system.
J. Comp. Neurol., 1991, 303, 489-511.

- MEYER J., BARON J.B.
Variation de l'activité tonique posturale orthostatique au cours
d'une anesthésie régionale du trijumeau.
Agressologie, 1973, 14, 37-43.

- MOSS M.L.
The functional matrix hypothesis revisited. 1. The role of
mechanotransduction.
Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop., 1997, 112, 8-11.

- NAHMANI L. et al.
Kinésiologie, théorie et pratique, fonctions et dysfonctions dentaires, occlusales, cranio-mandibulaires et vertébrales.
Neuilly-sur-Seine : Comédent, 1990. - 2 vol. 309p.

- NELSON B.J., MUGNAINI E.
Origins of GABAergic inputs to the inferior olive.
Exp. Brain. Res., 1989, 17, 86-107.

- NETTER F.H.
Atlas d'anatomie humaine.
Paris : Maloine, 1997. - 514p.

- ORMENO G., MIRALLES R., SANTANDER H., CASASSUS R., FERRER P., PALAZZI O., MOYA H.
Body position effects on SCM and masseter EMG pattern activity in patients undergoing occlusal splint therapy.
Cranio, 1997, 15(4), 300-309.

- PEARSON J.C., GARFUNKEL D.A.
Evidence for thalamic projection from external cuneate nucleus cell groups Z and X, and the mesencephalic nucleus of the trigeminal nerve in squirrel monkey.
Neurosci. Lett., 1983, 41, 41-47.

- PINGANAUD G., BOURCIER F., BUISSERET-DELMAS C., BUISSERET P.
Primary trigeminal afferents to the vestibular nuclei in the rat: existence of a collateral projection to the vestibulo-cerebellum.
Neurosci. Lett., 1999, 264(1-3), 133-136.

- PORTER J.D.
Brainstem terminations of extraocular muscle primary afferent neurons in the monkey.
J. Comp. Neurol., 1986, 247, 133-143.

- RAPHAËL B.
Rôle de la fonction dans la croissance des formes.
Prthod. Fr., 1998, 69(1), 197-203.

- ROKX J.T.M., VAN WILLIGEN J.D.
Organization of neuronal clusters in the mesencephalic trigeminal nucleus of the rat : fluorescent tracing of temporalis and masseteric primary afferents.
Neurosci. Lett., 1988, 86, 21-26.

- ROLL J.P., ROLL R.
Kinesthetic and motor effects of extraocular muscle vibration in man.
In : Eye movements / ed. par J.K. O'REGAN et LEVY-SCHOEN
Amsterdam, 1987, 57-58.

- ROUVIERE H.
Anatomie humaine descriptive, topographique et fonctionnelle. - 11ème ed.
Paris : Masson, 1974. - 334p.

- SCOPPA F.
Il rachide cervicale.
Rome : Marrapese, 1999.

- SELYE H.
Syndrome produced by diverse noxious agents.
London : Nature, 1936, 138, 32.

- SMITH S.
Muscle strengh correlated to jaw posture and the temporomandibular joint.
N.Y. St. Dent. J., 1978, 444, 278-285.

- STENGER J.M.
Physiologic dentistry with Notre-Dame athletes.
J. Amer. Acad. Physiol. Dent. - Basal Facts, Spring 1977.

- STOREY A.
Temporomandibular Joint Receptors.
In : Mastication / ed. par D.J. ANDERSON and B. MATTHEWS
John Wright & Sons LTD, 1976. - p 51-57.

- STRAZIELLE C.
Etude neuroanatomique des voies et sites trigéminaux et non trigéminaux impliqués dans le système manducateur à l'aide de marqueurs vitaux en fluorescence et histochimie chez le rat.
Thèse de doctorat de l'université de Nancy I mention neurosciences, 1995, 173p., Nancy I.

- STRAZIELLE C., JACQUART G., MAHLER P., MEYER C., CAMPOS-TORRES A.
Anatomical arguments for a functional participation of the trigeminal system in the control of head and neck posture.
In : Information Processing Underlying Gaze Control / ed. par J.M. DELGADO-GACIA, E. GODAUX, P.P. VIDAL,
Oxford, Pergamon, 1994. - p 291-298.

- SOLOW B., GREVE E.
Craniocervical angulation and nasal respiratory resistance.
In : Naso-respiratory function an craniofacial growth / ed.
par Mc Namara J A Jr
Ann Arbor, 1979. - p 87-119.

- SOLOW B., KREIBORG S.
Soft-tissue stretching : a possible control factor in craniofacial morphogenesis.
Scand. J. Dent. Res., 1977, 85, 505-507.

- SOLOW B., SIERSBAECK-NIELSEN S.
Cervical and cranio-cervical posture as predictors of craniofacial growth.
Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop., 1992, 101(5), 449-458.

-SOLOW B., SONNESEN L.
Head posture and malocclusions.
Eur. J. Orthod., 1998, 20, 685-693.

- TALMANT J., RENAUDIN S.
Ventilation et mécanique des tissus mous faciaux : 3-Développement de l'oropharynx : rôle de la croissance du rachis cervical.
Rev. Orthop. Dento Faciale, 1996, 30, 253-269.

- TALMANT J., DENIAUD J., NIVET M.H.
Mécanismes posturaux.
Orthod. Fr., 2003, 74, 227-283.

- TAYLOR A., ELIAS S.A.
Interaction of periodontal and jaw elevator spindle afferents in the cerebellum-sensory calibration.
Brain. Behov. Evol., 1984, 25, 157-165.

- TOLU E., PUGLIATTI M.
The vestibular system modulates masseter muscle activity.
J. Vestib. Res., 1993, 3(2), 163-171.

- TRAVELL J.G., SIMONS D.G.
Myofascial pain and dysfunction. The trigger point manual.
Baltimore : Williams et Wilkins, 1983.

- VERBAN E.M., GROPPEL J.L., PFAUTSCH M.S., RANSMEYER G.C.
The effects of a mandibular orthopedic repositioning appliance on shoulder strength.
J. Craniomand. Pract., 1984, 2(3), 232-237.

- WODA A.
Abrégé de physiologie oro-faciale.
Paris : Masson, 1983. - 230p.

- YOKOBORI D., HORII A.
Effects of wearing splints on muscle strength and equilibrium in athletes.
Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med., 1993, 42, 285-291.

- ZAVARELLA P., ASMONE C., ZANARDI M.
Le asimmetrie occluso-posturali vol I.
Rome : Marrapese, 2002.

- ZIMMERS P.L., GOBETTI J.P.
Head and neck lesion commonly found in musicians.
J. Am. Dent. Assoc., 1994, 125, 1487-1496.

ICONOGRAPHIE

Figure 1	Le labyrinthe vestibulaire. D'après BEAR et al. (2003)	14
Figure 2	Représentation en coupe au niveau de la crête ampullaire d'un canal semi-circulaire. D'après BEAR et al. (2003)	17
Figure 3	Activation des canaux semi-circulaires. D'après BEAR (2003)	17
Figure 4	Réponse des cellules ciliées de la macula au basculement de la tête en arrière. D'après BEAR et al (2003)	19
Figure 5	Dépolarisation des cellules ciliées. D'après BEAR et al (2003)	20
Figure 6	Schéma des 2 unités fonctionnelles directement concernées par le contrôle nerveux : plaque motrice et fuseau neuro-musculaire. D'après STRAZIELLE J.	26
Figure 7	Différentes tailles d'axones des afférences primaires. D'après BEAR et al (2003)	27
Figure 8	Mécanisme de l'étirement par activation alpha et gamma. D'après WODA (1983)	28
Figure 9	Muscles propres de la nuque. D'après LAZORTHES (1981)	34
Figure 10	Les courbes de l'artère vertébrale. D'après BATEMAN (1972)	35
Figure 11	Le triangle de TILLAUX. D'après PERLEMUTER cité dans l'ouvrage de CLAUZADE et DARRAILLANS (1989)	36
Figure 12	Les muscles de la mastication. D'après NETTER (1997)	41
Figure 13	Les muscles de la mastication. D'après NETTER (1997).	42
Figure 14	Schéma d'un fuseau neuro-musculaire. D'après KARLSSON (1976)	46
Figure 15	Schéma d'un organe neuro-tendineux de GOLGI. D'après MERRILLEES (1962) et BRIDGMAN (1968) cités par KARLSSON (1976)	46
Figure 16	Relation entre faisceau musculaire, fibres extra-fusales et système neuro-vasculaire. D'après KARLSSON (1976)	47
Figure 17	Terminaisons de type RUFFINI. D'après BYERS cité par BRADLEY, 1995	48

Figure 18	Répartition des corps cellulaires des afférences parodontales dans le ganglion trigéminal et le noyau mésencéphalique du trijumeau. D'après BYERS (1989) cité par BRADLEY (1995)	51
Figure 19	Les 4 types de récepteurs présents dans l'ATM chez l'homme. D'après THILANDER (1961).	52
Figure 20	Exemples d'effets posturaux directionnels induits par l'application de vibrations mécaniques sur les muscles oculomoteurs. D'après ROLL et ROLL (1987).	58
Figure 21	Muscles extrinsèques de l'œil. D'après NETTER (1997).	61
Figure 22	Innervation et action des muscles extrinsèques de l'œil : vue antérieure. D'après NETTER (1997).	61
Figure 23	Organisation segmentaire des afférences proprioceptives crânio-faciales. D'après STRAZIELLE (Modifié) (1995)	69
Figure 24	Représentation des connexions vestibulaires centrales à partir d'un appareil labyrinthique. D'après BEAR et al (2003)	73
Figure 25	Organisation anatomique des voies vestibulo-spinale et tecto-spinale. D'après BEAR et al (2003)	74
Figure 26	Schéma synthétique des afférences trigémino-cérébelleuses D'après STRAZIELLE (1995)	77
Figure 27	Le réflexe myotatique simple. D'après HARTMANN (1993)	82
Figure 28	Schéma des voies du réflexe myotatique au niveau trigéminal. D'après WODA (1983)	83
Figure 29	Enregistrement d'un réflexe myotatique inverse. D'après WODA. (1983)	85
Figure 30	Schéma des voies du réflexe myotatique inverse trigéminal. D'après WODA (1983)	85
Figure 31	Schéma semi-anatomique sur coupe transversale passant par la protubérance annulaire des voies du réflexe d'ouverture de la gueule à point de départ parodontal. D'après WODA (1983)	87
Figure 32	Fonction des motoneurones gamma. D'après BEAR et al (2003)	90
Figure 33	Innervation des fibres musculaires à partir des motoneurones alpha et gamma. D'après BEAR et al (2003).	91
Figure 34	Schéma de la boucle gamma. D'après WODA (1983)	91

Figure 35	Statokinésiogramme. D'après GANGLOFF et PERRIN (2002)	96
Figure 36	Valeurs moyennes des oscillations du corps et des surfaces oscillatoires enregistrées avant et après anesthésie, yeux ouverts et fermés. D'après GANGLOFF et PERRIN (2002)	97
Figure 37	Vues latérale (A) et frontale (B) des marqueurs a, b et c au niveau de la lèvre supérieure et des marqueurs e, f et d au niveau de la lèvre inférieure. D'après ERIKSSON et al (1998)	101
Figure 38	A : Illustration des mouvements tridimensionnels de la tête et de la mandibule. B : Relation entre l'amplitude des mouvements mandibulaires et L'amplitude de la tête et du cou. D'après ERIKSSON et al (1998)	102
Figure 39	Tracés mandibulaires associés aux mouvements tête-cou durant les cycles lents et rapides d'ouverture-fermeture chez deux sujets. D'après ERIKSSON et al (1998)	103
Figure 40	Enregistrements électromyographiques mandibulaires associés aux mouvements tête-cou durant les 4 cycles d'ouverture-fermeture volontaires consécutifs. D'après ERIKSSON et al (1998)	104
Figure 41	Rapport entre les mouvements tridimensionnels mandibulaires et les mouvements tridimensionnels de la tête pendant les cycles lents et rapides d'ouverture-fermeture. D'après ERIKSSON et al. (1998)	105
Figure 42	Injection trigéminale (Microscopie électronique). D'après PINGANAUD et al (1999)	109
Figure 43	Injection de péroxydase dans le noyau vestibulaire inférieur (Gold-HRP) et dans le cervelet (HRP) (Microscopie électronique) D'après PINGANAUD et al (1999)	110
Figure 44	Schéma récapitulatif de l'organisation fonctionnelle de la posture céphalique. D'après STRAZIELLE (Modifié) (1995)	113
Figure 45	Schéma de BRODIE modifié. D'après HARTMANN (1993)	115
Figure 46	Constitution du cervelet. D'après LAZORTHES (1983).	120
Figure 47	Effets de l'hyperactivité réticulaire. D'après HARTMANN (1993)	123
Figure 48	Formation réticulée ponto-mésencéphalique et formation réticulée bulbaire. D'après WODA (1983)	124

Figure 49 Représentation des faisceaux réticulospinal médian (pontique) et réticulospinal latéral (bulbaire). D'après BEAR (2003) 125

Figure 50 Représentation schématique des boucles motrices passant par le cervelet. D'après BEAR et al (2003) 129

Figure 51 Illustration de l'inclinaison postérieure de la partie supérieure de la colonne cervicale et de l'angulation de faible amplitude de l'angle crânio-facial.
Direction de croissance antérieure de l'étage inférieur de la face. D'après SOLOW et SIERSBAECK-NIELSEN (1992) 134

Figure 52 Inclinaison antérieure initiale de la partie supérieure de la colonne cervicale et angulation importante de l'angle crânio-cervical. Croissance de l'étage inférieur de la face dirigée vers le bas. D'après SOLOW et SIERSBAECK-NIELSEN (1992) 134

Figure 53 Points et lignes de référence. D'après SOLOW et SONNESEN. (1998) 136

Figure 54 Conséquences de l'étirement des tissus mous sur le développement crânio-facial. D'après SOLOW et KREIBORG (1977). 138

Figure 55 Les mises en jeu musculaire dans la déglutition salivaire propre au sujet denté. D'après DEFFEZ cité par FELLUS (1989) 141

Figure 56 La rétromandibulie fonctionnelle. D'après DEFFEZ cité par FELLUS (1989) 143

Figure 57 La promandibulie. D'après DEFFEZ cité par FELLUS (1989) 144

Figure 58 Conséquences des troubles du comportement oro-facial et leurs implications. D'après RAPHAËL (1998) 147

Figure 59 Statokinésiogramme. D'après GANGLOFF et al (2000) 152

Figure 60 Facteurs étiologiques dans les DCM. Modèle. D'après HARTMANN (1993) 165

Figure 61 Hyperactivation réticulaire et parafonctions. Modifié. Modèle physiopathologique. D'après HARTMANN, VEDEL et MEI (1982) cité par HARTMANN (1993) 167

Tableau 1 Synthèse de la sensibilité proprioceptive de la sphère crânio-cervico-faciale depuis les récepteurs jusqu'aux centres segmentaires. 68

Tableau 2 Répartition des sujets selon leur déviation posturale après une anesthésie tronculaire unilatérale du trijumeau les yeux ouverts et fermés. D'après GANGLOFF et PERRIN. (2002) 97

Tableau 3 Injection de péroxydase dans le complexe vestibulaire et dans le cervelet, neurones marqués dans le complexe trigéminal suite aux injections. D'après PINGANAUD et al (1999). 108

Tableau 4 Efférences du cervelet. 122

Tableau 5 Résultats du traitement chez 30 patients présentant une dysfonction crânio-mandibulaire. D'après KAZUHIRO et al (1989) 176

Tableau 6 Nombres de patients pour lesquels il existe une amélioration sur 13 semaines. D'après KAZUHIRO et al (1989) 177

université HENRI POINCARÉ
NANCY 1

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Jury : Président : J.P. LOUIS – Professeur des Universités
Juges : C. STRAZIELLE – Professeur des Universités
J. SCHOUVER – Maître de Conférences des Universités
P. GANGLOFF – Praticien Hospitalier

Thèse pour obtenir le diplôme D'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

---

présentée par : **Mademoiselle GRESSER Claire**

né(e) à: **COLMAR (Haut-Rhin)** le **22 août 1980**

et ayant pour titre : **«Contribution à l'étude de la composante trigéminale dans la posture cervico-faciale»**

Le Président du jury,
Pr. J.P. LOUIS

Le Doyen
de la Faculté de Chirurgie Dentaire
Dr. P. BRAVETTI

Autorise à soutenir et imprimer la thèse N° 2217

NANCY, le 25 mai 2005

Le Président de l'Université Henri Poincaré, Nancy-1

J.P. FINANCE

UNIVERSITÉ HENRI POINCARÉ, Nancy 1
24-30 rue Lionnois - BP 3069 - 54013 Nancy Cedex France
Tél : 33.(0)3.83.68.20.00 - Fax : 33.(0)3.83.68.21.00

GRESSER (Claire).- Contribution à l'étude de la composante trigéminale dans la posture cervico-faciale.

NANCY 2005 : 183f. : ill : 30 cm

Th. : Chir-Dent. : Nancy : 2005

Mots-clés : Equilibre postural
Tête et cou
Proprioception trigéminale
Physiologie
Oculo-céphalogyrie

BIBLIOTHÈQUE PHARMACIE ODONTOLOGIE NANCY

GRESSER (Claire).- Contribution à l'étude de la composante trigéminale dans la posture cervico-faciale.

Th. : Chir-Dent. : Nancy : 2005

Le système tonique postural au niveau de la sphère crânio-faciale est constamment sollicité, tant pour le maintien d'une attitude que pour tout acte moteur. La proprioception trigéminale s'intègre parfaitement dans le système de contrôle crânio-cervico-facial. On peut alors comprendre que l'occlusion influence l'équilibre et la posture corporelle chez l'adulte. Inversement, la posture cervico-faciale intervient très largement dans la croissance céphalique de l'enfant puisque la posture de la mandibule et la morphologie des structures voisines se créent et se modifient en fonction du comportement neuro-musculaire déterminant l'équilibre architectural de la sphère crânio-faciale. Il existe également des dysfonctions crânio-mandibulaires dont l'étiologie multifactorielle inclue des problèmes occlusaux et des troubles posturaux.

JURY : Président : LOUIS J.P. — Professeur des Universités
Juge : STRAZIELLE C. — Professeur des Universités
Juge : SCHOUVER J. — Maître de Conférences
Juge : GANGLOFF P. — Praticien hospitalier

Adresse de l'auteur : Claire GRESSER
9 A rue Ponscarme
88000 EPINAL

GRESSER (Claire).- Contribution à l'étude de la composante trigéminale dans la posture cervico-faciale.

NANCY 2005 : 183f. : ill : 30 cm

Th. : Chir-Dent. : Nancy : 2005

Mots-clés : Equilibre postural
Tête et cou
Proprioception trigéminale
Physiologie
Oculo-céphalogyrie

GRESSER (Claire).- Contribution à l'étude de la composante trigéminale dans la posture cervico-faciale.

Th. : Chir-Dent. : Nancy : 2005

Le système tonique postural au niveau de la sphère crânio-faciale est constamment sollicité, tant pour le maintien d'une attitude que pour tout acte moteur. La proprioception trigéminale s'intègre parfaitement dans le système de contrôle crânio-cervico-facial. On peut alors comprendre que l'occlusion influence l'équilibre et la posture corporelle chez l'adulte. Inversement, la posture cervico-faciale intervient très largement dans la croissance céphalique de l'enfant puisque la posture de la mandibule et la morphologie des structures voisines se créent et se modifient en fonction du comportement neuro-musculaire déterminant l'équilibre architectural de la sphère crânio-faciale. Il existe également des dysfonctions crânio-mandibulaires dont l'étiologie multifactorielle inclue des problèmes occlusaux et des troubles posturaux.

JURY : Président : LOUIS J.P. — Professeur des Universités
Juge : STRAZIELLE C. — Professeur des Universités
Juge : SCHOUVER J. — Maître de Conférences
Juge : GANGLOFF P. — Praticien hospitalier

Adresse de l'auteur : Claire GRESSER
9 A rue Ponscarme
88000 EPINAL